



ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL  
“ÁREA DE DESARROLLO LLANOS 141”

## DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO CAPÍTULO 2

2.2. Características del proyecto  
2.2.2. Estrategias de desarrollo



## CONTENIDO

	Pág.
2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO .....	1
2.2 Características del proyecto .....	1
2.2.2 Estrategias de desarrollo .....	1
2.2.2.1 Estrategias relacionadas con la producción de hidrocarburos .....	26
2.2.2.1.1 Vías de acceso al área y locaciones .....	26
2.2.2.1.1.1 Adecuación, mantenimiento y/o ampliación de vías existentes (ED1) .....	27
2.2.2.1.1.2 Construcción de nuevas vías (ED2) .....	43
2.2.2.1.1.3 Construcción de Locaciones (ED3) .....	81
2.2.2.2 Perforación y operación de pozos .....	146
2.2.2.2.1 Perforación de pozos productores (ED4) .....	147
2.2.2.2.1.2 Perforación de pozos de inyección de agua para recobro (ED5) .....	196
2.2.2.2.1.3 Perforación de pozos Disposal (ED6) .....	208
2.2.2.2.1.4 Perforación de pozos Near Field Exploration -NFE- (ED7) .....	211
2.2.2.3 Trabajo en pozo .....	214
2.2.2.3.1 Inyección de fluidos para procesos Enhanced Oil Recovery - EOR- y/o disposal (ED8) .....	215
2.2.2.4 Líneas de flujo .....	228
2.2.2.4.1 Construcción y operación de líneas de flujo (ED9) .....	228
2.2.2.4.1.1 Cantidades requeridas para el Área de Desarrollo Llanos 141 .....	228
2.2.2.4.1.2 Alternativas de trazado, cruces fluviales y posibles accesos .....	229
2.2.2.4.1.3 Especificaciones técnicas de los cruces especiales .....	229
2.2.2.4.1.4 Métodos constructivos, prueba hidrostática e instalaciones de apoyo (campamentos, talleres, caminos de servicio, otras) .....	250
2.2.2.4.1.5 Diámetro de la tubería a instalar, incluyendo la longitud y derecho de vía .....	270
2.2.2.4.1.6 Asentamientos humanos e infraestructura social, económica y cultural a intervenir .....	271
2.2.2.4.1.7 Maquinaria y mano de obra .....	272
2.2.2.4.1.8 Desmantelamiento y restauración de áreas intervenidas .....	274
2.2.2.4.1.9 Duración de las obras, etapas y cronograma de actividades .....	276
2.2.2.4.1.10 Impactos ambientales asociados .....	277
2.2.2.5 Facilidades de producción .....	277
2.2.2.5.1 Construcción y operación de Facilidades Centrales de Producción - CPF- (ED10) .....	278
2.2.2.5.1.1 Cantidades requeridas para el Área de Desarrollo Llanos 141 .....	278
2.2.2.5.1.2 Alternativas de ubicación y selección de sitios (criterios técnicos, tecnológicos y ambientales) .....	279



2.2.2.5.1.3	Procesos de producción y manejo de fluidos (crudo, agua y gas, entre otros).....	280
2.2.2.5.1.4	Ubicación de instalaciones (incluir cuantificación de movimientos de tierra, redes de drenaje, áreas de tratamiento y disposición de residuos, zonas de almacenamiento de insumos, sustancias y combustibles y teas).....	292
2.2.2.5.1.5	Estimativos de maquinaria, equipos y mano de obra.....	306
2.2.2.5.1.6	Asentamientos humanos e infraestructura social, económica y cultural a intervenir.....	307
2.2.2.5.1.7	Equipos y sistemas de control para emisiones atmosféricas (gases, material particulado y ruido) por fuentes fijas y móviles.....	308
2.2.2.5.1.8	Relación de las actividades de mantenimiento, incluyendo insumos, residuos y tratamiento.....	308
2.2.2.5.1.9	Sistemas y fuentes de generación de energía.....	309
2.2.2.5.1.10	Desmantelamiento y restauración de las áreas intervenidas por la actividad constructiva.....	309
2.2.2.5.1.11	Duración de las obras, etapas y cronograma de actividades.....	310
2.2.2.5.1.12	Impactos ambientales asociados.....	311
2.2.2.5.2	Construcción y operación de facilidades satélite -FS- (ED11).....	311
2.2.2.5.2.1	Cantidades requeridas para el Área de Desarrollo Llano 141.....	311
2.2.2.5.2.2	Alternativas de ubicación y selección de sitios (criterios técnicos, tecnológicos y ambientales).....	312
2.2.2.5.2.3	Procesos de producción y manejo de fluidos (crudo, agua y gas, entre otros).....	313
2.2.2.5.2.4	Ubicación de instalaciones (incluir cuantificación de movimientos de tierra, redes de drenaje, áreas de tratamiento y disposición de residuos, zonas de almacenamiento de insumos, sustancias y combustibles y teas).....	313
2.2.2.5.2.5	Estimativos de maquinaria, equipos y mano de obra.....	315
2.2.2.5.2.6	Asentamientos humanos e infraestructura social, económica y cultural a intervenir.....	317
2.2.2.5.2.7	Equipos y sistemas de control para emisiones atmosféricas (gases, material particulado y ruido) por fuentes fijas y móviles.....	318
2.2.2.5.2.8	Relación de las actividades de mantenimiento, incluyendo insumos, residuos y tratamiento.....	318
2.2.2.5.2.9	Sistemas y fuentes de generación de energía.....	318
2.2.2.5.2.10	Desmantelamiento y restauración de las áreas intervenidas por la actividad constructiva.....	318
2.2.2.5.2.11	Duración de las obras, etapas y cronograma de actividades.....	319
2.2.2.5.2.12	Impactos ambientales asociados.....	319
2.2.2.5.3	Construcción y operación de Zonas de Disposición de Materiales Sobrantes de Excavación -ZODME- (ED12).....	319

2.2.2.5.3.1	Cantidades requeridas para el Área de Desarrollo Llanos 141.....	320
2.2.2.5.3.2	Alternativas de ubicación y selección de sitios (criterios técnicos, tecnológicos y ambientales) .....	320
2.2.2.5.3.3	Procesos de producción y manejo de fluidos (crudo, agua y gas, entre otros).....	321
2.2.2.5.3.4	Ubicación de instalaciones (incluir cuantificación de movimientos de tierra, redes de drenaje, áreas de tratamiento y disposición de residuos, zonas de almacenamiento de insumos, sustancias y combustibles y teas) .....	333
2.2.2.5.3.5	Estimativos de maquinaria, equipos y mano de obra.....	334
2.2.2.5.3.6	Asentamientos humanos e infraestructura social, económica y cultural a intervenir .....	335
2.2.2.5.3.7	Equipos y sistemas de control para emisiones atmosféricas (gases, material particulado y ruido) por fuentes fijas y móviles.....	335
2.2.2.5.3.8	Relación de las actividades de mantenimiento, incluyendo insumos, residuos y tratamiento .....	336
2.2.2.5.3.9	Sistemas y fuentes de generación de energía .....	336
2.2.2.5.3.10	Desmantelamiento y restauración de las áreas intervenidas por la actividad constructiva .....	336
2.2.2.5.3.11	Duración de las obras, etapas y cronograma de actividades.....	337
2.2.2.5.3.12	Impactos ambientales asociados.....	338
2.2.2.5.4	Construcción y operación de centro de acopio (ED13).....	338
2.2.2.5.4.1	Cantidades requeridas para el Área de Desarrollo Llanos 141.....	338
2.2.2.5.4.2	Alternativas de ubicación y selección de sitios (criterios técnicos, tecnológicos y ambientales) .....	339
2.2.2.5.4.3	Procesos de producción y manejo de fluidos (crudo, agua y gas, entre otros).....	339
2.2.2.5.4.4	Ubicación de instalaciones (incluir cuantificación de movimientos de tierra, redes de drenaje, áreas de tratamiento y disposición de residuos, zonas de almacenamiento de insumos, sustancias y combustibles y teas) .....	341
2.2.2.5.4.5	Estimativos de maquinaria, equipos y mano de obra.....	344
2.2.2.5.4.6	Asentamientos humanos e infraestructura social, económica y cultural a intervenir .....	346
2.2.2.5.4.7	Equipos y sistemas de control para emisiones atmosféricas (gases, material particulado y ruido) por fuentes fijas y móviles.....	347
2.2.2.5.4.8	Relación de las actividades de mantenimiento, incluyendo insumos, residuos y tratamiento .....	347
2.2.2.5.4.9	Sistemas y fuentes de generación de energía .....	348
2.2.2.5.4.10	Desmantelamiento y restauración de las áreas intervenidas por la actividad constructiva .....	348
2.2.2.5.4.11	Duración de las obras .....	349

2.2.2.5.4.12 Impactos ambientales asociados.....	350
2.2.2.5.5 Construcción de Instalaciones de apoyo (i.e: helipuertos, oficinas, campamentos centrales, talleres, entre otros) (ED14).....	350
2.2.2.5.5.1 Cantidades requeridas para el Área de Desarrollo Llanos 141.....	350
2.2.2.5.5.2 Alternativas de ubicación y selección de sitios (criterios técnicos, tecnológicos y ambientales) .....	350
2.2.2.5.5.3 Procesos de producción y manejo de fluidos (crudo, agua y gas, entre otros).....	351
2.2.2.5.5.4 Ubicación de instalaciones (incluir cuantificación de movimientos de tierra, redes de drenaje, áreas de tratamiento y disposición de residuos, zonas de almacenamiento de insumos, sustancias y combustibles y teas) .....	353
2.2.2.5.5.5 Estimativos de maquinaria, equipos y mano de obra.....	354
2.2.2.5.5.6 Asentamientos humanos e infraestructura social, económica y cultural a intervenir .....	355
2.2.2.5.5.7 Equipos y sistemas de control para emisiones atmosféricas (gases, material particulado y ruido) por fuentes fijas y móviles.....	355
2.2.2.5.5.8 Relación de las actividades de mantenimiento, incluyendo insumos, residuos y tratamiento .....	356
2.2.2.5.5.9 Sistemas y fuentes de generación de energía .....	356
2.2.2.5.5.10 Desmantelamiento y restauración de las áreas intervenidas por la actividad constructiva .....	356
2.2.2.5.5.11 Duración de las obras, etapas y cronograma de actividades.....	357
2.2.2.5.5.12 Desmantelamiento y restauración de áreas intervenidas .....	358
2.2.2.5.5.13 Impactos ambientales asociados.....	358
2.2.2.5.6 Generación de energía eléctrica (ED15).....	358
2.2.2.5.6.1 Cantidades a solicitar en el presente Estudio de Impacto Ambiental .....	359
2.2.2.5.6.2 Acciones a seguir .....	359
2.2.2.5.6.3 Proceso constructivo .....	367
2.2.2.5.6.4 Instalaciones de apoyo.....	367
2.2.2.5.6.5 Volumen estimado de cortes y rellenos.....	367
2.2.2.5.6.6 Asentamientos humanos e infraestructura social, económica y cultural a intervenir .....	367
2.2.2.5.6.7 Fuentes de emisiones atmosféricas y ruido .....	368
2.2.2.5.6.8 Maquinaria y mano de obra .....	368
2.2.2.5.6.9 Desmantelamiento y restauración de áreas intervenidas .....	370
2.2.2.5.6.10 Impactos ambientales asociados.....	370
2.2.2.5.7 Construcción de planta solar fotovoltaica (ED16).....	370
2.2.2.5.7.1 Cantidades a solicitar en el presente Estudio de Impacto Ambiental .....	370
2.2.2.5.7.2 Acciones a seguir .....	371

2.2.2.5.7.3	Proceso constructivo .....	380
2.2.2.5.7.4	Instalaciones de apoyo .....	381
2.2.2.5.7.5	Volumen estimado de cortes y rellenos.....	381
2.2.2.5.7.6	Asentamientos humanos e infraestructura social, económica y cultural a intervenir .....	381
2.2.2.5.7.7	Fuentes de emisiones atmosféricas y ruido .....	381
2.2.2.5.7.8	Maquinaria y mano de obra .....	382
2.2.2.5.7.9	Desmantelamiento y restauración de áreas intervenidas .....	384
2.2.2.5.7.10	Impactos ambientales asociados.....	384
2.2.2.5.8	Instalación y operación de líneas eléctricas de 34,5 / 115 Kv (ED17).....	384
2.2.2.5.8.1	Cantidades a solicitar en el presente Estudio de Impacto Ambiental .....	384
2.2.2.5.8.2	Proceso constructivo .....	385
2.2.2.5.8.3	Instalaciones de apoyo .....	397
2.2.2.5.8.4	Volumen estimado de cortes y rellenos.....	398
2.2.2.5.8.5	Asentamientos humanos e infraestructura social, económica y cultural a intervenir .....	398
2.2.2.5.8.6	Fuentes de emisiones atmosféricas y ruido .....	398
2.2.2.5.8.7	Maquinaria y mano de obra .....	398
2.2.2.5.8.8	Duración de las obras .....	399
2.2.2.5.8.9	Desmantelamiento y restauración de áreas intervenidas .....	400
2.2.2.5.8.10	Impactos ambientales asociados.....	400
2.2.2.5.9	Instalación y operación Centros de Maniobra -CM-, Centros de Distribución -CD- y/o Subestaciones Eléctricas -SE (ED18) .....	400
2.2.2.5.9.1	Cantidades a solicitar en el presente Estudio de Impacto Ambiental .....	401
2.2.2.5.9.2	Proceso constructivo .....	401
2.2.2.5.9.3	Instalaciones de apoyo .....	416
2.2.2.5.9.4	Volumen estimado de cortes y rellenos.....	416
2.2.2.5.9.5	Asentamientos humanos e infraestructura social, económica y cultural a intervenir .....	417
2.2.2.5.9.6	Fuentes de emisiones atmosféricas y ruido .....	417
2.2.2.5.9.7	Maquinaria y mano de obra .....	417
2.2.2.5.9.8	Desmantelamiento y restauración de áreas intervenidas .....	419
2.2.2.5.9.9	Impactos ambientales asociados.....	419
2.2.2.5.10	Construcción y operación de áreas para el acopio de lodos y cortes de perforación (ED19) .....	419
2.2.2.5.10.1	Volumen estimado de cortes y rellenos.....	423
2.2.2.5.10.2	Asentamientos humanos e infraestructura social, económica y cultural a intervenir .....	423
2.2.2.5.10.3	Fuentes de emisiones atmosféricas y ruido .....	423

---

2.2.2.5.10.4	Maquinaria y mano de obra .....	423
2.2.2.5.10.5	Duración de las obras .....	425
2.2.2.5.10.6	Desmantelamiento y restauración de áreas intervenidas .....	426
2.2.2.5.10.7	Impactos ambientales asociados.....	426
2.2.2.5.11	Construcción, operación y mantenimiento de plantas para el manejo de cortes de perforación (ED20) .....	426
2.2.2.5.11.1	Instalaciones de apoyo .....	427
2.2.2.5.11.2	Volumen estimado de cortes y rellenos.....	428
2.2.2.5.11.3	Asentamientos humanos e infraestructura social, económica y cultural a intervenir .....	428
2.2.2.5.11.4	Fuentes de emisiones atmosféricas y ruido .....	428
2.2.2.5.11.5	Maquinaria y mano de obra .....	428
2.2.2.5.11.6	Duración de las obras .....	430
2.2.2.5.11.7	Desmantelamiento y restauración de áreas intervenidas .....	431
2.2.2.5.11.8	Impactos ambientales asociados.....	431
2.2.2.5.12	Entrega y recibo de fluidos (ED21).....	432
2.2.2.5.13	Entrega y recibos de cortes y lodos de perforación (ED22).....	439
2.2.2.5.13.1	Cantidades a solicitar en el presente Estudio de Impacto Ambiental .....	439
2.2.2.5.13.2	Acciones a desarrollar .....	440
2.2.2.5.13.3	Asentamientos humanos e infraestructura social, económica y cultural a intervenir .....	448
2.2.2.5.13.4	Fuentes de emisiones atmosféricas y ruido .....	449
2.2.2.5.13.5	Maquinaria y mano de obra .....	449
2.2.2.5.13.6	Duración de la actividad .....	450
2.2.2.5.13.7	Desmantelamiento y restauración de áreas intervenidas .....	450
2.2.2.5.13.8	Impactos ambientales asociados.....	450

## ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 2.2.2-1	Homologación Estrategias de Desarrollo del proyecto conforme a la estructura definida en los Términos de Referencia HI-TER-1-03 ..... 1
Tabla 2.2.2-2	Relación de Estrategias, Etapas y actividades consideradas en el EIA Área de Desarrollo Llanos 141 ..... 2
Tabla 2.2.2-3	Estructura de presentación del capítulo 2. Descripción del proyecto – EIA Área de Desarrollo Llanos 141 ..... 25
Tabla 2.2.2-4	Estrategias de desarrollo contempladas dentro de la subetapa de Construcción de infraestructura básica ..... 27
Tabla 2.2.2-5	Vías existentes al interior del Área de Desarrollo Llanos 141 y de uso por el proyecto ..... 27
Tabla 2.2.2-6	Anchos de calzada optimizados en función de la topografía ..... 34
Tabla 2.2.2-7	Longitud de vías existentes objeto de adecuación, mantenimiento y/o ampliación de calzada ..... 34
Tabla 2.2.2-8	Vías identificadas al interior del Área de Influencia Físico Biótica definida para el Área de Desarrollo Llanos 141 ..... 36
Tabla 2.2.2-9	Especificaciones técnicas para vías terciarias ..... 37
Tabla 2.2.2-10	Actividades a ejecutar asociadas a la adecuación, mantenimiento y/o ampliación de vías existentes ..... 38
Tabla 2.2.2-11	Cantidades de materiales estimadas para la adecuación, mantenimiento y/o ampliación de vías ..... 39
Tabla 2.2.2-12	Personal requerido para las obras civiles a realizar en la plataforma y vía (construcción, mejoramiento, adecuación, mantenimiento, rehabilitación) ..... 41
Tabla 2.2.2-13	Maquinaria mínima para obra ..... 42
Tabla 2.2.2-14	Fases de desarrollo del campo en donde se contempla la adecuación, mantenimiento y/o ampliación de vías existentes ..... 42
Tabla 2.2.2-15	Longitud de vías a solicitar requeridas para el Área de Desarrollo Llanos 141 ..... 43
Tabla 2.2.2-16	Especificaciones técnicas para la construcción y/o mejoramiento de vías ..... 44
Tabla 2.2.2-17	Valores de la velocidad de diseño de los tramos homogéneos ( $V_{TR}$ ) en función de la categoría de la carretera y el tipo del terreno ..... 45
Tabla 2.2.2-18	Actividades a ejecutar ..... 47
Tabla 2.2.2-19	Ocupaciones de cauce objeto de solicitud ..... 51
Tabla 2.2.2-20	Actividades preoperativas; desmantelamiento, abandono y restauración; y actividades transversales ..... 74
Tabla 2.2.2-21	Cantidades de Materiales Estimadas para la Construcción de vías ..... 76
Tabla 2.2.2-22	Estimativo de maquinaria y equipos requerido para la construcción de una vía de acceso (L=1 km) ..... 79
Tabla 2.2.2-23	Personal requerido para las obras civiles a realizar en la plataforma y vía (construcción, mejoramiento, adecuación, mantenimiento, rehabilitación) ..... 79
Tabla 2.2.2-24	Fases de desarrollo del campo en donde se contempla la construcción de vías ..... 80

Tabla 2.2.2-25	Duración estimada para la construcción de una una vía (L = 1 km).....	80
Tabla 2.2.2-26	Locaciones nuevas a solicitar .....	82
Tabla 2.2.2-27	Resumen áreas estimadas por Locación tipo .....	82
Tabla 2.2.2-28	Actividades a ejecutar .....	85
Tabla 2.2.2-29	Espesor de la placa .....	107
Tabla 2.2.2-30	Procedimiento instalación paneles o tapetes modulares sintéticos.....	119
Tabla 2.2.2-31	Actividades preoperativas; desmantelamiento, abandono y restauración; y actividades transversales .....	140
Tabla 2.2.2-32	Volúmenes de movimiento de tierra estimados para la ampliación de clústeres existentes.....	143
Tabla 2.2.2-33	Personal requerido para la construcción de locaciones.....	145
Tabla 2.2.2-34	Fases de desarrollo del campo en donde se contempla la construcción de Locaciones .....	145
Tabla 2.2.2-35	Duración estimada para la construcción de una locación.....	145
Tabla 2.2.2-36	Estrategias de desarrollo contempladas dentro de la subetapa de Perforación y operación de pozos.....	147
Tabla 2.2.2-37	Clasificación de pozos según su trayectoria.....	147
Tabla 2.2.2-38	Cantidad de pozos productores a perforar.....	149
Tabla 2.2.2-39	Propiedades Esperadas del Crudo .....	149
Tabla 2.2.2-40	Propiedades Esperadas del Gas.....	149
Tabla 2.2.2-41	Propiedades Esperadas del Agua.....	150
Tabla 2.2.2-42	Equipos a utilizar para la perforación de pozos .....	150
Tabla 2.2.2-43	Estimativo de la maquinaria requerida para movilizaciones y labores durante la etapa de perforación .....	152
Tabla 2.2.2-44	Descripción y función de los sistemas requeridos para la perforación .....	154
Tabla 2.2.2-45	Sistema de Deshidratación (Dewatering).....	167
Tabla 2.2.2-46	Otras instalaciones de apoyo .....	176
Tabla 2.2.2-47	Insumos requeridos para la etapa de perforación.....	179
Tabla 2.2.2-48	Necesidades estimadas de combustibles por día de perforación.....	181
Tabla 2.2.2-49	Personal base requerido para la perforación de un pozo .....	183
Tabla 2.2.2-50	Personal temporal requerido para la perforación de un pozo.....	184
Tabla 2.2.2-51	Equipos y Accesorios Típicos Utilizados Durante el Completamiento y las Pruebas de Producción .....	192
Tabla 2.2.2-52	Materiales e Insumos Utilizados para el Completamiento y las Pruebas de Producción.....	192
Tabla 2.2.2-53	Fases de desarrollo del campo en donde se contempla la perforación de pozos .....	194
Tabla 2.2.2-54	Duración estimada para perforación típica de un pozo (producción, inyección y/o NFE) .....	195
Tabla 2.2.2-55	Cantidad de pozos inyectores de agua para recobro a perforar y/o convertir.....	197
Tabla 2.2.2-56	Personal para la perforación, completamiento y pruebas de integridad.....	201
Tabla 2.2.2-57	Fases de desarrollo del campo en donde se contempla la perforación de pozos de inyección de agua para recobro .....	207



Tabla 2.2.2-58	Duración estimada para perforación típica de un pozo de inyección .....	207
Tabla 2.2.2-59	Cantidad de pozos disposal a perforar.....	209
Tabla 2.2.2-60	Fases de desarrollo del campo en donde se contempla la Perforación de pozos Disposal .....	211
Tabla 2.2.2-61	Duración estimada para perforación típica de un pozo Disposal.....	211
Tabla 2.2.2-62	Cantidad de pozos exploratorios – NFE – a perforar.....	212
Tabla 2.2.2-63	Fases de desarrollo del campo en donde se contempla la perforación de pozos exploratorios .....	214
Tabla 2.2.2-64	Duración estimada para perforación típica de un pozo exploratorio.....	214
Tabla 2.2.2-65	Estrategias de desarrollo contempladas dentro de la estrategia general de Trabajo en pozo.....	215
Tabla 2.2.2-66	Cantidades asociadas a la inyección de fluidos para procesos Enhanced Oil Recovery - EOR- y/o disposal .....	216
Tabla 2.2.2-67	Actividades de intervención a pozo.....	223
Tabla 2.2.2-68	Fases de desarrollo del campo en donde se contemplan los procesos de inyección Enhanced Oil Recovery – EOR y/o Disposal.....	227
Tabla 2.2.2-69	Estrategias de desarrollo contempladas dentro de la subetapa de Obras civiles necesarias para el transporte de fluidos .....	228
Tabla 2.2.2-70	Longitud de líneas de flujo a solicitar .....	229
Tabla 2.2.2-71	Ocupaciones de cauce a solicitar para el Área de Desarrollo Llanos 141 .....	230
Tabla 2.2.2-72	Actividades a ejecutar asociadas a la construcción de líneas de flujo .....	251
Tabla 2.2.2-73	Dimensiones tipo para cada unidad de gavión según la estructura a conformar .....	258
Tabla 2.2.2-74	Zonas de trabajo en el derecho de vía.....	265
Tabla 2.2.2-75	Movimientos de tierra estimados para la presente estrategia de desarrollo.....	266
Tabla 2.2.2-76	Estimativo del volumen de agua a utilizar en la prueba hidrostática por un km de longitud de tubería.....	268
Tabla 2.2.2-77	Actividades preoperativas; desmantelamiento, abandono y restauración; y actividades transversales .....	269
Tabla 2.2.2-78	Estimativos de maquinaria, equipo y herramientas para el montaje de las líneas de flujo.....	272
Tabla 2.2.2-79	Equipos y maquinaria necesaria para perforación dirigida .....	273
Tabla 2.2.2-80	Equipos, insumos y materiales para la prueba hidrostática.....	273
Tabla 2.2.2-81	Personal estimado para realizar la construcción de una línea de flujo.....	273
Tabla 2.2.2-82	Personal estimado para realizar la Perforación Horizontal Dirigida (PHD).....	274
Tabla 2.2.2-83	Fases de desarrollo del campo en donde se contempla la construcción y operación de líneas de flujo.....	277
Tabla 2.2.2-84	Duración estimada para la construcción de 1 km de línea de flujo.....	277
Tabla 2.2.2-85	Estrategias de desarrollo contempladas dentro de la estrategia general de Facilidades de Producción .....	278
Tabla 2.2.2-86	Cantidades requeridas para la Construcción y operación de Facilidades Centrales de Producción -CPF- .....	278

Tabla 2.2.2-87	Propiedades estimadas de la nafta.....	283
Tabla 2.2.2-88	Listado de equipos .....	297
Tabla 2.2.2-89	Listado típico de los principales equipos empleados en una facilidad.....	297
Tabla 2.2.2-90	Volumen estimado de movimiento de tierras para la construcción de facilidades Centrales de Producción (CPF .....	298
Tabla 2.2.2-91	Actividades a ejecutar .....	299
Tabla 2.2.2-92	Anchura de las calles de rodaje en tierra para helicópteros (si el caso lo requiere) .....	301
Tabla 2.2.2-93	Actividades preoperativas; desmantelamiento, abandono y restauración; y actividades transversales .....	305
Tabla 2.2.2-94	Estimativo de maquinaria y equipos requerido para las obras civiles a realizar en las Facilidades Centrales de Producción -CPF- .....	306
Tabla 2.2.2-95	Personal estimado para las obras civiles a realizar en las Facilidades Centrales de Producción -CPF- .....	306
Tabla 2.2.2-96	Personal requerido para la instalación de una Facilidad Central de Producción – CPF- .....	307
Tabla 2.2.2-97	Personal requerido para la operación de una Facilidad Central de Producción – CPF- .....	307
Tabla 2.2.2-98	Necesidades estimadas de combustibles por día .....	309
Tabla 2.2.2-99	Fases de desarrollo del campo en donde se contempla la construcción de Facilidades Centrales de Producción -CPF- .....	310
Tabla 2.2.2-100	Duración estimada para la construcción de Facilidades Centrales de Producción -CPF- .....	311
Tabla 2.2.2-101	Áreas para Construcción y operación de facilidades satélite -FS-a solicitar .....	312
Tabla 2.2.2-102	Estimativo de movimientos de tierra asociados a la construcción de una Facilidad Satélite -FS- .....	315
Tabla 2.2.2-103	Estimativo de maquinaria y equipos básicos requeridos para la construcción de una Facilidad Satélite -FS-.....	316
Tabla 2.2.2-104	Personal estimado para las obras civiles a realizar en las Facilidades Satélite -FS-.....	316
Tabla 2.2.2-105	Personal requerido para la instalación de una Facilidad Satélite – FS- .....	317
Tabla 2.2.2-106	Personal requerido para la operación de una Facilidad Satélite – FS-.....	317
Tabla 2.2.2-107	Fases de desarrollo del campo en donde se contempla la construcción de Facilidades Satélite -FS- .....	319
Tabla 2.2.2-108	Duración estimada para la construcción de Facilidades Satélite -FS-.....	319
Tabla 2.2.2-109	Áreas a solicitar requeridas para la construcción y operación de Zonas de Disposición de Materiales Sobrantes de Excavación -ZODME-.....	320
Tabla 2.2.2-110	Especificaciones técnicas típicas para adecuación de ZODME .....	323
Tabla 2.2.2-111	Actividades a ejecutar para la construcción y operación de Zonas de Disposición de Materiales Sobrantes de Excavación ZODME .....	327
Tabla 2.2.2-112	Volumen estimado de movimiento de tierras para la conformación de las ZODME .....	333
Tabla 2.2.2-113	Estimativo de maquinaria y equipos requerido para conformación de un ZODME.....	334
Tabla 2.2.2-114	Personal requerido para la construcción y operación de una ZODME.....	334

Tabla 2.2.2-115	Fases de desarrollo del campo en donde se contempla la construcción y operación de Zonas de Disposición de Materiales Sobrantes de Excavación -ZODME-.....	337
Tabla 2.2.2-116	Duración estimada para la construcción y operación de Zonas de Disposición de Materiales Sobrantes de Excavación -ZODME-.....	337
Tabla 2.2.2-117	Áreas para Construcción y operación de centro de acopio a solicitar.....	338
Tabla 2.2.2-118	Actividades a ejecutar.....	341
Tabla 2.2.2-119	Estimativo de movimientos de tierra asociados a la construcción de un Centro de Acopio.....	344
Tabla 2.2.2-120	Estimativo de maquinaria y equipos requeridos para la construcción y operación de áreas para el acopio y manejo de lodos y cortes de perforación.....	345
Tabla 2.2.2-121	Estimativo de maquinaria y equipos requerido para las obras civiles a realizar en la construcción de una planta para el manejo de cortes de perforación).....	345
Tabla 2.2.2-122	Estimativo de maquinaria y equipos requerido para la operación y mantenimiento de plantas para el manejo de cortes de perforación.....	345
Tabla 2.2.2-123	Personal estimado para las obras civiles a realizar para la construcción y operación de áreas para el acopio y manejo de lodos y cortes de perforación.....	345
Tabla 2.2.2-124	Personal estimado para la construcción de plantas para el manejo de cortes de perforación.....	346
Tabla 2.2.2-125	Personal requerido para la operación y mantenimiento de plantas para el manejo de cortes de perforación.....	346
Tabla 2.2.2-126	Fases de desarrollo del campo en donde se contempla la Construcción y operación de centro de acopio.....	349
Tabla 2.2.2-127	Duración estimada para la para la Construcción y operación de centro de acopio.....	349
Tabla 2.2.2-128	Áreas para construcción y operación de Instalaciones de Apoyo a solicitar.....	350
Tabla 2.2.2-129	Actividades a ejecutar.....	351
Tabla 2.2.2-130	Estimativo de movimientos de tierra asociados a la construcción de Instalaciones de apoyo.....	353
Tabla 2.2.2-131	Estimativo de maquinaria y equipos requerido para construcción de un centro de acopio.....	354
Tabla 2.2.2-132	Personal requerido para la construcción de una instalación de apoyo.....	354
Tabla 2.2.2-133	Personal requerido para la operación y mantenimiento de una instalación de apoyo.....	355
Tabla 2.2.2-134	Fases de desarrollo del campo en donde se contempla la construcción de Instalaciones de Apoyo.....	357
Tabla 2.2.2-135	Duración estimada para la construcción de Instalaciones de Apoyo.....	358
Tabla 2.2.2-136	Cantidades a solicitar relacionadas a las fuentes de generación de energía.....	359
Tabla 2.2.2-137	Maquinaria y equipos requeridos para la construcción de la infraestructura de Autogeneración de Energía.....	368
Tabla 2.2.2-138	Personal requerido para realizar la construcción infraestructura de Autogeneración de Energía.....	368

Tabla 2.2.2-139	Fases de desarrollo del campo en donde se contempla la generación de energía .....	369
Tabla 2.2.2-140	Cantidades a solicitar relacionadas a las fuentes de generación de energía .....	370
Tabla 2.2.2-141	Rendimiento de la planta proyectada.....	372
Tabla 2.2.2-142	Estimativo de movimientos de tierra asociados a la construcción de una planta solar fotovoltaica.....	381
Tabla 2.2.2-143	Maquinaria y equipos requeridos para la construcción de la planta solar fotovoltaica .....	382
Tabla 2.2.2-144	Personal requerido para realizar la construcción de la planta solar fotovoltaica .....	382
Tabla 2.2.2-145	Fases de desarrollo del campo en donde se contempla la construcción de la planta solar fotovoltaica.....	383
Tabla 2.2.2-146	Duración estimada para la construcción de la construcción de la planta solar fotovoltaica.....	383
Tabla 2.2.2-147	Cantidades a solicitar relacionadas a la Instalación y operación de líneas eléctricas de 34,5 / 115 kV .....	385
Tabla 2.2.2-148	Actividades a ejecutar .....	385
Tabla 2.2.2-149	Estructuras típicas para utilizar en líneas aéreas de alta tensión a 115 kV.....	387
Tabla 2.2.2-150	Estructuras típicas para utilizar en líneas aéreas de media tensión a 34,5 kV .....	390
Tabla 2.2.2-151	Maquinaria y equipos requeridos para las obras civiles a realizar en la construcción y montaje de un (1) kilómetro de línea eléctrica .....	398
Tabla 2.2.2-152	Personal requerido para realizar la construcción infraestructura de Autogeneración de Energía.....	399
Tabla 2.2.2-153	Fases de desarrollo del campo en donde se contempla la instalación y operación de líneas eléctricas de 34,5 / 115 kV .....	399
Tabla 2.2.2-154	Duración estimada para la instalación y operación de líneas eléctricas de 34,5 / 115 kV .....	400
Tabla 2.2.2-155	Cantidades a solicitar relacionadas a la Instalación y operación Centros de Maniobra -CM-, Centros de Distribución -CD- y/o Subestaciones Eléctricas .....	401
Tabla 2.2.2-156	Actividades a ejecutar .....	401
Tabla 2.2.2-157	Estimativo de movimientos de tierra asociados a la construcción de Centros de Maniobra -CM- y Centros de Distribución -CD-.....	417
Tabla 2.2.2-158	Maquinaria y equipos requeridos para las obras civiles a realizar en la Instalación y operación Centros de Maniobra -CM-, Centros de Distribución -CD- y/o Subestaciones Eléctricas.....	417
Tabla 2.2.2-159	Personal requerido para realizar la Instalación y operación Centros de Maniobra -CM-, Centros de Distribución -CD- y/o Subestaciones Eléctricas .....	418
Tabla 2.2.2-160	Fases de desarrollo del campo en donde se contempla la Instalación y operación Centros de Maniobra -CM-, Centros de Distribución -CD- y/o Subestaciones Eléctricas .....	418
Tabla 2.2.2-161	Duración estimada para Instalación y operación Centros de Maniobra - CM-, Centros de Distribución -CD- y/o Subestaciones Eléctricas .....	419

Tabla 2.2.2-162	Sistema de Deshidratación (Dewatering).....	422
Tabla 2.2.2-163	Estimativo de maquinaria y equipos requeridos para la construcción y operación de áreas para el acopio de lodos y cortes de perforación .....	423
Tabla 2.2.2-164	Estimativo de maquinaria y equipos requerido para las obras civiles a realizar en la construcción y operación de áreas para el acopio de lodos y cortes de perforación .....	424
Tabla 2.2.2-165	Estimativo de maquinaria y equipos requerido para la operación y mantenimiento de plantas para el manejo de cortes de perforación .....	424
Tabla 2.2.2-166	Personal estimado para las obras civiles a realizar para la construcción y operación de áreas para el acopio de lodos y cortes de perforación.....	424
Tabla 2.2.2-167	Personal estimado para la construcción y operación de áreas para el acopio de lodos y cortes de perforación .....	424
Tabla 2.2.2-168	Personal requerido para la construcción y operación de áreas para el acopio de lodos y cortes de perforación .....	425
Tabla 2.2.2-169	Fases de desarrollo del campo en donde se contempla la construcción y operación de áreas para el acopio de lodos y cortes de perforación.....	425
Tabla 2.2.2-170	Duración estimada para la para la construcción y operación de áreas para el acopio de lodos y cortes de perforación .....	426
Tabla 2.2.2-171	Estimativo de maquinaria y equipos requeridos para la construcción y operación de áreas para el acopio y manejo de lodos y cortes de perforación.....	428
Tabla 2.2.2-172	Estimativo de maquinaria y equipos requerido para las obras civiles a realizar en la construcción de una planta para el manejo de cortes de perforación) .....	429
Tabla 2.2.2-173	Estimativo de maquinaria y equipos requerido para la operación y mantenimiento de plantas para el manejo de cortes de perforación .....	429
Tabla 2.2.2-174	Personal estimado para las obras civiles a realizar para la construcción y operación de áreas para el acopio y manejo de lodos y cortes de perforación.....	429
Tabla 2.2.2-175	Personal estimado para la construcción de plantas para el manejo de cortes de perforación.....	429
Tabla 2.2.2-176	Personal requerido para la operación y mantenimiento de plantas para el manejo de cortes de perforación .....	430
Tabla 2.2.2-177	Fases de desarrollo del campo en donde se contempla la Construcción, operación y mantenimiento de plantas para el manejo de cortes de perforación.....	430
Tabla 2.2.2-178	Duración estimada para la para la construcción, operación y mantenimiento de plantas para el manejo de cortes de perforación .....	431
Tabla 2.2.2-179	Entrega y/o recibo de fluidos con otros bloques o campos operados por Ecopetrol S.A. y/o terceros autorizados .....	432
Tabla 2.2.2-180	Estimativo de maquinaria y equipos requerido .....	438
Tabla 2.2.2-181	Personal requerido para la entrega y recibo de fluidos.....	438
Tabla 2.2.2-182	Fases de desarrollo del campo en donde se contempla la Entrega y/o recibo de fluidos con otros bloques o campos operados por Ecopetrol S.A. y/o terceros autorizados .....	439

---

Tabla 2.2.2-183	Entrega y/o recibo de cortes de perforación, lodos de producción y/o material biorremediado con otros bloques o campos operados por Ecopetrol S.A.....	440
Tabla 2.2.2-184	Parámetros Objeto de Monitoreo en Cortes de Perforación.....	448
Tabla 2.2.2-185	Estimativo de maquinaria y equipos requerido .....	449
Tabla 2.2.2-186	Personal requerido para la entrega y recibo de fluidos.....	449
Tabla 2.2.2-187	Fases de desarrollo del campo en donde se contempla la Entrega y/o recibo de fluidos con otros bloques o campos operados por Ecopetrol S.A. y/o terceros autorizados .....	450

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 2.2.2-1	Vías existentes al interior del Área de Desarrollo Llanos 141 y de uso por el proyecto..... 28
Figura 2.2.2-2	Sección transversal tipo de vía a adecuar ..... 29
Figura 2.2.2-3	Vista en planta de bahías de sobrepaso ..... 34
Figura 2.2.2-4	Vías identificadas al interior del Área de Influencia Físico Biótica definida para el Área de Desarrollo Llanos 141 ..... 35
Figura 2.2.2-5	Campamento transitorio e instalaciones de apoyo ..... 38
Figura 2.2.2-6	Sección típica de vías proyectadas..... 45
Figura 2.2.2-7	Sección típica Bahía de sobrepaso..... 45
Figura 2.2.2-8	Sobreancho doble ..... 46
Figura 2.2.2-9	Ejemplo de área donde se proyecta la ejecución de tareas de desmonte, descapote, rocería y limpieza ya sea para construcción de una vía de acceso o una locación ..... 48
Figura 2.2.2-10	Nivelado y compactación del terreno ..... 49
Figura 2.2.2-11	Localización de las ocupaciones de cauce objeto de solicitud ..... 53
Figura 2.2.2-12	Esquema de diseño tipo para un Puente ..... 54
Figura 2.2.2-13	Esquema de Diseño tipo para un Box Culvert ..... 56
Figura 2.2.2-14	Esquema de Diseño tipo para una Alcantarilla Sencilla..... 57
Figura 2.2.2-15	Esquema de Diseño tipo para una Alcantarilla Doble..... 58
Figura 2.2.2-16	Esquema de Diseño tipo para un Quiebrapatas ..... 60
Figura 2.2.2-17	Detalles típicos cunetas ..... 61
Figura 2.2.2-18	Descoles Tipo I en sacos de suelo cemento sin disipadores ..... 62
Figura 2.2.2-19	Descoles Tipo II en sacos de suelo cemento con disipadores ..... 63
Figura 2.2.2-20	Disipadores de energía ..... 64
Figura 2.2.2-21	Disipador de energía en piedra pegada o concreto simple ..... 65
Figura 2.2.2-22	Disipador de energía en concreto ..... 66
Figura 2.2.2-23	Canal rápido ..... 67
Figura 2.2.2-24	Estabilización de taludes por modificación de su geometría ..... 68
Figura 2.2.2-25	Medidas de drenaje y protección en taludes (Uriel. 1991)..... 69
Figura 2.2.2-26	Estabilización de taludes por instalación de elementos estructurales resistentes ..... 70
Figura 2.2.2-27	Tipos de muros..... 71
Figura 2.2.2-28	Medidas de protección superficial y revegetalización ..... 72
Figura 2.2.2-29	Tipos de señalización ..... 73
Figura 2.2.2-30	Paneles o tapetes modulares sintéticos..... 73
Figura 2.2.2-31	Ejemplos de maquinaria a utilizar ..... 74
Figura 2.2.2-32	Tipos de diferentes instalaciones de apoyo ..... 76
Figura 2.2.2-33	Planta típica general de una Locación ..... 84
Figura 2.2.2-34	Esquema Plataforma de Uno y Dos Niveles ..... 85
Figura 2.2.2-35	Localización y replanteo..... 86



Figura 2.2.2-36	Esquema de corte compensado en plataformas.....	89
Figura 2.2.2-37	Disposición tipo de cunetas perimetrales.....	91
Figura 2.2.2-38	Cuneta prefabricada en concreto.....	94
Figura 2.2.2-39	Empalme de cunetas.....	94
Figura 2.2.2-40	Diseño básico de desarenadores.....	95
Figura 2.2.2-41	Diseño típico desarenador en concreto reforzado.....	95
Figura 2.2.2-42	Diseño típico desarenador portátil en lámina.....	96
Figura 2.2.2-43	Esquema localización de cunetas para manejo de aguas aceitosas.....	97
Figura 2.2.2-44	Diseño tipo de cunetas para manejo de aguas aceitosas.....	98
Figura 2.2.2-45	Detalle tipo para empalme de cunetas.....	99
Figura 2.2.2-46	Diseño típico de skimmer en concreto reforzado.....	100
Figura 2.2.2-47	Diseño típico de skimmer metálico.....	101
Figura 2.2.2-48	Esquema paso de vía.....	102
Figura 2.2.2-49	Barrera de retención de sólidos para terrenos ondulados.....	104
Figura 2.2.2-50	Construcción y detalles típicos de un contrapozo.....	105
Figura 2.2.2-51	Diseños básicos de contrapozos.....	106
Figura 2.2.2-52	Tipos de contrapozo.....	106
Figura 2.2.2-53	Diseño típico de los muertos de anclajes.....	108
Figura 2.2.2-54	Tipos de cerramiento a implementar.....	109
Figura 2.2.2-55	Diseño básico de placa para unidad de bombeo.....	111
Figura 2.2.2-56	Esquema típico de piscinas de tratamiento para lodos de perforación.....	112
Figura 2.2.2-57	Piscina de mezcla en concreto.....	113
Figura 2.2.2-58	Piscina para agua.....	114
Figura 2.2.2-59	Detalle área de químicos.....	116
Figura 2.2.2-60	Tea Vertical con Dique de Contención.....	117
Figura 2.2.2-61	Tipo de Tea Vertical en Superficie.....	118
Figura 2.2.2-62	Diseño tipo Caseta de Vigilancia en polipropileno.....	120
Figura 2.2.2-63	Señales preventivas.....	123
Figura 2.2.2-64	Señales informativas.....	124
Figura 2.2.2-65	Señales reglamentarias.....	125
Figura 2.2.2-66	Señales y elementos temporales empleados para la canalización del tránsito.....	126
Figura 2.2.2-67	Señales para determinar un área con alto riesgo de afectación.....	126
Figura 2.2.2-68	Señales para determinar un área con alto riesgo de afectación.....	127
Figura 2.2.2-69	Ejemplos de señales de prevención ambiental.....	128
Figura 2.2.2-70	Ejemplos de señales de obligación ambiental.....	128
Figura 2.2.2-71	Ejemplos de señales de información ambiental.....	129
Figura 2.2.2-72	Estabilización de taludes por modificación de su geometría.....	130
Figura 2.2.2-73	Medidas de drenaje y protección en taludes (Uriel. 1991).....	131
Figura 2.2.2-74	Estabilización de taludes por instalación de elementos estructurales resistentes.....	132
Figura 2.2.2-75	Tipos de Muros.....	133

Figura 2.2.2-76	Esquema Típico Muros de Contención .....	133
Figura 2.2.2-77	Esquema Típico Muros en Suelo Reforzado .....	134
Figura 2.2.2-78	Esquema Típico Gavión .....	135
Figura 2.2.2-79	Proceso para Armado de Gavión .....	136
Figura 2.2.2-80	Medidas de protección superficial .....	137
Figura 2.2.2-81	Tipo de trinchos .....	138
Figura 2.2.2-82	Ubicación y sección de Trinchos.....	139
Figura 2.2.2-83	Ejemplos de maquinaria a utilizar .....	140
Figura 2.2.2-84	Tipos de diferentes instalaciones de apoyo .....	142
Figura 2.2.2-85	Sistema de Sistema de Control y Rotación del pozo .....	155
Figura 2.2.2-86	Sistema de Sistema de Potencia y Levantamiento del pozo .....	156
Figura 2.2.2-87	Sistema de Sistema de Circulación de fluidos de perforación .....	157
Figura 2.2.2-88	Procedimiento general para la perforación de un pozo .....	158
Figura 2.2.2-89	Componentes de la sarta de perforación y de la broca .....	159
Figura 2.2.2-90	Esquema de manejo de lodos de perforación.....	165
Figura 2.2.2-91	Esquema del Proceso Dewatering.....	166
Figura 2.2.2-92	Esquema del revestimiento de pozos .....	168
Figura 2.2.2-93	Equipo utilizado para la cementación de pozos.....	169
Figura 2.2.2-94	Esquema del proceso para la toma de registros de pozos.....	170
Figura 2.2.2-95	Componentes del sistema de control de pozos .....	171
Figura 2.2.2-96	Esquema del proceso de Perforación con presión flujo controlado (MPD) .....	173
Figura 2.2.2-97	Distribución de unidades que conforman un campamento en una locación y Unidades que pueden servir de alojamiento u oficinas .....	175
Figura 2.2.2-98	Tipos de completamiento sencillo o simple.....	186
Figura 2.2.2-99	Tipos de completamiento múltiple.....	187
Figura 2.2.2-100	Esquema de las pruebas de producción a realizar en los pozos perforados .....	191
Figura 2.2.2-101	Estado mecánico de un pozo inyector .....	199
Figura 2.2.2-102	Equipo de Workover para reacondicionamiento de pozos .....	204
Figura 2.2.2-103	Ejemplo de información asociada al estado mecánico de un pozo .....	206
Figura 2.2.2-104	Resumen proceso general de inyección .....	217
Figura 2.2.2-105	Esquema general proceso de inyección para recobro.....	218
Figura 2.2.2-106	Esquema general del proceso de inyección de agua .....	219
Figura 2.2.2-107	Representación esquemática de la preparación de la solución polimérica .....	219
Figura 2.2.2-108	Representación esquemática de la acción de los polímeros y su relación con la infraestructura existente tipo en un campo de producción.....	220
Figura 2.2.2-109	Esquema tipo del sistema de inyección de agua .....	221
Figura 2.2.2-110	Espacialización de las ocupaciones de cauce a solicitar.....	232
Figura 2.2.2-111	Sección típica cruce subfluvial a cielo abierto.....	236
Figura 2.2.2-112	Sección transversal tipo para zanja de cruce subfluvial .....	237
Figura 2.2.2-113	Diseño típico cruce aéreo.....	239

Figura 2.2.2-114	Cruces con marcos “H” .....	240
Figura 2.2.2-115	Cruce con cercha metálica.....	241
Figura 2.2.2-116	Perforación horizontal .....	242
Figura 2.2.2-117	Perforación piloto para la realización de una Perforación Horizontal Dirigida - PHD.....	243
Figura 2.2.2-118	Realización del sobre ancho de la perforación piloto.....	244
Figura 2.2.2-119	Tiro de la lingada a lo largo del túnel construido.....	245
Figura 2.2.2-120	Cruce subfluvial típico por perforación horizontal dirigida (PHD) .....	246
Figura 2.2.2-121	Instalación de tubería flexible.....	247
Figura 2.2.2-122	Detalle Típico para Cruce de Vías .....	248
Figura 2.2.2-123	Detalles Instalación Tuberías enterradas.....	249
Figura 2.2.2-124	Detalles Cruce entre Tubería Enterrada .....	250
Figura 2.2.2-125	Ejemplo de obras de geotecnia al interior del derecho de vía .....	252
Figura 2.2.2-126	Diferentes tipos de protección con sacos de suelo cemento .....	252
Figura 2.2.2-127	Diseño tipo de un trincho de madera .....	253
Figura 2.2.2-128	Tipos de cortacorriente.....	255
Figura 2.2.2-129	Esquema de entrega de canales interceptores en la mitad del talud .....	255
Figura 2.2.2-130	Ejemplos de disipadores .....	256
Figura 2.2.2-131	Ejemplos de descoles .....	257
Figura 2.2.2-132	Esquema típico de un muro en gaviones Fuente: Ministerio de Transporte, Instituto Nacional de Vías (INVIAS).....	258
Figura 2.2.2-133	Taludes con empradización .....	258
Figura 2.2.2-134	Apertura del derecho de vía .....	259
Figura 2.2.2-135	Tipo de señal informativa .....	260
Figura 2.2.2-136	Tendido típico de tuberías para líneas de flujo .....	261
Figura 2.2.2-137	Modelo para acopio de tubería.....	261
Figura 2.2.2-138	Doblado de tuberías para líneas de flujo .....	262
Figura 2.2.2-139	Prueba radiográfica y de ultrasonido realizada a una tubería .....	263
Figura 2.2.2-140	Prueba de integridad de la tubería con equipo (holliday detector) .....	264
Figura 2.2.2-141	Áreas que hacen parte del derecho de vía y área de maniobras para actividades de instalación de tubería .....	264
Figura 2.2.2-142	Instalación de la tubería, tramo regular.....	265
Figura 2.2.2-143	Prueba hidrostática.....	268
Figura 2.2.2-144	Tipos de diferentes instalaciones de apoyo .....	270
Figura 2.2.2-145	Definición del ancho del derecho de vía .....	271
Figura 2.2.2-146	Esquema tipo asociado al tratamiento de crudo en una Estación o Planta .....	281
Figura 2.2.2-147	Esquema tipo asociado al tratamiento de crudo en una Estación o Planta .....	285
Figura 2.2.2-148	Esquema tipo asociado a la Separación de Crudo y Gas en una Estación.....	286
Figura 2.2.2-149	Esquema tipo asociado al tratamiento de Agua para Vertimiento en una Estación o Planta.....	287

Figura 2.2.2-150	Esquema tipo asociado al tratamiento de Gas en una Estación o Planta .....	288
Figura 2.2.2-151	Esquema tipo asociado al tratamiento e Inyección de Agua .....	289
Figura 2.2.2-152	Esquema tipo asociado al tratamiento e Inyección de Agua .....	290
Figura 2.2.2-153	Esquema tipo asociado al tratamiento e Inyección de Agua .....	291
Figura 2.2.2-154	Planta general para Facilidades Centrales de Producción -CPF- .....	294
Figura 2.2.2-155	Diagrama de bloques– Escenario de producción 1 .....	295
Figura 2.2.2-156	Diagrama de bloques– Escenario de producción 2 .....	296
Figura 2.2.2-157	Distribución típica de la zona de aterrizaje .....	300
Figura 2.2.2-158	Distribución típica de la zona de aterrizaje .....	302
Figura 2.2.2-159	Distribución típica de la zona de aterrizaje .....	303
Figura 2.2.2-160	Ejemplo de diferentes sistemas fundaciones y soportes para equipos y estructuras.....	304
Figura 2.2.2-161	Planta general para Facilidades Satélite -FS-.....	314
Figura 2.2.2-162	Diseño tipo de las ZODME para el Área de Desarrollo Llanos 141.....	323
Figura 2.2.2-163	Esquema tipo para una ZODME .....	324
Figura 2.2.2-164	Tipos de ZODME de acuerdo a la topografía del sector.....	324
Figura 2.2.2-165	ZODME por fases adosadas .....	325
Figura 2.2.2-166	ZODME con dique o muro de pie.....	325
Figura 2.2.2-167	ZODME por fases superpuestas .....	326
Figura 2.2.2-168	Cuneta en sacos de suelo cemento.....	328
Figura 2.2.2-169	Ejemplo de distribución de red de drenajes y filtros franceses.....	331
Figura 2.2.2-170	Detalle piscina sedimentadora .....	332
Figura 2.2.2-171	Diagrama de procesos de los centros de acopio .....	340
Figura 2.2.2-172	Diseño tipo del Centro de Acopio para manejo de cortes de perforación .....	342
Figura 2.2.2-173	Diseño tipo área de tratamiento de cortes .....	343
Figura 2.2.2-174	Diseño tipo área Instalaciones de apoyo .....	352
Figura 2.2.2-175	Energía geotérmica .....	360
Figura 2.2.2-176	Baja entalpía (menor a 100°C).....	361
Figura 2.2.2-177	Media entalpía (120 – 180°C) .....	361
Figura 2.2.2-178	Alta entalpía (mayor a 180°C).....	361
Figura 2.2.2-179	Ciclo de Rankine Orgánico (OCR) .....	362
Figura 2.2.2-180	Esquemático del proceso de generación individual.....	363
Figura 2.2.2-181	Esquemático del proceso de generación Centralizada.....	364
Figura 2.2.2-182	Caldera para aprovechamiento energético de crudo .....	365
Figura 2.2.2-183	Esquema general generación de energía fotovoltaica.....	371
Figura 2.2.2-184	Hincado de estructuras metálicas .....	373
Figura 2.2.2-185	Panel solar.....	374
Figura 2.2.2-186	Representación de los inversores .....	375
Figura 2.2.2-187	Zanjas Tipo.....	377
Figura 2.2.2-188	Representación del sistema de vigilancia .....	378

---

Figura 2.2.2-189	Cerramiento Tipo.....	379
Figura 2.2.2-190	Diseño tipo Planta Solar Fotovoltaica .....	380
Figura 2.2.2-191	Diseño tipo de Centro de Distribución de Potencia – CDP.....	402
Figura 2.2.2-192	Diseño tipo de Centro de Maniobras – CDP .....	403
Figura 2.2.2-193	Ilustración del sistema de puesta a tierra en una subestación eléctrica.....	404
Figura 2.2.2-194	Típico de montaje eléctrico Transformador de 2.5 MVA 34.5 / 0.48 kV .....	406
Figura 2.2.2-195	Típico de montaje eléctrico - Pórtico .....	407
Figura 2.2.2-196	Típico de montaje Centro de Maniobra .....	408
Figura 2.2.2-197	Esquema de manejo de lodos de perforación.....	420
Figura 2.2.2-198	Esquema del Proceso Dewatering .....	422
Figura 2.2.2-199	Esquema de funcionamiento de una planta de tratamiento de cortes de perforación.....	427
Figura 2.2.2-200	Diseño tipo para cargadero y descargadero .....	434
Figura 2.2.2-201	Configuración estructural tipo para cargadero y descargadero .....	435
Figura 2.2.2-202	Diseño tipo Sistema de separación y manejo de agua (SSMA) .....	436
Figura 2.2.2-203	Esquema general del tratamiento primario de los cortes de perforación en cada Locación .....	441
Figura 2.2.2-204	Diagrama del proceso .....	443

## ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

	Pág.
Fotografía 2.2.2-1	Tipo de equipo utilizado para obras civiles ..... 78
Fotografía 2.2.2-2	Ejemplo de área donde se proyecta la ejecución de tareas de desmonte, descapote, rocería y limpieza..... 87
Fotografía 2.2.2-3	Proceso de extendido, nivelación y compactación para construcción de infraestructura..... 88
Fotografía 2.2.2-4	Cuneta en terreno natural ..... 92
Fotografía 2.2.2-5	Cuneta en sacos de suelo - cemento..... 92
Fotografía 2.2.2-6	Cuneta en geotextil y/o geomembrana ..... 93
Fotografía 2.2.2-7	Cuneta en concreto ..... 93
Fotografía 2.2.2-8	Construcción de placa de concreto ..... 107
Fotografía 2.2.2-9	Tipo de bodega temporal ..... 121
Fotografía 2.2.2-10	Cuneta en geotextil y/o geomembrana ..... 329
Fotografía 2.2.2-11	Disipador de energía ..... 330
Fotografía 2.2.2-12	Franja sometida a las actividades de desmonte, rocería, limpieza y descapote (Servidumbre)..... 386
Fotografía 2.2.2-13	Máquina de freno para el tendido de conductores..... 394
Fotografía 2.2.2-14	Conexión al sistema puesta a tierra de una torre de transmisión..... 395
Fotografía 2.2.2-15	Conexión de los componentes de un sistema de puesta a tierra ..... 395
Fotografía 2.2.2-16	Cimentación y fundición de obras en subestación eléctrica ..... 405
Fotografía 2.2.2-17	Montaje de transformador en patio de subestación ..... 405
Fotografía 2.2.2-18	Montaje de Centro de Distribución – ECOPETROL S.A..... 407
Fotografía 2.2.2-19	Banco de ductos..... 410
Fotografía 2.2.2-20	Tableros eléctricos ..... 412
Fotografía 2.2.2-21	Transporte de fluidos por medio de líneas de flujo (aérea, sobre marco H)..... 433
Fotografía 2.2.2-22	Transporte de fluidos en carrotanque ..... 434
Fotografía 2.2.2-23	Sistema de alimentación: tolva, Bomba de transferencia de cortes y manguera ..... 443
Fotografía 2.2.2-24	Sistema de transporte de cilindro rotatorio ..... 444
Fotografía 2.2.2-25	Quemador y válvulas de control..... 444
Fotografía 2.2.2-26	Hidrociclón..... 445
Fotografía 2.2.2-27	Equipo para tratamiento de vapor ..... 445
Fotografía 2.2.2-28	Sistema de filtrado..... 446
Fotografía 2.2.2-29	Apariencia de los cortes previo al tratado en el proceso Q-DRYING-KILN..... 447
Fotografía 2.2.2-30	Apariencia de los cortes una vez tratados mediante el proceso de deshidratación Q-DRYING-KILN..... 447

## 2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

### 2.2 Características del proyecto

#### 2.2.2 Estrategias de desarrollo

Este numeral tiene como finalidad en primer lugar el presentar las estrategias de desarrollo y actividades requeridas para el desarrollo y operación del Área de Desarrollo Llanos 141 amparados en la normatividad ambiental actual y en las políticas de economía circular, en armonía con la comunidad y el medio ambiente; y en segundo lugar presentar las cantidades a solicitar, para todas las estrategias de desarrollo consideradas para el campo.

El presente EIA está estructurado según los lineamientos consignados en los términos de referencia para PROYECTOS DE EXPLOTACIÓN DE HIDROCARBUROS, HI-TER-1-03 de 2010 emitidos por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial – MAVDT, así como las directrices indicadas en la “Metodología General para la Elaboración y Presentación de Estudios Ambientales - 2018” mediante la Resolución 1402 del 2018; en este orden de ideas se observa en los términos en mención la definición de 5 grandes estrategias de desarrollo a considerar para la formulación de la operación de un campo de producción, pero estas no son suficientes para poder definir el marco de estrategias y actividades proyectadas para el Área de Desarrollo Llanos 141, así las cosas se procedió a realizar por parte de Ecopetrol S. A, una homologación y correlación de las diferentes estrategias contempladas dentro del presente documento y aquellas cobijadas en los HI-TER-1-03, resultado que se presenta en la **Tabla 2.2.2-1**.

**Tabla 2.2.2-1 Homologación Estrategias de Desarrollo del proyecto conforme a la estructura definida en los Términos de Referencia HI-TER-1-03**

Estrategias Definidas en los HI-TER-1-03		Estrategias Definidas en el EIA ÁREA DE DESARROLLO LLANOS 141	
ID	Estrategia de Desarrollo	ED	Estrategia de Desarrollo
E1	Vías de acceso al área y locaciones	ED1	Adecuación, mantenimiento y/o ampliación de vías existentes
		ED2	Construcción de nuevas vías
		ED3	Construcción de clústeres nuevos
E2	Perforación de pozos	ED4	Perforación de pozos productores
		ED5	Perforación de pozos de inyección de agua para recobro
		ED6	Perforación de pozos Disposal
		ED7	Perforación de pozos Near Field Exploration -NFE-
E3	Trabajo en pozo	ED8	Inyección de fluidos para procesos Enhanced Oil Recovery - EOR- y/o disposal
E4	Líneas de flujo	ED9	Construcción y operación de líneas de flujo
E5	Facilidades de producción	ED10	Construcción y operación de Facilidades Centrales de Producción -CPF-
		ED11	Construcción y operación de facilidades satélite -FS-
		ED12	Construcción y operación de Zonas de Disposición de Materiales Sobrantes de Excavación -ZODME-
		ED13	Construcción y operación de centro de acopio
		ED14	Construcción de Instalaciones de apoyo (i.e: helipuertos, oficinas, campamentos centrales, talleres, entre otros)
		ED15	Generación de energía eléctrica
		ED16	Construcción de planta solar fotovoltaica
		ED17	Instalación y operación de líneas eléctricas de 34,5 / 115 kV
		ED18	Instalación y operación Centros de Maniobra -CM-, Centros de Distribución -CD- y/o Subestaciones Eléctricas -SE-
		ED19	Construcción y operación de áreas para el acopio de lodos y cortes de perforación
		ED20	Construcción, operación y mantenimiento de plantas para el manejo de cortes de perforación
		ED21	Entrega y recibo de fluidos
		ED22	Entrega y recibos de cortes y lodos de perforación

Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

Las estrategias de desarrollo contempladas en este EIA reúnen la ejecución de cincuenta y ocho (58) actividades, las cuales para su descripción y evaluación de impactos asociados son agrupadas en cinco (5) etapas definidas en función de su alcance (i.e: Pre operativa, Constructiva, Operativa, entre otros) las cuales se relacionan en la **Tabla 2.2.2-2**.



Tabla 2.2.2-2 Relación de Estrategias, Etapas y actividades consideradas en el EIA Área de Desarrollo Llanos 141

ETAPA	SUBETAPA	ESTRATEGIAS DE DESARROLLO ASOCIADAS	ACTIVIDAD	ID	DESCRIPCIÓN
PRE-OPERATIVA		Aplica para la ejecución de todas las estrategias que involucren la construcción, adecuación y/o mantenimiento de infraestructura	Gestión social y participación comunitaria e institucional	A1	<ul style="list-style-type: none"> <li>Busca promover permanentemente espacios de comunicación clara y oportuna con sus grupos de interés, mediante la utilización de canales de comunicación que favorezcan el intercambio de información sobre las diferentes actividades del proyecto. Algunas de las actividades que se realizan son:</li> <li>Reuniones de cierre con autoridades locales, líderes comunales (JAC y demás organizaciones de la sociedad civil) y población residente.</li> <li>Verificación de los compromisos registrados para cada programa, resolución de las PQRS recibidas durante la duración del proyecto con sus respectivos soportes escritos para validar su cierre.</li> <li>Registro de los procedimientos de convocatoria y asistencia a las reuniones a lo largo del proyecto, así como la ejecución de talleres de cierre del proyecto (actas de verificación del cumplimiento del Plan de Gestión Social).</li> <li>Campañas de sensibilización dirigida a la comunidad del área sobre la importancia y cuidado que deben tener hacia las áreas intervenidas, revegetalizadas y reforestadas</li> </ul>
			Adquisición de predios y derechos de servidumbre	A2	<ul style="list-style-type: none"> <li>Obtención de paz y salvos por parte de los propietarios de los predios intervenidos una vez finalizadas las labores de abandono y restauración final, de las autoridades locales (si es el caso) y de las JAC</li> </ul>
CONSTRUCTIVA (OBRAS CIVILES NECESARIAS)	ADECUACIÓN Y/O CONSTRUCCIÓN DE INFRAESTRUCTURA BÁSICA, APOYO, FACILIDADES DE PRODUCCIÓN Y ELÉCTRICA	ED1, ED2, ED3, ED10, ED11, ED12, ED, ED13, ED14, ED19, E20	Localización y replanteo	A3	<p>Previo a las actividades de obras civiles asociadas a la construcción de infraestructura básica, de apoyo, líneas de flujo e infraestructura eléctrica se deben realizar los trabajos por la comisión de topografía para determinar la localización planimétrica, altimétrica, a partir de puntos y ejes; de igual manera se determinan las zonas de corte y relleno con sus respectivos chaflanes; todas las anteriores deben quedar debidamente georreferenciadas y materializadas en campo por medio de estacas y/o mojones estables construidos con materiales duraderos (concreto, madera cepillada e inmunizada, puntillas y pintura no lavable de colores fuertes), y así mismo, que sean visibles e identificables para la localización, nivelación y/o verificación de la ubicación de las diferentes excavaciones, rellenos y estructuras. El control de la ubicación de las obras se realiza, de manera que todos los elementos nuevos cuenten con coordenadas que estén sujetas a un sistema de referencia de coordenadas determinado.</p> <p>De otra parte, es de señalar que si se llegase a identificar la presencia de redes asociadas a servicios públicos (i.e: líneas de gas, acueducto, redes eléctricas) que requieran de su reubicación, se deberá establecer el contacto de manera inmediata con el operador y responsable de la infraestructura existente para solicitar esta reubicación y/o acordar el procedimiento a seguir; en este orden de ideas, ECOPETROL S. A. o sus contratistas no son responsables de ejecutar las labores de retiro y reubicación de este tipo de infraestructura.</p>

ETAPA	SUBETAPA	ESTRATEGIAS DE DESARROLLO ASOCIADAS	ACTIVIDAD	ID	DESCRIPCIÓN
CONSTRUCTIVA (OBRAS CIVILES NECESARIAS)	ADECUACIÓN Y/O CONSTRUCCIÓN DE INFRAESTRUCTURA BÁSICA, APOYO, FACILIDADES DE PRODUCCIÓN Y ELÉCTRICA	ED1, ED2, ED3, ED10, ED11, ED12, ED, ED13, ED14, ED19, E20	Desmante, descapote, rocería y limpieza	A4	Esta actividad corresponde a la remoción de la capa superficial del terreno natural, en un espesor promedio de 25, así como el retiro de tierra vegetal, turba, cieno, material orgánico, palmeras, árboles, arbustos, pasto, raíces y demás materiales de tipo orgánico. En lo posible se removerá la cobertura vegetal existente de pastos y rastrojos, evitando la intervención de áreas boscosas. El material resultante se acumulará en sitios planos ubicados en cercanía de las vías a construir con el fin de utilizarlo en la restauración de las áreas intervenidas. La operación de descapote no se limitará a la sola remoción de las capas superficiales, sino que incluirá la extracción de todas aquellas partes como cepas, y raíces que, en concepto del Interventor, sean inconvenientes para la ejecución del trabajo; estos trabajos de desmante, limpieza y descapote deben respetar obras públicas y estructuras que no estén destinadas a ser demolidas o afectadas según los planos respectivos; las actividades de desmante, descapote, rocería y limpieza se realizarán en las áreas donde se proyecte la ejecución de obras civiles
			Cuneteo, extendido, nivelación y compactación	A5	En lo referente al cuneteado (conformación de cunetas) la misma se debe realizar a lo largo de las áreas donde se realizarán obras civiles asociadas a la adecuación y/o construcción de vías, construcción de infraestructura (i.e: locaciones) e instalación de equipos necesarios para la perforación de pozos, y la adecuación de las ZODMES; esta actividad se realiza una vez realizado el descapote, en aras de preparar el terreno. El material resultante del cuneteado y escarificado (excepto el material vegetal), se extenderá y nivelará con ayuda de la motoniveladora, dándole un bombeo del 2% hacia los costados, posteriormente con el vibro-compactador se le dará la densidad requerida a esta capa de terreno existente, la cual servirá de base para la capa de afirmado.
			Movimiento de tierras (excavación, cortes y rellenos)	A6	Las actividades relacionadas con movimiento de tierras (Excavación, cortes y rellenos) incluyen todas las obras a realizarse en un terreno con el fin de llegar a los niveles o cotas definidos en los diseños, para la conformación final la diferente infraestructura a construir (i.e: vías, locaciones, placas, obras de arte, entre otras); dentro de esta actividad se trata en lo posible de manejar cortes y rellenos compensados. Las excavaciones se pueden clasificar de varias maneras según el tipo de suelo (roca o suelo), profundidad (superficial o profunda), volumen y forma, es decir, si son en zapatas, zanjas, amplias o pozos.
			Construcción de obras para cruces de drenajes (ocupaciones de cauce)	A7	Corresponden a obras de arte e hidráulicas asociadas a la construcción de obras civiles de tipo lineal (i.e: vías, líneas de flujo); en este orden de ideas, en las corrientes de agua se debe conformar obras que puede cruzarlos ya sea de forma perpendicular o diagonal, lo anterior según lo señale los planos de diseño civiles y/o mecánicos. y de manera que mantengan estables las márgenes del cauce (i.e: enrocados y materiales del sitio, eventualmente se pueden requerir gaviones)

ETAPA	SUBETAPA	ESTRATEGIAS DE DESARROLLO ASOCIADAS	ACTIVIDAD	ID	DESCRIPCIÓN
CONSTRUCTIVA (OBRAS CIVILES NECESARIAS)	ADECUACIÓN Y/O CONSTRUCCIÓN DE INFRAESTRUCTURA BÁSICA, APOYO, FACILIDADES DE PRODUCCIÓN Y ELÉCTRICA	ED1, ED2, ED3, ED10, ED11, ED12, ED, ED13, ED14, ED19, E20	Obras para manejo de drenajes, aguas superficiales y aguas aceitosas	A8	En lo referente a obras de drenaje, esta actividad cubija las diferentes labores destinadas realizar un control y manejo de las aguas de escorrentía en procura de evitar la gestación y desarrollo de procesos erosivos que afecten el área donde se realizarán las diferentes obras asociadas a la construcción e instalación de los diferentes componentes que hacen parte integral del proyecto. En este orden de ideas, todas las aguas lluvias que se puedan generar se recogen por medio de cunetas perimetrales, el material previsto para el terminado de las cunetas puede variar al igual que su forma geométrica; estas cunetas reciben el agua de escorrentía y es conducida hacia desarenadores donde se realiza la separación de agua y material recolectado (regularmente se debe hacer limpieza de estos). Seguidamente, el flujo de agua continua su recorrido para ser entregada a drenajes cercanos o al área adyacente.
			Construcción de estructuras en concreto	A9	Corresponde a la construcción, adecuación y/o mantenimiento de obras civiles, asociadas a la cimentación, construcción de infraestructura, soportes y montaje de equipos que hacen parte de la diferente infraestructura a construir
			Estabilización y revegetalización de Taludes	A10	Esta actividad se refiere a la protección de las superficies expuestas de los taludes de corte o terraplén, luego de conseguir su acabado geométrico, ante procesos erosivos generados por agentes como la lluvia, aguas de escorrentía, viento y sol. La estabilización de estos taludes se puede realizar con la implementación de barreras protectoras a lo largo de la cara expuesta del talud, las mismas pueden ser de origen vegetal (i.e: biomantos, hidrosiembra, entre otros) o corresponder a la instalación de obras geotécnicas (i.e: mallas eslabonadas, geomallas, pernos de anclaje, muros de gaviones o de concreto, sub drenes horizontales, obras de arte como cunetas, descoles, zanjas de coronación, entre otras), la selección de unas u otras será definida a partir de las características geotécnicas del área, las cuales serán definidas a partir de estudios geotécnicos realizados específicamente para el área.
			Suministro e instalación de estructuras metálicas	A11	Bajo esta actividad se consignan todas las tareas y/o labores a ejecutar conducentes a la instalación y emplazamiento de estructuras y equipos requeridos para la operación de las diferentes áreas intervenidas a lo largo del proyecto.
			Operación de maquinaria y equipos	A12	La maquinaria y equipo utilizado en trabajos de este tipo, es de carácter especializado para algunas labores que comprende esta etapa de construcción. La maquinaria básica a usarse en caso de requerirse, podrá ser: retroexcavadora, motoniveladora, vibro compactador, volqueta y camión tipo tanque y en caso de necesitarse para movimientos de elementos pesados, un montacargas.

ETAPA	SUBETAPA	ESTRATEGIAS DE DESARROLLO ASOCIADAS	ACTIVIDAD	ID	DESCRIPCIÓN
CONSTRUCTIVA (OBRAS CIVILES NECESARIAS)	CONSTRUCCIÓN DE INFRAESTRUCTURA LINEAL (LÍNEAS DE FLUJO E INFRAESTRUCTURA CONEXA)	ED9	Localización y replanteo	A13	<p>Previo a las actividades de obras civiles asociadas a la construcción de infraestructura básica, de apoyo, líneas de flujo e infraestructura eléctrica se deben realizar los trabajos por la comisión de topografía para determinar la localización planimétrica, altimétrica, a partir de puntos y ejes; de igual manera se determinan las zonas de corte y relleno con sus respectivos chaflanes; todas las anteriores deben quedar debidamente georreferenciadas y materializadas en campo por medio de estacas y/o mojones estables construidos con materiales duraderos (concreto, madera cepillada e inmunizada, puntillas y pintura no lavable de colores fuertes), y así mismo, que sean visibles e identificables para la localización, nivelación y/o verificación de la ubicación de las diferentes excavaciones, rellenos y estructuras. El control de la ubicación de las obras se realiza, de manera que todos los elementos nuevos cuenten con coordenadas que estén sujetas a un sistema de referencia de coordenadas determinado.</p> <p>De otra parte, es de señalar que si se llegase a identificar la presencia de redes asociadas a servicios públicos (i.e: líneas de gas, acueducto, redes eléctricas) que requieran de su reubicación, se deberá establecer el contacto de manera inmediata con el operador y responsable de la infraestructura existente para solicitar esta reubicación y/o acordar el procedimiento a seguir; en este orden de ideas, ECOPETROL S. A. o sus contratistas no son responsables de ejecutar las labores de retiro y reubicación de este tipo de infraestructura.</p>
			Conformación de obras de geotécnicas preliminares y estabilización de taludes	A14	Una vez demarcado el corredor, se plantearán las obras necesarias para la adecuación del derecho de vía, que servirán para retener los materiales provenientes de las remociones realizadas, necesarias para la movilización de maquinaria, equipo y obras referentes a la instalación de las tuberías. Las obras de geotecnia preliminar entre otras serán trinchos en madera, entibados, muros en gaviones y alcantarillas provisionales para el paso de maquinaria a través de los drenajes, esta función de las obras es evitar la afectación de corrientes de agua y suelos
			Apertura y adecuación del derecho de vía	A15	La apertura del derecho de vía comprende la adecuación del corredor para el tránsito seguro de la maquinaria y la realización de los trabajos de instalación de las tuberías, previa construcción de las obras de geotecnia preventivas, el material de corte y descapote extraído de esta labor, se acopiará temporalmente y en forma separada a un lado del derecho de vía utilizando trinchos laterales

ETAPA	SUBETAPA	ESTRATEGIAS DE DESARROLLO ASOCIADAS	ACTIVIDAD	ID	DESCRIPCIÓN
CONSTRUCTIVA (OBRAS CIVILES NECESARIAS)	CONSTRUCCIÓN DE INFRAESTRUCTURA LINEAL (LÍNEAS DE FLUJO E INFRAESTRUCTURA CONEXA)	ED9	Transporte, acopio, tendido de tubería	A16	<p>Luego de tener el derecho de vía conformado, se realizará la movilización de las tuberías, accesorios, soportes y marcos (si aplica) desde los lugares de acopio, para esta movilización se aprovecharán las vías de acceso existente que intercepten con el derecho de vía y desde estos puntos hasta donde finalmente se instalará la tubería, los sitios de acopio que pueden utilizarse en un principio corresponden a las localizaciones existentes.</p> <p>El tendido de las tuberías se realizará sobre soportes de madera, sacos de fique o de polipropileno rellenos de suelo generado durante los movimientos de tierras para evitar el contacto directo con el suelo, la distribución debe hacerse de tal manera que no interfiera el tránsito de vehículos, maquinaria, equipos, personas y animales.</p>
			Alistado de la tubería (Doblado, soldado, sandblasting y pruebas no destructivas de la tubería)	A17	<p>Consiste en primer lugar en ajustar la tubería a los cambios de dirección establecidos en el alineamiento o a los cambios topográficos, para lo cual la comisión de topografía determinará el grado de curvatura para cada tubo con el objetivo de adecuarlo al máximo posible con el fondo de la zanja o a la forma del terreno, este proceso se efectúa en frío, mediante el empleo de una máquina dobladora con la capacidad de impacto apropiada a la clase y resistencia de las tuberías y con la ayuda de la maquinaria apropiada para sostenerla (Side Boom, retroexcavadoras, pluma grúas entre otros)</p> <p>El procedimiento de doblado evitará arrugamientos o deformaciones que afecten los espesores requeridos</p> <p>Luego del proceso de doblado, se realizará una inspección, reparación y limpieza de los extremos de la tubería, para continuar con el procedimiento de alineación, en el que se utilizarán grapas alineadoras y herramientas que faciliten la separación adecuada para iniciar el proceso de soldadura.</p> <p>Luego del proceso de doblado, se realizará una inspección, reparación y limpieza de los extremos de la tubería, para continuar con el procedimiento de alineación, en el que se utilizarán grapas alineadoras y herramientas que faciliten la separación adecuada para iniciar el proceso de soldadura.</p> <p>La operación de soldadura se realiza siguiendo un procedimiento previamente aprobado y probado, el método de calificación certifica no solo la idoneidad del mismo sino la de los soldadores encargados de la aplicación, simultáneamente se realiza una inspección visual del cordón de soldadura para verificar el grado de penetración y acabado de la misma.</p>

ETAPA	SUBETAPA	ESTRATEGIAS DE DESARROLLO ASOCIADAS	ACTIVIDAD	ID	DESCRIPCIÓN
CONSTRUCTIVA (OBRAS CIVILES NECESARIAS)	CONSTRUCCIÓN DE INFRAESTRUCTURA LINEAL (LÍNEAS DE FLUJO E INFRAESTRUCTURA CONEXA)	ED9	Construcción de cruces especiales	A18	<p>Antes de iniciar cualquier actividad relacionada con la adecuación del tramo para la instalación de la tubería sobre la vía, se obtendrá un registro fílmico o fotográfico detallado sobre el estado de la vía y sus obras de arte en el sector de cruce, dicho registro servirá para comparar el estado final de la obra con respecto a lo que se tenía en un principio y definir así las acciones de reconstrucción. Para adelantar estas actividades se deben seguir los siguientes lineamientos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Durante la ejecución de los trabajos se señalizará adecuadamente el sector de cruce de la vía, con el fin de evitar accidentes, se colocarán y operarán durante el tiempo que sea necesario señales informativas y restrictivas, barricadas, vallas de protección, señales luminosas, y acciones de control, que se consideren necesarios para mantener el tránsito y salvaguardar a los usuarios de la vía durante el tiempo que dure la construcción del cruce.</li> <li>• La profundidad de enterramiento de la tubería a lo largo del cruce garantizará que ésta no se vea afectada posteriormente debido a las cargas transmitidas al suelo por el paso de los vehículos.</li> <li>• Inmediatamente terminada la instalación de la tubería, se procederá a reconstruir las estructuras y elementos afectados de la vía, como la capa de rodadura, entre otros.</li> </ul>
			Apertura de zanja, instalación y tapado de tubería	A19	<p>Corresponde a la excavación, conformación y adecuación de la zanja para la instalación de la línea terrada en los tramos que así lo requieran (cruces de vías, broches de fincas, etc.), antes de proceder a ejecutar el trabajo se preparará la tubería en los tramos sobre el derecho de vía existente, sobre un costado del lineamiento proyectado para su instalación, con el fin de utilizar el menor espacio posible durante la ejecución de los trabajos.</p> <p>Prevía a la apertura de la zanja, se replanteará un eje guía para las retroexcavadoras, el material excavado se acordonará separado del material de descapote en el espacio comprendido entre el borde de la zanja y el límite del derecho de vía, conservando una distancia prudencial para evitar el deslizamiento de material al interior de la zanja o el derrumbe de las paredes por efecto del peso del material de excavación dispuesto de forma adyacente, el ancho promedio de la zanja será como mínimo dos veces y medio el diámetro de las tuberías a instalar</p> <p>Antes de instalar la tubería debe verificarse que el fondo de la zanja este perfectamente nivelado a la profundidad establecida en los diseños y libre de rocas o de objetos que puedan deteriorar su recubrimiento, la instalación se realizará de manera gradual y uniforme, con ayuda de malacates, poleas diferenciales o retroexcavadoras, de manera que se distribuya uniformemente el peso de esta y quede completamente apoyada en el fondo de la zanja, la tubería se dispondrá sobre sacos de fique rellenos de suelo colocados en el fondo de la zanja.</p> <p>La zanja se llenará después de bajadas las tuberías con el material procedente de la excavación, libre de materia orgánica o de suelos muy húmedos o blandos, el relleno deberá ser terminado extendiendo el material, a una altura de 20cm por encima del nivel del terreno adyacente y compactando con ayuda del buldócer cual pasara sobre el relleno mínimo 3 veces.</p>

ETAPA	SUBETAPA	ESTRATEGIAS DE DESARROLLO ASOCIADAS	ACTIVIDAD	ID	DESCRIPCIÓN
CONSTRUCTIVA (OBRAS CIVILES NECESARIAS)	CONSTRUCCIÓN DE INFRAESTRUCTURA LINEAL (LÍNEAS DE FLUJO E INFRAESTRUCTURA CONEXA)	ED9	Instalación estructuras sobre marcos H	A20	Comprende la instalación de estructuras metálicas o marcos H: comprende la ubicación sobre los cimientos, izado, alineación vertical y apuntalamiento temporal de las estructuras metálicas o marcos H que servirán de soporte para los cables y líneas de flujo.
			Cruces cuerpos de agua	A21	<p><b>Cruces aéreos:</b> Las estructuras construidas para el paso aéreo de las líneas de flujo a través de corrientes de agua, generalmente corresponden a puentes colgantes o a cerchas de apoyo para luces mayores de 20m. En otro caso, para cruces con luces menores a 20m se utilizan marcos "H" en ambas márgenes de la corriente, este tipo de estructuras se caracterizan por cimentarse en terrenos firmes por fuera del cauce activo de la corriente, lo que genera una mínima afectación de la misma ya que no es necesario realizar desvíos temporales o intervención del flujo de agua través del método de perforación horizontal dirigida.</p> <p><b>Excavación a cielo abierto:</b> Este procedimiento comprende la intervención directa de la corriente mediante la excavación de una zanja en el lecho del cauce, generalmente de forma perpendicular al flujo de agua, en la cual se instala la tubería a una profundidad por debajo del nivel de socavación.</p> <p><b>Perforación Horizontal Dirigida:</b> Este procedimiento implica la perforación de un túnel por debajo del lecho de la corriente a cruzar, de tal manera que no se realiza intervención directa del cauce ni del flujo de agua.</p> <p><b>Cruce de cuerpos de agua con tubería flexible:</b> La instalación de la tubería flexible en cruces a cuerpos de agua se realizará encamisada a través de conductos de acero o de cerchas metálicas.</p>
			Pruebas hidrostáticas y/o neumáticas	A22	<p>Se realizará la prueba hidrostática al tendido de la línea de flujo, cumpliendo con las normas planteadas en API-1110: "Recommended Practices for Pressure Testing of Liquid Petroleum Pipelines", el agua para la prueba hidrostática será tomada de los puntos de captación a solicitar dentro del presente EIA</p> <p>Las actividades comprendidas durante la realización de la prueba son:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Llenado, venteo y presurizado hasta alcanzar el 20% de la presión de prueba.</li> <li>• Se mantiene esta presión por un lapso de 1 hora para detectar posibles fugas, si las hay, se baja la presión a cero y se corrigen las fugas</li> <li>• Se eleva la presión al 50% de la presión de prueba, y se mantiene dicha presión por el lapso de una hora.</li> <li>• Se sube la presión al 90% de la presión de prueba y se mantiene por un lapso de media hora.</li> </ul>



ETAPA	SUBETAPA	ESTRATEGIAS DE DESARROLLO ASOCIADAS	ACTIVIDAD	ID	DESCRIPCIÓN
CONSTRUCTIVA (OBRAS CIVILES NECESARIAS)	CONSTRUCCIÓN DE INFRAESTRUCTURA LINEAL (LÍNEAS DE FLUJO E INFRAESTRUCTURA CONEXA)	ED90C VXC MJ.L[ * P3F 7JK8+* /965  8'09876543Z2 /98- +7+'po91e233 6lkjhugy sa<<76543233241	1		<p>• Finalmente se sube la presión al 100% de la presión de prueba y se mantiene por un lapso no inferior a 12 horas.</p> <p>El agua residual de la prueba hidrostática se llevará hasta las piscinas de tratamiento del pozo y se le dará el tratamiento que tenga implementado el campo, para ser dispuesta posteriormente en los puntos otorgados para esta actividad por la autoridad ambiental.</p> <p>En el caso de la prueba neumática, la misma consiste en llenar el volumen a verificar con aire seco o un gas inerte (Nitrógeno) y presionar a 1.25 veces a la presión de operación o la que se determine para el caso a revisar. Se debe aplicar una prueba de presión preliminar de 25 psi y mantenerla durante 10 minutos, para permitir localizar las fugas más importantes. Si se presenta fugas durante este paso se deberá despresurizar y reparar la falla, inspeccionar y volver a realizar el paso anterior, tal como lo establece la Norma ANSI B31.1 numeral 137.5.4 Preliminary Test. Se deberá aplicar incrementos lentos de presión de 25 Psi hasta alcanzar 1.25% de la Presión de Operaciones y en cada incremento se debe mantener la presión durante 5 minutos para permitir la estabilización del sistema. Cuando se alcance la presión de prueba, mantenerla durante 10 minutos y observar si existen fugas. Después de estos 10 minutos se comienza a registrar la prueba durante un periodo no menor de 2 horas</p> <p>Se deberá contar con manómetros, termómetros, manógrafos y termógrafos, calibrados y certificados. Por ser esta una prueba neumática se deberá colocar una válvula de seguridad calibrada a la presión de prueba más 50 psi o 10% de la presión de prueba (el menor de ambos) y tomar todas las medidas de seguridad necesarias</p> <p>Posteriormente a la prueba de presión y aprobación de limpieza de la tubería y accesorios, deberá sellarse los extremos y futuras conexiones, se llenará con gas inerte y se dejará presurizado mínimo a 10 psi, se coloca un manómetro para estar monitoreando esta presión</p> <p>Los registros de Prueba Neumática se deben mantener según los requisitos del ANSI/ASME B 31.4, B31.3 y B31.1. y serán realizadas según lo definido en las normas en el ASME / ANSI 31.1 137.5 Neumatic testing</p>

ETAPA	SUBETAPA	ESTRATEGIAS DE DESARROLLO ASOCIADAS	ACTIVIDAD	ID	DESCRIPCIÓN
CONSTRUCTIVA (OBRAS CIVILES NECESARIAS)	CONSTRUCCIÓN DE INFRAESTRUCTURA ELÉCTRICA (REDES, CENTROS DE MANIOBRA, CENTROS DE DISTRIBUCIÓN, SUBESTACIONES, E INFRAESTRUCTURA CONEXA)	ED15, ED16, ED17, ED18	Despeje de servidumbre para el tendido e izado del conductor	A23	<p>Para el tendido e izado del conductor se requiere el despeje del material vegetal (arbustivo) presente en la franja de servidumbre que pueda llegar a interferir con la construcción u operación de la línea eléctrica, de forma que permita las labores de tendido del conductor y cable de guarda, y no genere acercamientos (romper la distancia de seguridad) durante la etapa operativa, hecho que depende del tipo y altura de la vegetación.</p> <p>La trocha de despeje de vegetación estará ubicada dentro de la franja de servidumbre y su ancho dependerá del tipo de vegetación, alto y ancho de copa, topografía del terreno, distancias de seguridad entre la copa de los árboles y el conductor más bajo.</p>
			Transporte, hincado, plomado y cimentado de estructuras de apoyo (incluye instalación del sistema de puesta a tierra)	A24	<p>El transporte se realizará desde el patio de acopio o almacenamiento hasta el sitio de montaje de todos los elementos constructivos requeridos para el montaje, y se realizará una inspección de las excavaciones por parte del técnico liniero. Posteriormente el hincado de los postes se realizará con la ayuda mecánica del camión grúa, retroexcavadora de oruga o pluma de anclaje.</p> <p>El técnico liniero realizará el plomado de los postes con ayuda de los obreros, y asegurará el poste por medio de bloques para proceder con la cimentación. Una vez plomado el poste se aplicará una mezcla de concreto de 2500 psi, de tal forma que permita una cimentación desde la base hasta nivel de terreno.</p>
			Construcción e instalación de anclajes y templetes, línea y cables de guarda (incluye tendido y tensionado)	A25	<p>La construcción de anclajes y templetes iniciará con la excavación manual, cimentación del anclaje con la varilla de 5/8"x 2.4m.</p> <p>El técnico liniero procederá con el armado de los respectivos templetes de acuerdo con los diseños entregados por la compañía, realizando el acceso a la estructura para proceder con encuallado de los mismos, y posteriormente asegurarlos a las varillas de anclajes para realizar retención de los templetes. El tensionado de estos se realizará con ayuda de herramienta mecánica. En lo referente al tendido y tensionado los técnicos electricistas realizarán el accenso a las estructuras y quedarán a la espera del tendido de los conductores. En piso el supervisor electricista con ayuda de los auxiliares electricistas y obreros realizará el tendido de los conductores entre las estructuras de retención.</p> <p>Los técnicos linieros realizarán el aseguramiento y tensionado de los conductores de cada una de las fases y la guarda. Posteriormente, el técnico electricista procede a descender mediante el camión canasta.</p>

ETAPA	SUBETAPA	ESTRATEGIAS DE DESARROLLO ASOCIADAS	ACTIVIDAD	ID	DESCRIPCIÓN
OPERATIVA	PERFORACIÓN DE POZOS EXPLORATORIOS (NEAR FIELD), PRODUCTORES E INYECTORES	ED4, ED5, ED6, ED7, ED21, ED22	Montaje de equipos de perforación	A26	<p>Actividad que cobija las labores asociadas a la instalación y puesta en funcionamiento de los equipos e infraestructura necesaria para el funcionamiento normal del taladro y de esta manera permitir la realización normal de la actividad de perforación; en este orden de ideas los equipos utilizados para la perforación de pozos se dividen en seis (6) sistemas básicos así: Potencia, levantamiento, rotación, generación de energía, circulación y control de sólidos.</p> <p>En lo referente a la generación de energía eléctrica necesaria para la operación del taladro y equipos accesorios, así como para suplir con la demanda de este recurso en el campamento, oficinas, casino, entre otros será suministrada por generadores eléctricos alimentados por combustible (tipo Diésel) los cuales se localizarán alejados bajo una estructura metálica con una cubierta de zinc (para protegerlos de las diferentes condiciones climáticas i.e: lluvia)</p>
			Perforación, completamiento y operación del pozo		<p>Esta etapa cobija las diferentes actividades a ejecutar, asociadas a la perforación de los pozos proyectados, independiente de si el mismo presenta volúmenes de recobro para ser destinados a ser pozos productores o si por el contrario se taponan y abandonan. Esta actividad aplica para pozos exploratorios, pozos de desarrollo, pozos inyectoros, pozos productores, pozos estratigráficos, pozos captadores, pozos monitores y re-perforación de pozos abandonados; la ejecución de esta actividad cobija la ejecución de las siguientes labores adicionales</p> <p>Las pruebas de producción son conocidas como Well Testing, mediante las cuales se determina el potencial inicial del pozo. Estas pruebas tendrán una duración de una (1) hasta cuatro (4) semanas (un mes); se realizan una vez sea seleccionado e instalado el completamiento y tienen además el objetivo de determinar el tipo y volumen de fluidos presentes en la formación, y sus principales características como el porcentaje de agua y sedimentos (BS&amp;W), la relación Gas-Aceite (GOR), la gravedad API, la salinidad del agua, el potencial de producción del pozo, los niveles o comportamiento de las presiones existentes en el yacimiento y las características de la formación.</p> <p>• Registro: Medición, en función de la profundidad o del tiempo, o de ambos parámetros, de una o más magnitudes físicas en o alrededor de un pozo. Los registros con cable se obtienen en el fondo del pozo, se transmiten a través de un cable a la superficie y allí se registran. Los registros de mediciones durante la perforación (MWD) y los registros adquiridos durante la perforación (LWD) también se obtienen en el fondo del pozo y son transmitidos a la superficie mediante pulsos de lodo, o bien se registran en el fondo del pozo y se recuperan posteriormente cuando el instrumento se lleva a la superficie. Los registros de lodo que describen muestras de recortes perforados se obtienen y se registran en la superficie.</p>

ETAPA	SUBETAPA	ESTRATEGIAS DE DESARROLLO ASOCIADAS	ACTIVIDAD	ID	DESCRIPCIÓN
OPERATIVA	PERFORACIÓN DE POZOS EXPLORATORIOS (NEAR FIELD), PRODUCTORES E INYECTORES	ED4, ED5, ED6, ED7, ED21, ED22	Perforación, completamiento y operación del pozo	A27	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Corazonamiento: Es la operación a través de la cual se obtiene un cilindro continuo de roca de la formación (corazón o núcleo) a través de un medio mecánico como sea posible sin alterar o en lo más mínimo dañar sus propiedades. El corazón proporciona una de las fuentes de información más valiosa sobre las características litológicas y contenido de fluidos de un yacimiento. El objetivo de corazonar es traer del fondo del pozo una muestra de la formación de interés, junto con los fluidos a la superficie en estado inalterado, conservándolo y transportándolo a un laboratorio para su análisis.</li> <li>• Cañoneo: Actividad en la que se retira toda la sarta del pozo, se cambia el fluido del pozo (crudo con agua) por fluido de control (salmuera inhibida) y mediante cargas explosivas se abren nuevas perforaciones a través de la tubería de revestimiento y el cemento para establecer comunicación entre el pozo y las formaciones productoras</li> <li>• Completamiento: Es la configuración de equipos en subsuelo (tuberías de producción y/o inyección) y superficie (sistema de levantamiento) necesaria para conducir los fluidos del yacimiento a superficie de forma controlada y segura. Para hacer el diseño adecuado del completamiento se debe tener en cuenta características de producción del pozo, las tasas de producción y las condiciones mecánicas y de yacimiento de este (características de la roca, anticipar condiciones de operación como presiones y temperaturas, entre otras).</li> </ul>
			Manejo, tratamiento, transporte y disposición final de lodos y cortes de perforación	A28	<p>El tipo de lodo a utilizar en lo posible será base agua o en caso excepcional lodos base aceite, la composición de los lodos base agua, serán compuestos orgánicos e inorgánicos, en el caso de los compuestos orgánicos está principalmente la Bentonita que es una arcilla de origen natural y los inorgánicos serán a base de diferentes clases de polímeros</p> <p>Una vez los cortes se encuentran en la superficie son separados del lodo mediante el equipo de control de sólidos con que cuenta el taladro (Saranda, desilter, desander, mud cleaner) y por la compañía contratista de tratamiento de cortes de perforación (centrifugas, tornillo sinfín y catch tank). Una vez el lodo se encuentra libre de rípios, se recircula de nuevo al hueco generando un sistema cerrado de operación, cuando el lodo se encuentra contaminado o sus propiedades ya no pueden ser ajustadas, se desecha para su tratamiento y disposición final. En el caso de emplearse lodos base aceite en la perforación de algún pozo, el programa de cierre de piscinas de lodos tendrá un manejo especial, dado que se tratarán primero los residuos para posterior cierre de la piscina.</p> <p>Los lodos una vez salen del pozo aumentan su porcentaje de sólidos por lo que se pasan por el sistema de control de sólidos, luego el lodo se reincorpora al sistema y la descarga sólida cae en un catch tank, de donde son sacados y llevados a contenedores temporales dentro de localizaciones existentes para ser tratados y estabilizados con Cal viva y luego ser llevados y dispuestos en zonas adecuadas y aprobadas para tal fin o suministrados a terceros para su manejo y disposición siempre y cuando cuenten con los permisos ambientales y legales para la ejecución de este tipo de actividad.</p>

ETAPA	SUBETAPA	ESTRATEGIAS DE DESARROLLO ASOCIADAS	ACTIVIDAD	ID	DESCRIPCIÓN
OPERATIVA	PRUEBAS DE PRODUCCIÓN	ED4, ED5, ED6, ED7	Instalación y operación de facilidades de producción	A29	Al interior del área que hace parte del Llanos 141 se proyecta la construcción de facilidades de producción, las cuales comprenden el conjunto de procesos, materiales, equipos y/o elementos requeridos en superficie para la recolección, separación, tratamiento, medición, y despacho de los fluidos producidos; así como la caracterización y medición de cada uno de los fluidos provenientes de los pozos productores (Crudo, Gas, Agua de Producción). La construcción de este tipo de infraestructura se realizará respetando lo estipulado por la zonificación de manejo ambiental
			Transporte, separación y manejo de fluidos	A30	La movilización de crudo desde la locación a las facilidades de producción se realizará de manera terrestre, en vehículos que cumplan con las necesidades del fluido a transportar dentro de los cuales se pueden utilizar tracto camiones con tanques, dichos vehículos se movilizarán por las vías que se identificaron para el proyecto y que sean objeto de uso, o por medio de líneas de flujo a construir que conectaran las diferentes locaciones y facilidades proyectadas en el área.
			Operación de Tea	A31	Tiene como propósito la instalación de un quemador que permite liberar de forma controlada y segura los gases residuales resultantes de las actividades asociadas a la recolección, separación y tratamiento de fluidos durante la etapa de producción del campo; de manera que se controle la presión y se eviten explosiones, así como disminuir el impacto por gases inquemados.
	INYECCIÓN	ED8	Instalación y operación de facilidades de inyección	A32	Actividad que busca incrementar el factor de recobro del Campo, con el suministro de energía, dando continuidad a la explotación del yacimiento, ya que con recuperación primaria no es suficiente, para reincorporar las reservas existentes en el yacimiento. Esta prueba técnica es la fase inicial de la evaluación del yacimiento, ya que es necesario implementar patrones adicionales con menores espaciamientos (20 acres). Con la ejecución de esta actividad se busca establecer el comportamiento de la admisibilidad que pueda tener la formación productora de hidrocarburos y su objetivo es poder definir el potencial estabilizado de inyección a determinadas condiciones de presión de operación; adicionalmente se busca la factibilidad técnico económico de la ejecución de la estrategia a nivel de masificación, y conocer de manera preliminar el comportamiento de este proceso en todos sus frentes incluyendo los aspectos ambientales.

ETAPA	SUBETAPA	ESTRATEGIAS DE DESARROLLO ASOCIADAS	ACTIVIDAD	ID	DESCRIPCIÓN
OPERATIVA	PRUEBAS DE PRODUCCIÓN	ED8	Instalación y operación de facilidades de inyección	A32	<p>En el Sistema de tratamiento de aguas de producción (STAP) de la Estación Castilla 2 se busca disminuir la carga contaminante del agua de producción, con el fin de cumplir con la normatividad ambiental vigente (Decreto 1594/ 84 o aquel que lo modifique o sustituya) para su vertimiento vía inyección. El agua de producción tratada se envía por una línea de flujo hasta el pozo de reinyección Disposal. Previo al envío del fluido hasta el pozo de reinyección se debe hacer adición de los siguientes químicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Inhibidor de incrustaciones Biocida</li> <li>- Secuestrante de oxígeno</li> <li>- Inhibidor de corrosión</li> </ul> <p>Como infraestructura mínima necesaria para esta actividad se considera: Torres de enfriamiento, Piscinas de aspersión, Piscinas de estabilización y Lechos de secado</p>
			Conversión de pozos	A33	<p>Contempla el mantenimiento, aumento de productividad, el cambio o ajuste del sistema de levantamiento artificial – SLA, la conversión entre otros, tanto para los pozos existentes como para los proyectados. Esta conversión se realiza en caso de que los pozos perforados no resulten productores, se puedan utilizar para inyección (recobro mejorado, recuperación terciaria o disposal).</p>
	MANTENIMIENTO	ED1, ED4, ED5, ED6, ED7, ED8, ED9, ED15, ED16, ED17, ED18	Mantenimiento, Rehabilitación y/o Mejoramiento de vías de acceso	A34	<p>Actividad que contempla la ejecución de labores destinadas a mantener las características de operabilidad y transitabilidad de las vías utilizadas por el proyecto, lo anterior con el fin de asegurar el flujo normal de vehículos con personal, equipos, materiales y fluidos hacia y desde la locación objeto de intervención; este mantenimiento se centra en la inspección, limpieza y reparación de obras de drenaje como lo propio para la capa de rodadura y mantenimiento de señalización; es de señalar que actividades que comprendan un cambio en las especificaciones técnicas de la vía como son cambio en la superficie de rodadura, cambios en los radios de giro y sobreanchos no son consideradas como actividades de mantenimiento sino de adecuación de vías.</p>
			Mantenimiento y trabajos de pozo	A35	<p>Consistente en trabajos efectuados en un pozo durante su vida activa, con el fin de mantener su productividad, integridad o inyectividad, tales como cambio de equipos, elementos o materiales fallados del sistema de levantamiento o completamiento de inyección - cambio de varillas, cambio de tubería, cambio de bomba, cambio de empaques, cambio de válvulas inyectoras, cambios por optimización de desempeño en equipo, elementos o materiales del sistema de levantamiento o completamiento de inyección, toma de registros de evaluación, limpiezas de revestimiento, limpiezas de arena, cambio de cabezal del pozo, cambios de equipo y facilidades de superficie.</p>

ETAPA	SUBETAPA	ESTRATEGIAS DE DESARROLLO ASOCIADAS	ACTIVIDAD	ID	DESCRIPCIÓN
OPERATIVA	MANTENIMIENTO	ED1, ED4, ED5, ED6, ED7, ED8, ED9, ED15, ED16, ED17, ED18	Operación y mantenimiento líneas de flujo, válvulas y accesorios	A36	<p>Actividades a realizar con el objetivo de asegurar las condiciones de adecuadas para el funcionamiento de las líneas por las que se transportan los diferentes tipos de flujo que son generados a lo largo del campo, el plan de mantenimiento se realiza en dos fases: la primera de estas fases corresponde a la etapa de operación y mantenimiento preventivo y la segunda fase corresponde a la fase de mantenimiento correctivo que puede incluir el remplazo de tubería</p> <p>- Mantenimiento preventivo: comprende la instalación y soldadura de tubería, construcción y/o reposición de soportes metálicos para tubería, construcción y/o reposición de protección mecánica para tubería, mantenimiento de válvulas, excavaciones y rellenos manuales o mecánicos, demolición de concretos, desplazamiento de fluidos en tubería, desmonte, descapote, rocería y limpieza del derecho de vía, entre otros.</p> <p>- Mantenimiento correctivo: comprende la reposición de facilidades y/o accesorios en tuberías (top happing), y la reposición de tubería</p>
			Mantenimiento de facilidades e infraestructura asociada a generación de energía eléctrica	A37	Actividad que contempla la ejecución de labores destinadas a mantener las características de operabilidad de las facilidades e infraestructura asociada a la generación de energía eléctrica; el mantenimiento incluye trabajos como: mantenimiento de áreas, limpieza, mantenimiento de equipos, la reparación y/o remplazo de equipos e infraestructura.
			Mantenimiento de infraestructura eléctrica	A38	Actividad que contempla la ejecución de labores destinadas a mantener las características de operabilidad de la infraestructura eléctrica; el mantenimiento incluye trabajos como: mantenimiento de áreas, limpieza, mantenimiento de equipos, la reparación y/o remplazo de equipos, podas y limpieza del DDV. Es de señalar que durante esta actividad no se realizará intervención de áreas ni aprovechamiento de recursos naturales adicionales (i.e: aprovechamiento forestal).
	GENERACIÓN Y OPERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	ED15, ED16, ED17, ED18	Generación de energía eléctrica asociada a fuente fotovoltaica	A39	<p>En el marco de los compromisos de reducción de emisiones, descarbonización y economía circular, se identifica la posibilidad de construir y operar diferente tipo de infraestructura conducente a la generación de energía eléctrica para satisfacer las necesidades del campo en este sentido se contempla:</p> <p>- Planta solar fotovoltaica con una capacidad de 18,75 MW como un generador de autoconsumo, la energía que allí se produzca sería llevada a los centros de consumo del Llanos 141 a través de líneas eléctricas cuyo nivel de tensión (115 kV y/o 34,5 kV) dependerá de la infraestructura a alimentar y/o interconectar. Se estima que el área requerida para la planta solar atienda una densidad de energía de 1,5 ha/MWp; en este sentido, el área requerida por la estrategia se estima en 45 ha que podrían estar distribuidas en el campo, es decir, que las 15 ha podrán distribuirse en el campo solventando parcialmente la demanda e interconectándose entre sí, sin ser una única instalación en una única extensión de área.</p>



ETAPA	SUBETAPA	ESTRATEGIAS DE DESARROLLO ASOCIADAS	ACTIVIDAD	ID	DESCRIPCIÓN
OPERATIVA	GENERACIÓN Y OPERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	ED15, ED16, ED17, ED18	Generación de energía eléctrica asociada a fuente geotérmica	A40	En el marco de los compromisos de reducción de emisiones, descarbonización y economía circular, se identifica la posibilidad de construir y operar diferente tipo de infraestructura conducente a la generación de energía eléctrica para satisfacer las necesidades del campo en este sentido se contempla: - Generación geotérmica, prueba tecnológica, de aprovechamiento de calor, en tres líneas: 1. Aprovechamiento de calor de agua de producción o vapor de agua que surge bajo presión desde el subsuelo (baja entalpía). 2. Aprovechamiento de mediana entalpía a partir de clústeres existentes. 3. Perforación de pozo para aprovechamiento de la alta entalpía para uso de calor y generación de energía eléctrica.
			Operación de la central de generación y subestaciones	A41	Las actividades de explotación de hidrocarburos, requieren de una infraestructura eléctrica capaz de suplir los requerimientos de energía para la ejecución de los procesos, en este orden de ideas, dentro de esta estrategia se incluye la instalación y puesta en funcionamiento de centros de maniobra, centros de distribución y/o subestaciones eléctricas que garanticen el adecuado suministro, distribución y transmisión de energía hacia las diferentes áreas del campo
DESMANTELAMIENTO, ABANDONO Y RESTAURACIÓN		Aplica para la ejecución de todas las estrategias de desarrollo	Desmantelamiento de instalaciones, retiro de infraestructura, equipos y salida del área	A42	El abandono de la infraestructura se realiza una vez terminadas las actividades en las mismas. De otra parte el cierre definitivo de la operación se debe presentar una evaluación técnica, económica, social que permitirá evaluar si se abandona o se desmantela y en cuanto líneas eléctricas se buscará como primera medida el comisionamiento de líneas de transmisión eléctrica a las empresas prestadoras de este servicio público, en el caso de no ser posible se deberá desmontar y retirar de la zona todos aquellos equipos, materiales y estructuras utilizadas para el desarrollo de la actividad de transporte de energía eléctrica y dejar la zona en condiciones iguales o mejores a las encontradas antes de su construcción. El desmantelamiento estará a cargo de cada una de las compañías de servicios especializados que hacen parte del proyecto y el seguimiento lo realizará Ecopetrol S.A. a través de la Interventoría técnica y ambiental.
			Cierre de piscinas y abandono de áreas para manejo de lodos y cortes de perforación	A43	Luego de finalizadas las actividades de perforación se iniciará la clausura de las piscinas, siempre y cuando, no se contemple la perforación de nuevos pozos en la locación, ya que las mismas corresponden a estructuras construidas con anterioridad. Si en las piscinas se encuentra almacenado algún tipo de residuo, se le dará el manejo y tratamiento según lo consignado y definido en el Capítulo 4, Ficha asociada al Manejo de Residuos Sólidos Domésticos, Industriales y Especiales del presente EIA. Para la clausura de las piscinas de tratamiento de aguas se realizará como primera medida la evacuación total del agua allí presente, verificando previamente el cumplimiento de los parámetros establecidos en el Decreto 1594 de 1984 o la norma que lo sustituya o modifique (Decreto 3930 de 2010 y su resolución reglamentaria); finalmente, y si no se contempla la perforación de nuevos pozos en la locación, se realizará el cierre mediante relleno con la corte base agua estabilizados, material sobrante de excavación, relleno u otro material inerte que permita una adecuada compactación, luego de completar el relleno de las piscinas, se compactará y perfilará el terreno al nivel de la cota de explanación y se procederá a revegetar el terreno con especies herbáceas y/o gramíneas.

ETAPA	SUBETAPA	ESTRATEGIAS DE DESARROLLO ASOCIADAS	ACTIVIDAD	ID	DESCRIPCIÓN
DESMANTELAMIENTO, ABANDONO Y RESTAURACIÓN		Aplica para la ejecución de todas las estrategias de desarrollo	Cierre y abandono del pozo y contrapozo		<p>El taponamiento y abandono de un pozo corresponde a la fase final del ciclo de vida de un pozo y consiste en establecer las barreras permanentes dentro del pozo, de tal forma que se conserve la integridad de este, lo anterior con la perspectiva de la no re-entrada futura al pozo.</p> <p>En este orden de ideas, un pozo es abandonado cuando se presenta cualquiera de las siguientes condiciones: pozos secos, con daño mecánico o que no cumplan con los requisitos de desarrollo y explotación económica o cuando por orden o consideración técnica, por parte del Ministerio de Minas y Energía, este deba ser abandonado; también cuando durante la perforación del pozo se encuentra con zonas acuíferas y el objetivo es otro, caso en el cual se debe hacer la terminación y abandono de pozo, de tal forma que en el futuro, pueda ser usado para otro fin, en caso de requerirse.</p> <p>Los lineamientos descritos a continuación son aplicables al abandono, temporal y definitivo, de pozos exploratorios, de desarrollo, productores y/o inyectoros. Para esto, Ecopetrol S.A. ha desarrollado la Guía para la desincorporación de Activos de Producción IDA-G-010 (2020) (A.5_Desmantelamiento_Abandono), en consideración de la normatividad técnica del Ministerio de Minas y Energía (Resolución 40048 de 2015) y la Agencia Nacional de Hidrocarburos.</p> <p>Las consideraciones para abandono de pozos son presentadas de manera general puesto que cada pozo es un caso particular y debe ser planeado de acuerdo con las características de este y consideraciones técnicas requeridas (ECOPETROL S.A., 2020), sin embargo, de manera integral el Plan de Abandono, ampara las actividades correspondientes a la desincorporación de activos.</p> <p>Para un adecuado diseño de abandono del pozo se considerará como mínimo los siguientes insumos para una correcta ubicación y diseño de las barreras (ECOPETROL S.A., 2020):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificar todas las formaciones expuestas a flujo en el momento del abandono del pozo y las formaciones adyacentes como sellos naturales y formaciones con potencial de influjo futuro.</li> <li>• Identificar el estado del pozo en el momento del abandono: estado de los revestimientos, cementación original, “sidetracks”, pescados, restricciones, desgastes, colapsos, fracturas, corrosión, etc.</li> <li>• Identificación de potenciales puntos de fuga en elementos del completamiento.</li> <li>• Análisis previo de presencia de presiones en los anulares. Realizar una prueba de drenaje y reconstrucción de presión para diagnosticar el problema, si es el caso y realizar todas las actividades que sean necesarias, para determinar la fuente.</li> </ul>

ETAPA	SUBETAPA	ESTRATEGIAS DE DESARROLLO ASOCIADAS	ACTIVIDAD	ID	DESCRIPCIÓN
DESMANTELAMIENTO, ABANDONO Y RESTAURACIÓN		Aplica para la ejecución de todas las estrategias de desarrollo	Cierre y abandono del pozo y contrapozo	A44	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fuerzas tectónicas y sismicidad.</li> <li>Identificar presión y temperatura actual del yacimiento.</li> <li>Proyectos futuros EOR de los yacimientos, tales como proyectos térmicos.</li> <li>Tipos de fluidos existentes en el yacimiento.</li> <li>Registros de Cementación y cualquier otro dato sobre la integridad durante la vida del pozo.</li> </ul> <p>Así las cosas y si por cualquier eventualidad o decisión por parte de la operación, se decida el taponamiento y abandono del pozo perforado, este se realizará siguiendo como mínimo las siguientes consideraciones generales.</p>
			Desmante y demolición de infraestructura	A45	<p>Esta actividad involucra el retiro de todo material o estructura en concreto existente, estos materiales serán llevados a escombreras (caso de materiales de demolición) en la zona y que cuenten con los permisos ambientales y legales correspondientes y vigentes para la ejecución de este tipo de actividad. En el área se deberán conservar aquellas estructuras cuya remoción pueda implicar la generación de procesos erosivos o de inestabilidad manejo de aguas lluvias, descoles y en general todas aquellas estructuras que hacen parte de los sistemas de drenaje. En lo referente a las demoliciones, estas se realizarán acorde a las siguientes consideraciones</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>La demolición se realizará en la infraestructura que no se requiera para actividades posteriores.</li> <li>Trampas de grasas temporales: Se retirarán las trampas de grasas temporales de los sistemas de cunetas y colectores, limpiándolas</li> <li>Trampas de grasas fijas: Se efectuará la limpieza de las trampas de grasas y se llevarán los residuos a disposición final por un tercero. Se evacuarán las aguas, se sellarán los drenajes y se rellenarán las trampas con material de excavación o se procederá a su demolición, si es necesario.</li> <li>Canales y cunetas revestidas: Se iniciará con la demolición de las zonas duras (Suelo-cemento o concreto) y cunetas revestidas. Todas las excavaciones que se hayan realizado deberán ser rellenas, conformadas y revegetalizadas, si es posible.</li> </ul>

ETAPA	SUBETAPA	ESTRATEGIAS DE DESARROLLO ASOCIADAS	ACTIVIDAD	ID	DESCRIPCIÓN
DESMANTELAMIENTO, ABANDONO Y RESTAURACIÓN		Aplica para la ejecución de todas las estrategias de desarrollo	Limpieza de áreas	A46	<p>Esta actividad involucra el retiro de todo material generado durante el desmantelamiento y demolición de infraestructura existente, estos materiales serán llevados a sitios donde serán almacenados (i.e: equipos, tuberías entre otros) o escombreras (caso de materiales de demolición). Para la ejecución de esta actividad se listan las siguientes recomendaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Una vez desmontados los equipos, cada una de las compañías contratistas deberá recolectar los residuos por ellas generados y ubicarlos en los sitios definidos</li> <li>• Concluido el desmantelamiento se hará una inspección detallada del área para evaluar las necesidades y el alcance de la limpieza y la restauración ambiental, labores que se realizarán lo más pronto posible.</li> <li>• Se realizará una limpieza general del área, retirando escombros y residuos generados por las actividades de desmantelamiento.</li> <li>• La chatarra acumulada durante la etapa de desmantelamiento deberá ser evacuada por cada contratista para su disposición final.</li> <li>• La misma inspección visual servirá para detectar los efectos ambientales producidos por la construcción y evaluará la efectividad de las medidas ambientales de restauración que se hayan aplicado durante el trabajo.</li> </ul>
			Reconformación del terreno, empedrado y/o revegetalización	A47	<p>Esta actividad propende por establecer en lo posible, las condiciones ambientales originales en las que se encontraba el sector antes de su intervención por parte del proyecto a desarrollar. Ya que, al realizar, actividades como el desmonte y descapote, excavaciones, entre otras; componentes como el suelo y la vegetación se ven afectados. En este orden de ideas, se hace necesario establecer una serie de acciones encaminadas a restablecer las condiciones originales los componentes afectados.</p> <p>La caracterización de las condiciones originales de los sitios a intervenir, previamente debe ser identificada, con el propósito de que al momento de realizar la actividad de restauración paisajística estas características originales sean tomadas en cuenta, es así como, la profundidad de los horizontes del suelo intervenidos, los tipos de horizontes intervenidos, la composición y profundidad de la capa orgánica existente y el muestreo de la vegetación herbácea y arbustiva presente deben ser identificados y considerados</p> <p>Para la revegetalización de la cobertura herbácea dependiendo de las condiciones ambientales, de humedad, temperatura, lluvias etc., si dichas condiciones son favorables para que exista revegetalización natural se dejara que haya sucesiones naturales, si de lo contrario dichas condiciones no son favorables, se realizará una revegetalización de manera inducida a todas aquellas áreas que así lo requieran con el fin de no dejar descubierto el suelo. La recuperación paisajística de las áreas afectadas procurará restaurar los atributos estructurales del paisaje como la densidad de la vegetación, la heterogeneidad cromática y la composición escénica. La revegetalización en lo posible se realizará con especies nativas</p>

ETAPA	SUBETAPA	ESTRATEGIAS DE DESARROLLO ASOCIADAS	ACTIVIDAD	ID	DESCRIPCIÓN
DESMANTELAMIENTO, ABANDONO Y RESTAURACIÓN		Aplica para la ejecución de todas las estrategias de desarrollo	Cierre de compromisos sociales y ambientales	A48	<p>Esta actividad se realizará al finalizar la totalidad de las operaciones en el Campo. Su principal objetivo de gestión social es contar con una permanente, oportuna y veraz relación entre ECOPETROL S.A., las comunidades de las áreas de influencia y las autoridades locales, así como informar a estos autores con la socialización del cierre y cese de actividades mediante canales que permitan el intercambio de información como procesos educativos, participativos, comunicativos, resolviendo inquietudes y expectativas por parte de estas; así como el cierre de la Gestión Social, dando cumplimiento a compromisos que integren a comunidades vecinas</p> <p>Dentro del manejo de las relaciones con la comunidad en la fase de abandono, es necesario que la empresa operadora establezca y mantenga un programa de relaciones con la comunidad, en el que se defina la administración de los resultados e implicaciones ambientales y sociales. Este programa se finalizará con el abandono el cual deberá tener en cuenta la eliminación o sustitución del vínculo del proyecto con la región y se deberán tener en cuenta aspectos como:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Efectos sobre el empleo local y regional, y la manera de reducir el impacto.</li> <li>• Efectos relacionados con el saneamiento básico, etc.</li> <li>• El estado de cumplimiento de los compromisos adquiridos por el proyecto con las comunidades, los propietarios de predios afectados y las autoridades locales. Se deben tener en cuenta los pendientes que resulten deben ser satisfechos antes del cierre del proyecto.</li> </ul>
					<p>La movilización de maquinaria y equipos se hace necesaria para desplazar hasta los frentes de obra el personal, la maquinaria y equipos requeridos para para la ejecución de actividades (i.e: generadores, tanques, trompos, etc.); en la etapa operativa para llevar a los puntos de operación lo requerido para la operación y la ejecución de labores de mantenimiento (i.e: generadores, bombas, etc.) así como posteriormente para el transporte del personal y todos aquellos equipos retirados de las diferentes instalaciones. El transporte a utilizar será de tipo terrestre, el cual se realizará en vehículos que cumplan con las necesidades de los objetos a transportar, dentro de los cuales se pueden utilizar tracto camiones cama baja o cama alta, volquetas de hasta 20 m3 de capacidad, camiones o turbos (materiales y equipos), para el caso del personal este será transportado en busetas, vans y camionetas 4x4, mientras que para el transporte de fluidos se utilizarán camiones cisterna, tracto camiones con tanques que cumplan con las especificaciones técnicas y ambientales para la ejecución de dicha actividad; La totalidad de los vehículos a utilizar se movilizarán por las vías que se identificaron para el proyecto y que sean objeto de uso, de otra parte</p> <p>Finalmente, las firmas responsables de la ejecución de los diferentes proyectos a ejecutar realizarán la movilización de sus equipos y maquinaria desde su sede hasta el sitio donde sean requeridos. Dentro de las actividades de movilización del proyecto se incluye también el transporte del personal, así como de los equipos, materiales y maquinarias y fluidos necesarios para el desarrollo de las actividades del proyecto o que sean producto de la ejecución de estas.</p>
ACTIVIDADES TRANSVERSALES		Aplica para la ejecución de todas las estrategias de desarrollo	Transporte del material, equipo, maquinaria, insumos y personal	A49	

ETAPA	SUBETAPA	ESTRATEGIAS DE DESARROLLO ASOCIADAS	ACTIVIDAD	ID	DESCRIPCIÓN
ACTIVIDADES TRANSVERSALES		Aplica para la ejecución de todas las estrategias de desarrollo	Manejo de Productos químicos y combustibles	A50	Actividad que propende por asegurar el suministro adecuado y constante de energía eléctrica y combustibles necesarios para el funcionamiento de los diferentes equipos e infraestructura requerida por el proyecto a lo largo de sus diferentes etapas y actividades. En este orden de ideas, el suministro de energía podrá ser a partir de la subestación existente al interior del clúster o por medio de generadores temporales ( hasta contar con la infraestructura eléctrica requerida para el funcionamiento normal de la locación); de otra parte en lo referente a combustibles, estos serán adquiridos a empresas legalmente constituidas y autorizadas para el desarrollo de esta actividad, y serán transportados en automotores con tanques que cumplan con las especificaciones técnicas y ambientales para la ejecución de dicha actividad y serán almacenados en sitios debidamente adecuados para este fin.
			Contratación de mano de obra, bienes y servicios	A51	Esta actividad comprende tanto la selección de personal capacitado y no capacitado ya sean parte de las firmas responsables del proyecto o de la región, para estos últimos se recurrirá a la revisión y selección de perfiles del personal que se encuentre registrado en los portales de la oficina pública de empleo, previa publicación de las vacantes disponibles. Así las cosas, una vez viabilizado el proyecto se procede a la contratación del personal capacitado y no capacitado necesario para llevar a cabo las diferentes labores contempladas para el desarrollo del mismo. Se estima la contratación de ingenieros de petróleos, geólogos, profesionales HSE, supervisores de operaciones, técnicos, ayudantes, obreros, entre otros. Adicionalmente, se realizarán inducciones en temas específicos a la mano de obra no calificada, con el fin de dar a conocer las funciones que cada uno desempeña dentro de los diferentes proyectos a ejecutar.
			Instalación y operación de campamentos temporales	A52	Solo se adecuarán campamentos temporales compuestos por carpas modulares en estructura metálica armable, una cubierta en tela de poliéster recubierta de PVC resistente al agua y al sol, en estas carpas se instalarán los profesionales y también servirán para el almacenamiento de materiales que requieren estar cubiertos; instalación de canecas para la disposición de residuos, baños temporales y zona demarcada para el parqueo de maquinaria

ETAPA	SUBETAPA	ESTRATEGIAS DE DESARROLLO ASOCIADAS	ACTIVIDAD	ID	DESCRIPCIÓN
ACTIVIDADES TRANSVERSALES		Aplica para la ejecución de todas las estrategias de desarrollo	Generación de energía temporal y uso de combustibles	A53	<p>Actividad que propende por asegurar el suministro adecuado y constante de energía para el funcionamiento de la infraestructura y equipos requerida por el proyecto a lo largo de sus diferentes etapas y actividades. En este orden de ideas, el suministro de energía podrá ser a partir de generadores temporales (hasta contar con la infraestructura eléctrica requerida para el funcionamiento normal de la locación, pozos y/o facilidades tempranas o satélites), o por la implementación de sistemas alternos de generación eléctrica como el uso de energía fotovoltaica (paneles solares), sin embargo es de señalar que el uso de generadores tiene como propósito el suministrar la energía requerida para el funcionamiento y operación de equipos necesarios durante la construcción de obras civiles, la perforación y posteriores pruebas de producción, mientras los sistemas alternos pueden emplearse en atender la demanda de energía en áreas como el minicamp, alumbrado perimetral, oficinas y equipos menores.</p> <p>De otra parte, en lo referente a combustibles, estos serán adquiridos a empresas legalmente constituidas y autorizadas para el desarrollo de esta actividad, y serán almacenados en sitios debidamente adecuados para este fin.</p>
			Captación, transporte, almacenamiento y distribución de agua superficial y/o subterránea para uso doméstico e industrial	A54	<p>Bajo este nombre se agrupan las actividades que abarcan desde la captación de agua en fuentes superficiales y/o subterráneas, el transporte a los sitios requeridos y su consumo según las necesidades y actividades del proyecto. La captación de agua para uso doméstico e industrial se realizará en sectores donde se cuenta con permisos de concesión de aprovechamiento de aguas superficiales y/o subterráneas autorizados para el área o en sitios donde se solicitara la autorización para su captación, en los volúmenes y caudales autorizados en los mismos, adicionalmente se contempla la adquisición de agua a terceros, legalmente constituidos y que cuenten con los permisos ambientales vigentes para este tipo de operación y servicio</p> <p>Para el desarrollo del proyecto se requiere del aprovechamiento del recurso hídrico para uso industrial y doméstico; el primero para el desarrollo de actividades asociadas a la ejecución de obras civiles, la perforación de pozos (i.e: preparación de lodos base agua), pruebas hidrostáticas de las líneas de flujo a construir, entre otros. En lo referente al segundo tipo de uso, se necesitará agua para el funcionamiento de la infraestructura de apoyo (campamentos, casetas, baños portátiles) durante la ejecución de obras civiles, así como para el campamento durante la etapa de perforación y pruebas de producción, de otra parte para el consumo de agua potable se manejará la misma en diferentes presentaciones comerciales existentes (i.e: bolsas, botellones, etc.) y adquiridas a terceros que cuenten con los permisos ambientales y legales vigentes para el desarrollo de esta actividad.</p>



ETAPA	SUBETAPA	ESTRATEGIAS DE DESARROLLO ASOCIADAS	ACTIVIDAD	ID	DESCRIPCIÓN
ACTIVIDADES TRANSVERSALES		Aplica para la ejecución de todas las estrategias de desarrollo	Manejo, tratamiento y disposición final de agua residual doméstica e industrial	A55	<p>La generación de aguas residuales de tipo domésticos se da por el desarrollo de las actividades propias de los trabajadores que generan aguas residuales domésticas provenientes de los baños portátiles; la prestación de este servicio de alquiler de baños portátiles se realizará a través de un tercero especializado que cuente con el permiso respectivo otorgado por la Autoridad Ambiental, el cual deberá encargarse del mantenimiento semanal además de la disposición final de las aguas residuales en sitios que operen con los respectivos permisos ambientales emitidos por la Autoridad Ambiental Competente</p> <p>De otra parte, los residuos líquidos industriales se generan a lo largo del desarrollo del proyecto, estos tipos de residuos pueden ser de dos clases, en función al tipo de agua que los compone, la primera hace referencia a las aguas superficiales, captadas de sitios aprobados por permisos de concesión de aprovechamiento aguas superficiales, parte de las cuales son destinadas para manejo y mantenimiento de la infraestructura asociada al proyecto y aguas lluvias contaminadas con aceites provenientes de las áreas intervenidas por el proyecto, así como aquellas que contengan aceites por la operación de la maquinaria. La disposición de estos residuos se podrá realizar de diferentes maneras ya sea por medio de irrigación de vías utilizadas por el proyecto, implementación de fitoevaporadores o se hará a través de un tercero que cuente con los respectivos permisos ambientales vigentes.</p> <p>De igual manera se contempla la implementación de proyectos de economía circular enfocados a mitigar el impacto de las actividades asociadas al desarrollo operacional del campo, en este orden de ideas se contempla la implementación de la entrega y/o recibo de fluidos con otros bloques o campos operados por Ecopetrol S.A. y/o a terceros autorizados.</p>
			Manejo y disposición de residuos sólidos domésticos, industriales y especiales		<p>Los residuos sólidos domésticos son aquellos que se generan durante las actividades cotidianas del personal. Estos residuos pueden ser clasificados en ordinarios orgánicos (descomposición corta como sobras de comida y/o restos vegetales) e inertes (descomposición prolongada) y reciclables y la generación de estos se da a lo largo de todas las etapas del proyecto.</p> <p>Los residuos vegetales provenientes de las actividades de rocería, poda o tala serán seleccionados para evitar la mezcla con los demás residuos domésticos. Todos los residuos sólidos generados en los diferentes frentes de trabajo. La disposición final de todos los residuos mencionados se podrá realizar a través de terceros que estén debidamente autorizados por la autoridad ambiental competente para tal fin. Dicha empresa receptora deberá emitir el certificado de disposición final del residuo.</p>

ETAPA	SUBETAPA	ESTRATEGIAS DE DESARROLLO ASOCIADAS	ACTIVIDAD	ID	DESCRIPCIÓN
ACTIVIDADES TRANSVERSALES		Aplica para la ejecución de todas las estrategias de desarrollo	Manejo y disposición de residuos sólidos domésticos, industriales y especiales	A56	<p>El manejo de estos residuos se realizará mediante su acopio en un punto ecológico. En este orden de ideas, los residuos sólidos domésticos se deberán separar según el código de colores establecido en la guía para el manejo integral de los residuos sólidos de Ecopetrol S.A. (HSE-G-004) y el programa de Manejo Integrado de Residuos Sólidos “MIRS” establecido para el campo. Además de puntos ecológicos para la separación de residuos, se contará con áreas de almacenamiento temporal, que cumpla con las características establecidas en el Programa de Manejo Ambiental del presente documento.</p> <p>En lo referente a los residuos sólidos industriales, estos corresponden al material sólido o semisólido generado en el proceso y que se descarta, el cual es susceptible de ser aprovechado o requiere sujetarse a tratamiento o disposición final. Estos pueden ser materiales agotados, subproductos sin uso, materiales generados en procesos de limpieza de equipos, productos fuera de especificaciones, materias primas cuya fecha de caducidad se ha superado, entre otros. Estos residuos deben ser separados y ubicados en un punto ecológico para posteriormente entregarlos a terceros autorizados que cuenten con las debidas licencias</p> <p>De igual manera se contempla la implementación de proyectos de economía circular enfocados a mitigar el impacto de las actividades asociadas al desarrollo operacional del campo, en este orden de ideas se contempla la implementación de la entrega y/o recibo de cortes de perforación, lodos de producción y/o material biorremediado con otros bloques o entrega y/o recibo de cortes de perforación, lodos de producción y/o material biorremediado con otros bloques o campos operados por Ecopetrol S.A..</p>
			Transporte helicoportado	A57	Involucra la movilización de personal, maquinaria y equipos que por sus características y requerimiento no pueden ser movilizadas al o desde el área por vía terrestre; este tipo de movilización también cubija la movilización de personas que necesiten ser evacuados de área por motivos de salud y/o seguridad
			Reubicación de infraestructura de servicios públicos	A58	Actividad que cubija la ejecución de actividades a realizar conducentes al retiro y reubicación de redes asociadas a la prestación de servicios públicos que discurren al interior de las áreas a intervenir durante la ejecución del proyecto (i.e: construcción de locaciones); en el caso del presente proyecto se considera la reubicación de redes asociadas a líneas de transmisión eléctrica de MT y BT, línea de conducción de agua perteneciente al acueducto veredal y red de gas domiciliario.

Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

En atención a los términos de referencia<sup>1</sup>, el Capítulo 2 se encuentra dividido y enumerado como se presenta en la **Tabla 2.2.2-3**:

**Tabla 2.2.2-3 Estructura de presentación del capítulo 2. Descripción del proyecto – EIA Área de Desarrollo Llanos 141**

Numeración por términos de referencia HI-TER-1-03		Numeración EIA Área de Desarrollo Llanos 141	
2.1 Localización		<b>2.1 Localización</b>	
2.2 Características del proyecto		<b>2.2 Características del proyecto</b>	
2.2.1 Infraestructura existente		<b>2.2.1 Infraestructura existente</b>	
2.2.2 Estrategias de desarrollo	---	<b>2.2.2.1 Estrategias relacionadas con la producción de hidrocarburos</b>	
	2.2.2.1 Vías de acceso al área y locaciones	<b>2.2.2.1.1. Vías de acceso al área y locaciones</b>	
		2.2.2.1.1.1. Adecuación, mantenimiento y/o ampliación de vías existentes	
		2.2.2.1.1.2. Construcción de nuevas vías	
	2.2.2.2 Perforación de pozos	2.2.2.1.1.3. Construcción de nuevos clústeres	
		<b>2.2.2.1.2. Perforación de pozos</b>	
		2.2.2.1.2.1. Perforación de pozos productores	
		2.2.2.1.2.2. Perforación de pozos de agua para recobro	
	2.2.2.3 Trabajos en pozo	2.2.2.1.2.3. Perforación de pozos disposal	
		2.2.2.1.2.4. Perforación de pozos Near Field Exploration -NFE-	
	2.2.2.4 Líneas de flujo	<b>2.2.2.1.3. Trabajos en pozo</b>	
		2.2.2.1.3.1. Inyección de fluidos para procesos de recobro: Enhanced Oil Recovery -EOR- y/o disposal	
	2.2.2.5 Facilidades de producción	<b>2.2.2.1.4. Líneas de flujo</b>	
		2.2.2.1.4.1. Construcción y operación de líneas de flujo	
		<b>2.2.2.1.5. Facilidades de producción</b>	
2.2.2.1.5.1. Construcción y operación de Facilidades Centrales de Producción – CPF -			
2.2.2.1.5.2. Construcción y operación de facilidades satélite			
2.2.2.1.5.3. Construcción y operación de Zonas de Disposición de Materiales Sobrantes de Excavación -ZODME-			
2.2.2.1.5.4. Construcción y operación de centros de acopio			
2.2.2.1.5.5. Construcción de Instalaciones de apoyo (i.e: helipuertos, oficinas, campamentos centrales, talleres, entre otros)			
<b>2.2.2.1.5.6. Generación de energía eléctrica</b>			
2.2.2.1.5.6.1. Generación solar fotovoltaica			
2.2.2.1.5.6.2. Generación geotérmica			
2.2.2.1.5.6.3. Generación con combustibles fósiles			
2.2.2.1.5.6.4. Aprovechamiento de gas producido para generación de energía eléctrica			

<sup>1</sup> Términos de Referencia Sector Hidrocarburos – Estudio de Impacto Ambiental – Proyectos de Explotación de Hidrocarburos HI-TER-1-03 – Ministerios de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial – 2010.

Numeración por términos de referencia HI-TER-1-03		Numeración EIA Área de Desarrollo Llanos 141
2.2.2 Estrategias de desarrollo	2.2.2.5 Facilidades de producción	2.2.2.1.5.6.5. Conexión a sistemas de generación y/o de transmisión y/o distribuciones existentes
		2.2.2.1.5.7. Construcción de planta solar fotovoltaica
		2.2.2.1.5.8. Instalación y operación de líneas eléctricas de 34,5 / 115 kV
		2.2.2.1.5.9. Instalación y operación de Centros de Distribución -CD-, Centros de Maniobra -CM- y/o Subestaciones Eléctricas -SE-
		2.2.2.1.5.9.1. Centro de Distribución de Potencia
		2.2.2.1.5.9.2. Centros de Distribución
		2.2.2.1.5.9.3. Subestaciones Eléctricas
		2.2.2.2.5.10. Construcción y operación de áreas para el acopio de lodos y cortes de perforación
		2.2.2.2.5.11. Construcción, operación y mantenimiento de plantas para el manejo de cortes de perforación
		2.2.2.2.5.12. Entrega y recibo de fluidos.
		2.2.2.2.5.13. Entrega y recibos de cortes y lodos de perforación
2.2.3 Abandono y restauración final		2.2.3 Abandono y restauración final

Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

### 2.2.2.1 Estrategias relacionadas con la producción de hidrocarburos

Como se aprecia en la tabla anterior, las veintidós (22) estrategias de desarrollo consideradas en el presente EIA, se agrupan en 5 grupos de estrategias (consideradas como estrategias generales en este EIA) que son las consideradas en los HI-TER-1-03 (2010, MAVDT). En este orden de ideas, la primera de estas, denominada “Vías de acceso al área y locaciones” reúne tres (3) estrategias de desarrollo a implementar asociadas a la construcción de la infraestructura básica requerida en el campo; la segunda de las estrategias “Perforación de pozos”, cobija cuatro (4) estrategias de desarrollo que definen los diferentes tipos de pozos a perforar en el campo; la tercera de estas estrategias generales corresponde a “Trabajo en pozo” contempla la implementación de una (1) estrategia de desarrollo que describe los procesos a realizar en los pozos previamente perforados; a continuación la cuarta denominada como “Líneas de flujo” está representada por una (1) estrategia de desarrollo que contempla la construcción del sistema de conducción de fluidos por medio de líneas mecánicas y finalmente la última de las estrategias generales “Facilidades de producción” reúne trece (13) estrategias asociadas a la construcción de infraestructura adicional que es requerida para el funcionamiento y operación del campo, estrategias responsables a asegurar la generación y de distribución de energía eléctrica, la optimización de procesos y la implementación de pruebas tecnológicas. A continuación, se presenta la descripción de cada una de las estrategias referidas en la tabla anterior.

#### 2.2.2.1.1 Vías de acceso al área y locaciones

Dentro de esta subetapa se conjuga la ejecución del desarrollo de la infraestructura correspondiente a la construcción de obras civiles necesarias y básicas requeridas para poder establecer las actividades de explotación de hidrocarburos, en este sentido, bajo este nombre se reúnen cuatro (4) estrategias de desarrollo enfocadas en el mantenimiento y adecuación de la infraestructura vial

existente y que pueda ser objeto de aprovechamiento para el desarrollo del campo, la construcción de nuevas vías requeridas, la ampliación de Locaciones existentes y la construcción de nuevos Locaciones. Las estrategias en mención se listan a continuación en la **Tabla 2.2.2-4**.

**Tabla 2.2.2-4 Estrategias de desarrollo contempladas dentro de la subetapa de Construcción de infraestructura básica**

Estrategia de Desarrollo Generales (HI-TER-1-03)	ID	Estrategias Definidas en el EIA ÁREA DE DESARROLLO LLANOS 141
Vías de acceso al área y locaciones	ED1	Adecuación, mantenimiento y/o ampliación de vías existentes
	ED2	Construcción de nuevas vías
	ED3	Construcción de Locaciones nuevos

Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

#### 2.2.2.1.1.1 Adecuación, mantenimiento y/o ampliación de vías existentes (ED1)

Para el desarrollo de las actividades relacionadas a la explotación, producción y transporte de hidrocarburos, es necesaria la utilización de vías tanto existentes como proyectadas (estos últimos para acceder a nuevos sectores de intervención por parte de la operación). En este orden de ideas, se considera necesaria la construcción de nuevos corredores y el mejoramiento de las especificaciones de la vía, en las existentes, solamente en los tramos y/o sectores que los requieran, es de señalar que el mejoramiento en mención cubre actividades como cambio en el ancho de la calzada, modificaciones de radio de giro, entre otros, así como, el mejoramiento de la capa de rodadura, y de la estructura misma de la vía, para lograr que las vías soporten la capacidad requerida, en función de los niveles de tránsito asociados a la operación.

De acuerdo con la Guía de Manejo Ambiental, de proyectos de infraestructura subsector vial del Instituto Nacional de Vías –INVIAS- y el entonces Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible –MADS- (INVIAS & MADS, 2011), que establece criterios Técnicos para lograr un manejo adecuado y sostenible de las obras civiles. Las actividades que se solicitan en el presente Estudio de Impacto Ambiental para el Área de Desarrollo Llanos 141 asociadas a la malla vial existente se definen como:

En la **Tabla 2.2.2-5** se relacionan las vías existentes al interior del Área de Desarrollo Llanos 141 clasificadas en función del tipo de vía (INVIAS) y que podrán ser de uso por el proyecto, mientras en la **Figura 2.2.2-1** se exhibe la espacialización de las mismas

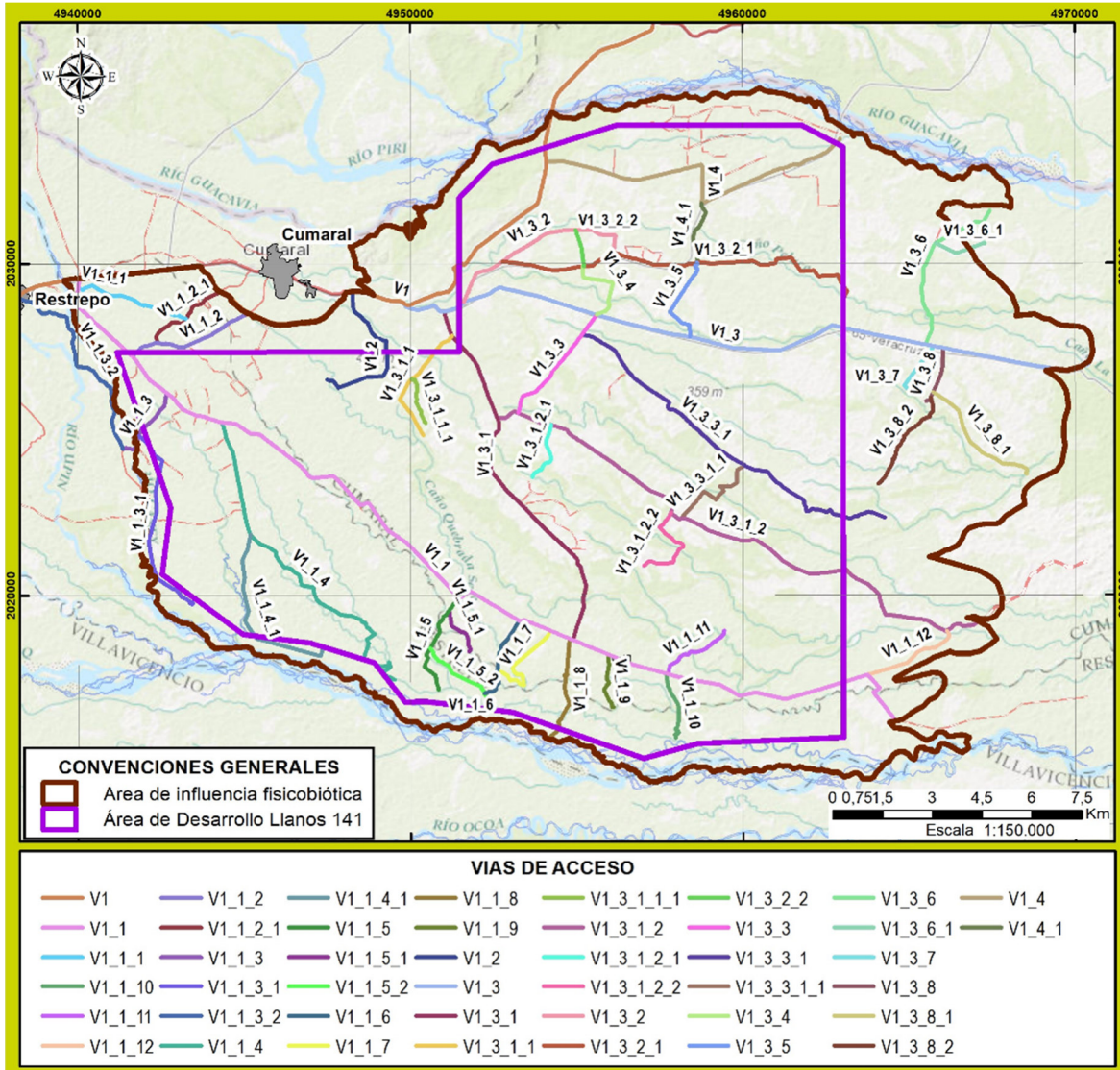
**Tabla 2.2.2-5 Vías existentes al interior del Área de Desarrollo Llanos 141 y de uso por el proyecto**

Vía	Longitud (Km)	CLASIFICACIÓN INVIAS	USO POR EL PROYECTO
Vía Tipo 1 (Vía Marginal de la Selva R-65) - 1	9,59	Primaria	Permite el acceso al Área de Desarrollo Llanos 141
Vía Tipo 2	17,38	Terciaria	Vía de interconexión
Vía Tipo 3	94,27	Terciaria	Vía de interconexión
Vía Tipo 4	59,15	Terciaria	Vía de interconexión
Vía Tipo 5	57,83	Terciaria	Vía de interconexión
TOTAL, Km	238,21		

Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)



Figura 2.2.2-1 Vías existentes al interior del Área de Desarrollo Llanos 141 y de uso por el proyecto



Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

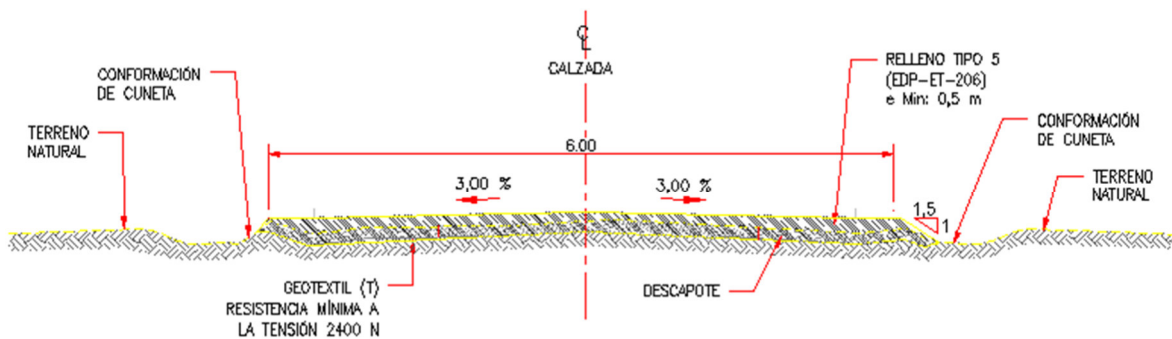
### • Adecuación

Consiste en el cambio de especificaciones y dimensiones de la vía, para lo cual se hace necesaria la construcción de obras en la infraestructura (**Figura 2.2.2-2**), que permitan una adecuación de la vía a los niveles de servicio requerido por el tránsito actual y el proyectado (INVIAS & MADS, 2011). Las principales actividades a ejecutar son:

- Suministro, instalación y compactación de material granular
- Modificación de los niveles de rasante para garantizar el paso de vehículos con cargas.
- Recuperación, mejoramiento y ampliación de la banca (incluye excavaciones y rellenos)
- Construcción de nuevos carriles.

- Rectificación (alineamiento horizontal y vertical).
- Construcción de obras de drenaje y subdrenaje.
- Construcción de estructura del pavimento.
- Estabilización de afirmados, tratamientos superficiales o riego.
- Señalización vertical.
- Reforzamiento estructural de obras de drenaje
- Adecuación de zonas para bahías
- Dentro del mejoramiento puede considerarse la construcción de tramos faltantes de una vía ya existente, cuando estos no representan más del 30% del total de la vía

**Figura 2.2.2-2 Sección transversal tipo de vía a adecuar**



Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

#### • Mantenimiento de vías

Durante el levantamiento de información primaria (inventario de la malla vial) existente al interior de del Área de Desarrollo Llanos 141, se identificaron 43 vías, las cuales equivalen a 238,21 km; en la **Tabla 2.2.2-5** se presenta de manera resumida las cantidades de vías y longitudes inventariadas, mientras en la **Figura 2.2.2-1**, se aprecia la espacialización de los diferentes corredores viales; de otra parte la información en detalle de la infraestructura vial se consigna en el numeral **2.2.1.1. Infraestructura vial**, del presente documento. Se consideran actividades de mantenimiento las siguientes:

- Remoción de derrumbes.
- Rocería, limpieza de obras de drenaje.
- Reconstrucción de cunetas.
- Reconstrucción de zanjas de coronación.
- Reparación de baches en afirmado o parcheo en pavimento.
- Perfilado y compactación de la superficie.
- Riegos de vigorización de la capa de rodadura.

La optimización en la construcción y/o mejoramiento de vías tanto en aquellas identificadas como en vías privadas pero que eventualmente puedan ser de utilidad para el desarrollo operacional del Área de Desarrollo Llanos 141, está enfocada en mejorar las condiciones de su estructura, de tal manera que cumplan con las especificaciones técnicas adecuadas que permitan la movilización eficiente y segura tanto de personal como de equipos y materiales, necesario tanto para el desarrollo de las diferentes estrategias. Esta optimización redundará en beneficios ambientales por presentarse una menor afectación sobre el entorno, la cual se refleja principalmente en la disminución en la remoción



de la cobertura vegetal; de igual manera, la adecuación de los anchos de calzada representa menores volúmenes de material de relleno para la conformación de la estructura de la vía (base y sub-base), así como los asociados a los de corte.

La ejecución de las obras y actividades de mantenimiento en vías se realiza al considerar que los corredores viales permiten el acceso y movilización a lo largo del área, así como la conectividad entre los diferentes bloques e infraestructura petrolera. Es por esto que se genera un plan de intervención a estos corredores existentes ya construir (mantenimiento preventivo y periódico), para asegurar su funcionamiento de manera permanente, en este orden de ideas, se consideran una serie de acciones conducentes a mantener en adecuado estado estos corredores y en caso de que estas acciones no sean suficientes, implementar otro tipo de medidas con el fin de rehabilitar vías con el propósito de que puedan ser utilizadas por la operación.

Las acciones de rehabilitación tienen por objeto reconstruir o recuperar las condiciones iniciales de las vías de manera que se cumplan las especificaciones técnicas con que fue diseñada (INVIAS & MADS, 2011). En esta actividad se pretende el mejoramiento funcional o estructural de la superficie de la vía, que ayuda a prologar su vida útil, y asegurar las condiciones para la operación vehicular. Algunas de las alternativas de intervención son: rehabilitación, refuerzo, reciclado y reconstrucción.

La implementación de este tipo de medidas está condicionada por las características geométricas de las vías a intervenir, el contexto topográfico en el que emplaza el corredor, la cobertura de la tierra presente, la disponibilidad de los recursos disponibles (materiales) y las especificaciones técnicas que definen los lineamientos técnicos de los tipos de obra a ejecutar.

Es de señalar que la red vial al interior del área agrupa corredores que abarcan desde vías interdepartamentales (Primarias) a vías veredales (Terciarias), con capas de rodadura que varían desde carpetas asfálticas, afirmado y terreno natural. Las diferentes vías trasiegan tanto por sectores de formas de terreno planas conformadas por materiales finos asociados principalmente a depósitos aluviales, al igual que por sectores colinados a montañosos, escenarios labrados sobre unidades litológicas que agrupan cantos, gravas, areniscas y arcillolitas (todas las anteriores con sus correspondientes perfiles de suelos residuales); escenarios que en conjunción a la variedad de la cobertura de la tierra y condiciones de temperatura, pluviosidad y humedad, demarcan unas particularidades en las condiciones del comportamiento de los materiales que hacen parte integral de la estructura de las vías en el sector.

El mantenimiento de las vías debe ser desarrollado en consonancia con la normatividad definida para tal fin, ya que el uso de las mismas es compartido tanto por la operación y por la comunidad de la región. En ese orden de ideas y con el fin de asegurar la calidad adecuada de las vías, se considera mantener los siguientes lineamientos.

- Preservar las inversiones efectuadas en la construcción, el mejoramiento, la rehabilitación y el mantenimiento periódico de las vías.
- Garantizar la transitabilidad, para que los usuarios puedan circular diariamente por las vías; es decir, que las interrupciones para su movilización sean mínimas durante el año.
- Proporcionar comodidad, seguridad y economía en la circulación de los vehículos y equipos que utilizan las vías.

Las actividades de mantenimiento se clasifican, por la frecuencia como se repiten rutinarias y periódicas; sin embargo, en la práctica las rutinarias se refieren a las actividades repetitivas que se efectúan continuamente en diferentes tramos de las vías y las periódicas son aquellas actividades que se repiten en lapsos más prolongados de tiempo (i.e: semestrales, anuales, etc.); bajo estas consideraciones, se definen los tipos de mantenimiento de la siguiente manera:

- **Mantenimiento preventivo**

Conjunto de actividades que se ejecutan de manera permanente a lo largo de los diferentes corredores viales (independientes del tipo de los mismos), estos tienen una programación de intervención en periodos menores a un año, a lo largo de diferentes tramos de las vías; la finalidad de estas intervenciones es la conservación de todos los elementos estructurales de las vías con mínimo desarrollo de alteraciones o de daños y, en lo posible, conservando las condiciones que tenía después de su construcción o su rehabilitación.

- **Mantenimiento periódico**

Conjunto de actividades que se ejecutan en periodos cercanos al año, con el propósito de evitar la aparición o el agravamiento de defectos mayores, así como el de preservar las características superficiales (capa de rodadura), de conservar la integridad estructural de la vía y de corregir algunos defectos puntuales mayores (i.e: hundimientos, reforzamiento de taludes, remplazo de obras de arte), adicionalmente otro tipo de actividades inmersas dentro de este tipo de mantenimiento son actividades socio ambientales y el cuidado y vigilancia de la vía.

- **Atención de emergencias viales**

En las vías pueden presentarse emergencias, ocasionadas por fenómenos naturales, tales como periodos de lluvias o de sequías prolongados; deslizamientos, inundaciones y otros similares, los cuales pueden desembocar en afectaciones graves en los elementos de la vía o de su entorno; de igual manera pueden presentarse daños por intervención humana con ocasión de accidentes, vandalismo, bloqueos o movimientos sociales y otras acciones que afecten los elementos físicos de la vía o infraestructura asociada a la mismas, por lo que es necesario llevar a cabo actividades que permitan la restauración de las condiciones que permitan su funcionamiento.

- **Realineamiento horizontal y vertical**

El realineamiento horizontal y vertical de una vía tiene como objetivo la modificación del corredor existente, de manera que permita el tránsito seguro y normal de los vehículos, principalmente de carga (i.e: tracto camiones) hacia los sitios donde se proyecta la construcción y/o adecuación de infraestructura como localizaciones, estaciones, plantas o para permitir el acceso de vehículos, maquinaria y equipos de perforación de pozos. En este orden de ideas, se deben tener las siguientes consideraciones.

Alineamiento Horizontal: Balance entre Curvas y Tangentes:

- Se debe procurar que el alineamiento horizontal sea tan directo como lo permita la topografía, el uso del suelo y los valores de las comunidades servidas por la carretera.
- Debe evitarse el uso de curvas con los radios mínimos de diseño, excepto en las condiciones más críticas que plantee el desarrollo del proyecto.
- Alineamiento Vertical: La AASHTO presenta algunos consejos valiosos en torno al diseño del alineamiento vertical, de donde cabe entresacar algunos por su relevancia para la práctica vial:
- Las curvas verticales en columpio deben evitarse en secciones en corte, a menos que existan facilidades para las soluciones de drenaje.
- En pendientes largas, puede ser preferible colocar las pendientes mayores al pie de la pendiente y aliviarlas hacia el final o, alternativamente, intercalar pendientes suaves por cortas distancias para facilitar el ascenso.
- En tangente, deberían generalmente evitarse, particularmente en curvas en columpio donde la visión de la carretera puede ser desagradable al usuario.

- Los alineamientos ondulados, que involucran longitudes sustanciales dependientes que generan momentum, pueden ser indeseables en el caso de vehículos pesados que pueden incrementar excesivamente su velocidad, sobre todo cuando una pendiente positiva adelante no contribuye a la moderación de dicha velocidad.
- Hay que evitar el “efecto de montaña rusa”, que ocurre en alineamientos relativamente rectos, donde el perfil longitudinal de la rasante se ajusta a las suaves irregularidades de un terreno ligeramente ondulado.
- **Mejoramiento de la superficie de rodadura**

Actividad que tiene como finalidad mantener en buenas condiciones de calidad y transitabilidad la superficie superior o por la que trasiegan los diferentes tipos de automotores a lo largo de una vía, de manera que la vía cumpla con las especificaciones de técnicas con la que fue diseñada. El mejoramiento de la superficie o capa de rodadura se realiza según las siguientes consideraciones:

- **Mejoramiento de la subrasante:** se realiza en suelos con un CBR muy bajo, este mejoramiento sirve para aumentar la capacidad portante del suelo y se realiza de acuerdo a lo que el diseñador considere, generalmente se realiza mejoramiento con rajón. El rajón se extiende por todo el tramo ya sea manualmente o utilizando maquinaria, luego se extiende en todo el tramo una capa de agregados llamada sello, que tiene las características de subbase granular, esta ayuda a llenar los espacios los espacios intergranulares. Por último, se compacta la capa de sello y se verifica que la subrasante este al nivel indicado en los planos de diseño. La subrasante se podrá mejorar también por métodos físicos (geotextiles, geomallas, entre otros) o químicos (enzimas, polímeros, entre otros).
- **Subbase y Base Granular:** El material de subbase se dispone sobre la superficie de la subrasante, luego este se extiende usando motoniveladora o minicargador con un espesor uniforme de manera que al compactarlo quede al nivel indicado, todo esto se realiza con ayuda del topógrafo, que va indicando a qué nivel debe estar la capa de subbase. De ser necesario se debe humedecer o airear el material para obtener la humedad optima de compactación, luego con la motoniveladora o minicargador se mezcla homogéneamente y se extiende el material con el espesor adecuado. Por último, se compacta la capa de subbase de manera que se alcancen las densidades adecuadas y se verifica que el nivel sea el indicado en los planos. Antes de continuar con la otra capa se realiza un ensayo para determinar y verificar que la densidad de la capa sea la adecuada, se puede hacer el ensayo del cono de arena. Este ensayo lo realiza personal capacitado.
- **Riego de imprimación y de liga:** El riego de imprimación consiste en la aplicación de emulsión asfáltica de manera uniforme y constante la cual cubre la superficie de la base granular, este riego ayuda a la adherencia entre la base y la primera capa de la mezcla asfáltica, evita que el material de base se desplace debido a las cargas de tránsito, protege la base de la intemperie, etc. El riego de liga al igual que el riego de imprimación consiste en aplicar emulsión asfáltica de manera uniforme y constante, pero esta cubre una superficie de asfalto existente, con la finalidad de asegurar la adherencia entre la capa de asfalto existente con la capa de rodadura. Para realizar la imprimación o el riego de liga la superficie se debe limpiar de manera que se retire el polvo, barro y demás material suelto, la superficie debe presentar una humedad menor a la humedad de compactación para empezar esta actividad, no se debe imprimir en presencia de lluvias.
- **Carpeta asfáltica:** La mezcla de concreto asfáltico llega en una volqueta la cual va descargando la mezcla en la tolva de la maquina pavimentadora. Antes de empezar a extender el material se toma la temperatura de este la cual está a aproximadamente 150 °C. Luego de esto la pavimentadora junto con la volqueta empezaran a avanzar a una velocidad adecuada para extender el material en franjas longitudinales, detrás de la pavimentadora habrá una cantidad de obreros agregando mezcla caliente y enrasándola de manera que la capa se ajuste a las

especificaciones de los planos. Finalmente se compacta esta capa. Luego de extender y compactar la primera franja se empieza a extender y compactar la siguiente franja de material de la misma manera que la anterior, luego se compacta todo el tramo mientras la mezcla se encuentre en condiciones de ser compactada. Durante este proceso la comisión topográfica se encarga de verificar que los niveles de esta última capa estén acorde a la sección transversal indica en los planos de diseño correspondientes.

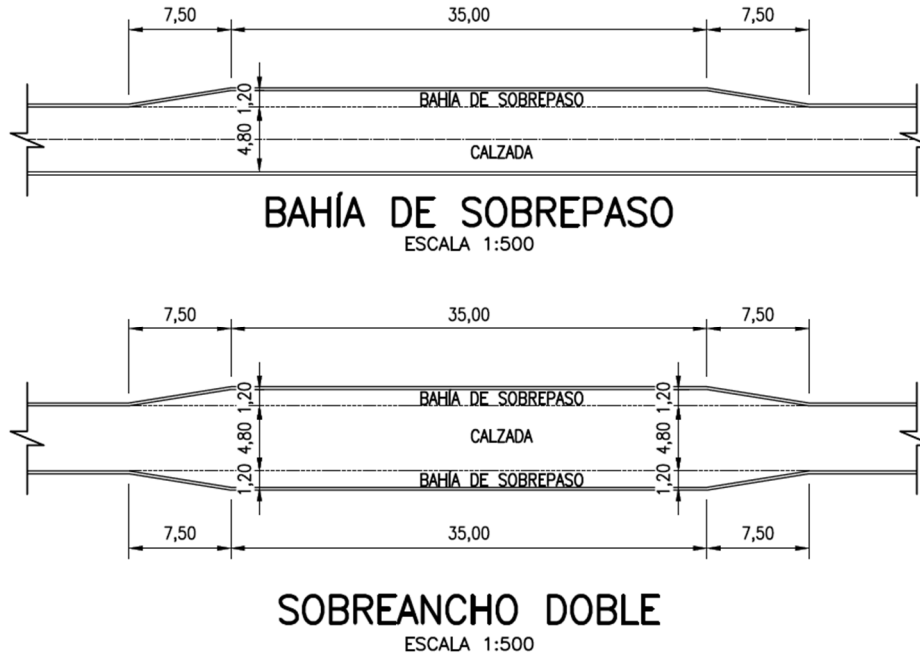
- Emulsión asfáltica: Una vez terminada la sub-rasante se procederá a la conformación de la rasante con 15 cm de Base Granular compactada o Estabilizada con Emulsión Asfáltica que será preparada con antelación, y transportada hasta la vía para ser extendida y conformada según las cotas y áreas determinadas en los planos de construcción. La rasante de la vía de acceso debe tener la sección típica definida, dando bombeo desde el eje hacia ambos costados con una pendiente del 2%.
- La capa de rodadura puede ser también en concreto o instalarse alguna clase de enzima sola o mezclada por ejemplo con cemento
- **Ampliación de la banca (cortes, relleno, cortes y rellenos compactados)**

Esta actividad tiene como objetivo, el aumentar el ancho de la banca ya sea modificándolo en la longitud total de la vía a intervenir o de manera puntual para la conformación de bahías de sobrepaso siempre que se cuente con la disponibilidad de área y el tipo de terreno; la ampliación de la banca podrá realizarse por el aumento de sección a lo largo de toda la vía o por la conformación de bahías las cuales se utilizarán principalmente para:

- Permitir a los vehículos pesados que circulan a bajas velocidades, estacionarse de forma temporal y así, facilitar las maniobras de adelantamiento de otros automóviles.
- Proporcionar un espacio en el cual se pueda realizar la movilización segura de dos tractomulas y/o camiones que transitan en direcciones diferentes, como los casos más críticos que se pueden presentar.
- Facilitar sitios que sirvan de parqueo ante situaciones imprevistas y/o forzadas de emergencia

En este orden de ideas, las bahías en mención tendrán longitudes mínimas de 15 m, transiciones de 15 m a la entrada y la salida, así como anchos de 3,50 m (**Figura 2.2.2-3**) y las condiciones técnicas de las bahías serán iguales a las de la calzada adyacente y se proyectarán cada 500 m o donde la topografía del corredor lo permita (**Tabla 2.2.2-6**).

Figura 2.2.2-3 Vista en planta de bahías de sobrepaso



Fuente: Anexo 2. Descripción del proyecto \ 5.CIVIL \ ECP-ULL-LLANOS141-IP01-0-CI-PL-002-D1; adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

Tabla 2.2.2-6 Anchos de calzada optimizados en función de la topografía

PERFIL DEL TERRENO	ANCHO DE CALZADA(m)	OBRAS ADICIONALES
Plano	4,5	-
Ondulado	4,5	Bahías de sobrepaso cada 500 m
Montañoso	5,5	Bahías de sobrepaso cada 500 m, sobreebanos en curvas y cunetas en V a lado y lado
Escarpado	6	Bahías de sobrepaso cada 500 m, sobreebanos en curvas y cunetas en V a lado y lado

Fuente: (ECOPEPETROL S.A., 2023); adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

➤ **Cantidades a solicitar para el Área de Desarrollo Llanos 141**

Se solicita la inclusión de actividades de adecuación, mantenimiento y ampliación de calzada sobre vías existentes; según las necesidades y avance de la operación del Área de Desarrollo Llanos 141, en las longitudes máximas relacionadas en la **Tabla 2.2.2-7**.

Tabla 2.2.2-7 Longitud de vías existentes objeto de adecuación, mantenimiento y/o ampliación de calzada

Tipo de actividad	Clasificación Invias	Clasificación IGAC	OBJETO SOLICITUD	Longitud (Km)
Adecuación, mantenimiento y/o ampliación de vías existentes	TERCIARIA	3, 4, 5	Se solicita la inclusión de actividades de adecuación, mantenimiento y ampliación de calzada sobre vías existentes (*); según las necesidades y avance de la operación del Área de Desarrollo Llanos 141, en las longitudes máximas relacionadas	Hasta 205 km

Nota (\*): Se señala que las vías proyectadas luego de construídas son incluidas dentro de la malla vial objeto de mantenimiento y de ser necesario podrán ser intervenidas para adecuaciones si esto es requerido por la operación.

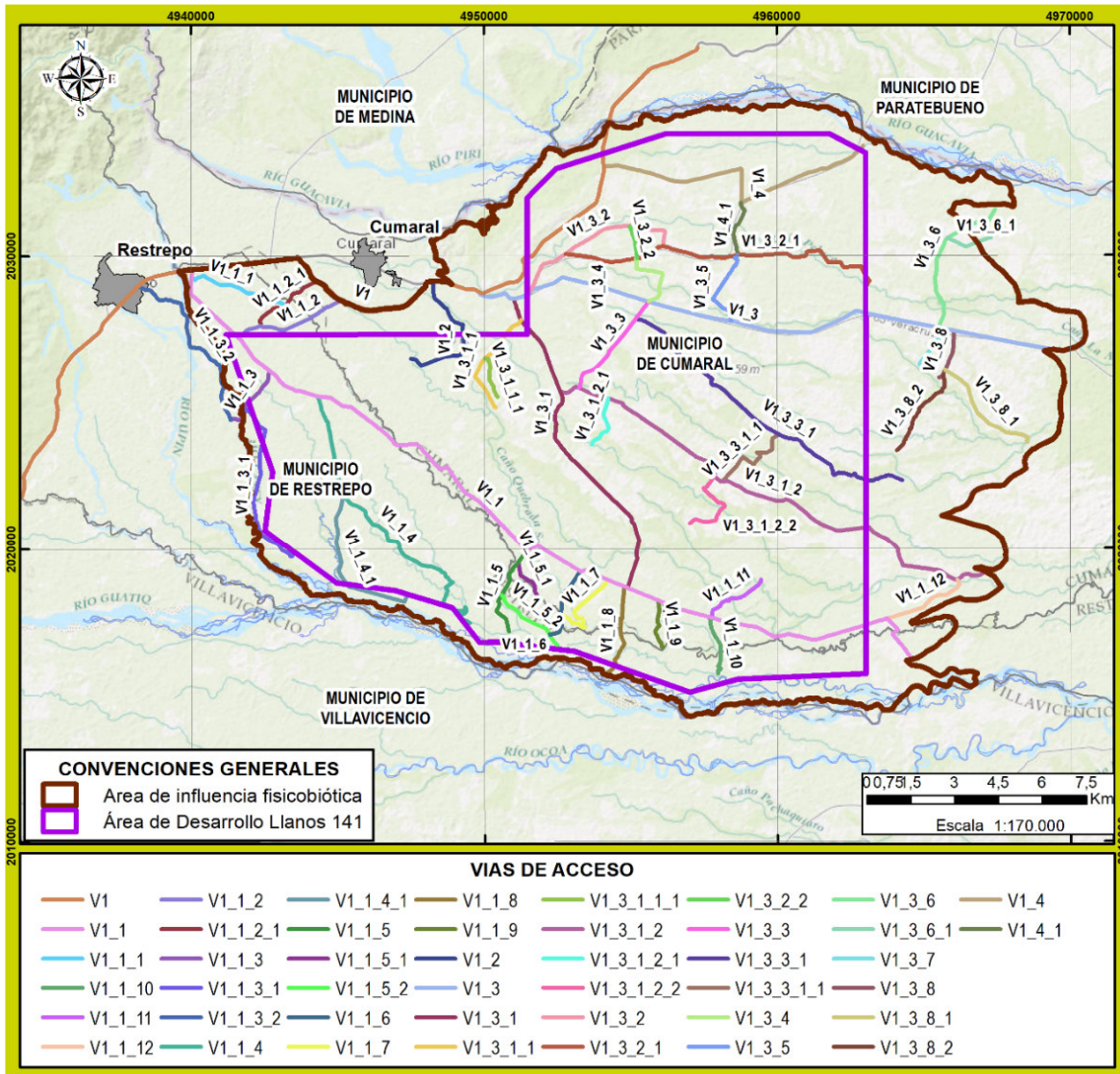
Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)



- Identificación de las vías a utilizar y propuesta de mejoramiento, rehabilitación y mantenimiento, la cual deberá incluir como mínimo obras a construir. Esto deberá incluir las obras de arte existentes a lo largo de todas las vías que sean susceptibles de ser usadas en la ejecución del proyecto

A continuación, se describen cada una de las vías existentes al interior del área de influencia físico biótica definida para el Área de Desarrollo Llanos 141 y que serán objeto de uso por parte de las diferentes estrategias de desarrollo y actividades asociadas que darán lugar a la operación y desarrollo del Campo. En este orden de ideas, en la **Tabla 2.2.2-8** se relacionan las vías que serán objeto de uso y la visualización de las mismas se expone en la **Figura 2.2.2-4**. Así como en el mapa 3\_Mapa de accesibilidad, que hace parte del Anexo Cartográfico del presente EIA.

**Figura 2.2.2-4 Vías identificadas al interior del Área de Influencia Físico Biótica definida para el Área de Desarrollo Llanos 141**



Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

Tabla 2.2.2-8 Vías identificadas al interior del Área de Influencia Físico Biótica definida para el Área de Desarrollo Llanos 141

NOMBRE VÍA	TIPO INVIAS	TIPO IGAC	ESTADO	CALIDAD	LONGITUD (Km)	ANCHO PROMEDIO (m)	COORDENADAS ORIGEN NACIONAL			
							ESTE INICIO	NORTE INICIO	ESTE FIN	NORTE FIN
V1	Primaria	1	Existente	Buena	35,68	7	4932922,26	2020704,35	4957298,92	2037085,46
V1_1	Terciaria	3	Existente	Buena	30,97	5	4940048,89	2029549,78	4964659,17	2016226,87
V1_1_1	Terciaria	4	Existente	Buena	3,51	5	4940007,81	2029239,12	4943251,85	2028323,54
V1_1_2	Terciaria	3	Existente	Buena	3,94	5	4941604,29	2027229,14	4945148,41	2028503,73
V1_1_2_1	Terciaria	3	Existente	Buena	2,77	5	4942382,21	2027605,80	4944313,30	2029155,77
V1_1_3	Terciaria	3	Existente	Buena	2,43	5	4942662,42	2026105,77	4941336,27	2024428,68
V1_1_3_1	Terciaria	4	Existente	Buena	6,13	5	4941821,87	2024833,87	4943425,87	2019801,41
V1_1_3_2	Terciaria	3	Existente	Buena	6,46	5	4941336,27	2024428,68	4938196,08	2028982,37
V1_1_4	Terciaria	3	Existente	Buena	11,33	5	4944320,00	2025216,65	4949505,75	2017465,57
V1_1_4_1	Terciaria	4	Existente	Buena	5,60	5	4945174,56	2021847,84	4947369,13	2018444,91
V1_1_5	Terciaria	4	Existente	Buena	3,29	5	4951419,50	2019913,63	4950840,50	2017168,91
V1_1_5_1	Terciaria	5	Existente	Buena	1,56	5	4951166,76	2019558,82	4951748,34	2018310,57
V1_1_5_2	Terciaria	5	Existente	Buena	2,74	5	4950586,82	2018412,22	4952490,27	2016706,68
V1_1_6	Terciaria	5	Existente	Buena	2,71	5	4953268,73	2019226,98	4952232,00	2017061,51
V1_1_7	Terciaria	5	Existente	Buena	3,36	5	4954200,23	2018933,99	4952597,96	2017745,84
V1_1_8	Terciaria	5	Existente	Buena	3,24	5	4954775,20	2018696,61	4954201,56	2015765,00
V1_1_9	Terciaria	5	Existente	Buena	1,78	5	4955921,91	2018227,02	4956094,77	2016633,50
V1_2	Terciaria	5	Existente	Buena	4,92	5	4948270,71	2029156,53	4947491,07	2026492,52
V1_3	Terciaria	3	Existente	Buena	21,52	5	4949797,61	2028796,13	4970399,65	2026940,04
V1_3_1	Terciaria	3	Existente	Buena	11,61	5	4951013,29	2028534,95	4954876,82	2018653,69
V1_3_1_1	Terciaria	5	Existente	Buena	3,81	5	4951250,48	2027806,25	4950383,36	2024831,47
V1_3_1_1_1	Terciaria	5	Existente	Buena	1,50	5	4950033,73	2026512,73	4950454,46	2025201,52
V1_3_1_2	Terciaria	2	Existente	Buena	17,38	7	4952592,37	2025375,68	4967086,07	2019191,28
V1_3_1_2_1	Terciaria	4	Existente	Buena	1,92	5	4954232,68	2025134,32	4953668,73	2023564,08
V1_3_1_2_2	Terciaria	5	Existente	Buena	3,08	5	4957837,18	2022490,11	4957013,21	2020887,86
V1_3_2	Terciaria	4	Existente	Buena	6,04	5	4951607,66	2028829,52	4956117,35	2030315,24
V1_3_2_1	Terciaria	4	Existente	Buena	11,57	5	4952779,25	2030058,60	4963069,81	2028976,26
V1_3_2_2	Terciaria	4	Existente	Buena	1,13	5	4954978,50	2031001,40	4955222,34	2029908,93
V1_3_3	Terciaria	4	Existente	Buena	3,89	5	4955608,99	2028434,67	4953239,18	2025494,79
V1_3_3_1	Terciaria	4	Existente	Buena	11,54	5	4955180,11	2027863,74	4964263,03	2022345,14
V1_3_3_1_1	Terciaria	5	Existente	Buena	3,29	5	4960066,61	2023908,41	4958106,49	2022304,99
V1_3_4	Terciaria	4	Existente	Buena	2,45	5	4955605,90	2028435,71	4955187,65	2029905,83
V1_3_5	Terciaria	4	Existente	Buena	2,92	5	4958412,83	2027774,46	4958633,80	2030018,94
V1_3_6	Terciaria	5	Existente	Buena	5,33	5	4965509,84	2027533,16	4967436,52	2031564,19
V1_3_6_1	Terciaria	4	Existente	Buena	1,60	5	4965815,43	2030599,88	4967288,73	2030591,04
V1_3_7	Terciaria	5	Existente	Buena	1,59	5	4965753,22	2027485,93	4964930,95	2026229,95
V1_3_8	Terciaria	5	Existente	Buena	1,76	5	4966038,92	2027434,52	4965518,51	2025832,12
V1_3_8_1	Terciaria	4	Existente	Buena	4,09	5	4965723,56	2026105,24	4968536,43	2023643,56
V1_3_8_2	Terciaria	5	Existente	Buena	3,32	5	4965656,51	2025941,96	4964072,39	2023363,26
V1_4	Terciaria	3	Existente	Buena	10,63	5	4954083,70	2033046,55	4962939,42	2033732,81
V1_4_1	Terciaria	4	Existente	Buena	1,95	5	4958772,30	2031798,86	4958614,00	2030016,31
V1_1_10	Terciaria	5	Existente	Buena	2,15	5	4957684,18	2017644,40	4957972,51	2015715,44
V1_1_11	Terciaria	5	Existente	Buena	2,35	5	4957745,52	2017625,29	4959437,77	2018927,20
V1_1_12	Terciaria	4	Existente	Buena	2,98	4	4963750,30	2017590,17	4966138,01	2018918,95

Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)



➤ **Tramos de vías específicos a adecuar, a partir de los cuales se construirán las vías de acceso a las plataformas u otra infraestructura**

La localización de la infraestructura a construir contemplada en el EIA para el Área Desarrollo Llanos 141 será definida a la luz de la Zonificación de Manejo Ambiental que hace parte integral de este estudio y será presentada en los diferentes PMAE que se realicen acompañados de los respectivos diseños específicos; en este orden de ideas, la definición del punto de inicio de las vías a construir a partir de las vías existentes al igual que los tramos que sean objeto de adecuación, mantenimiento y/o ampliación a lo largo de estas últimas estará sujeta a la ubicación definitiva de la infraestructura a la que se requiera acceder.

En consonancia con lo anterior, para cada una de las actividades que definen esta estrategia se estiman longitudes generales, las cuales se presentaron anteriormente en el ítem Cantidades a solicitar para el Área de Desarrollo Llanos 141 (ver **Tabla 2.2.2-7**).

➤ **Trazado de las vías de acceso existentes actualmente, acorde con las condiciones reales del área de influencia**

El trazado, longitudes y características de cada una de las vías identificadas dentro del Área de Influencia Físico Biótica definida para el Área de Desarrollo Llanos 141 se encuentran reunidas en el numeral **2.2.1.1. Infraestructura vial**, del presente documento.

➤ **Alternativas de trazado y las especificaciones técnicas de las vías a construir**

El alcance de la presente estrategia de desarrollo y como su nombre lo indica, comprende la adecuación, mantenimiento y/o ampliación de vías existentes, a la luz de lo anterior y considerando que la intervención de vías a adecuar corresponde a vías terciarias, en la **Tabla 2.2.2-9** se listan las especificaciones técnicas generales para este tipo de vías. Así las cosas y a la luz de las actividades que conforman el mantenimiento, adecuación y ampliación de vías existentes, se realizarán con base en las especificaciones técnicas institucionales.

**Tabla 2.2.2-9 Especificaciones técnicas para vías terciarias**

Parámetro	Unidad	Valor
Velocidad de Diseño (VD)	Km/h	20
Carril (a)	m	3
Categoría de la carretera	-	Terciaria
Radio Mínimo (RC)	m	15
Longitud mínima de la curva circular	m	11
Pendiente máxima terciaria	%	16
K curva convexa	-	1
K curva cóncava	-	3
Longitud mínima curva vertical	m	20

Fuente: Manual de Diseño Geométrico – 2008 – INVIAS; Adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

➤ **Métodos constructivos e instalaciones de apoyo (campamentos, talleres, y otras)**

• **Métodos constructivos**

En la **Tabla 2.2.2-10** se listan las actividades a ejecutar para el mantenimiento y/o rehabilitación de vías existentes.

**Tabla 2.2.2-10 Actividades a ejecutar asociadas a la adecuación, mantenimiento y/o ampliación de vías existentes**

ETAPA	SUBETAPA	ACTIVIDAD	ID
CONSTRUCTIVA (OBRAS CIVILES NECESARIAS)	ADECUACIÓN Y/O CONSTRUCCIÓN DE INFRAESTRUCTURA BÁSICA, APOYO, FACILIDADES DE PRODUCCIÓN Y ELÉCTRICA	Localización y replanteo	A3
		Desmonte, descapote, rocería y limpieza	A4
		Cuneteo, extendido, nivelación y compactación	A5
		Movimiento de tierras (excavación, cortes y rellenos)	A6
		Construcción de obras para cruces de drenajes (ocupaciones de cauce)	A7
		Obras para manejo de drenajes, aguas superficiales y aguas aceitosas	A8
		Construcción de estructuras en concreto	A9
		Estabilización y revegetalización de Taludes	A10
		Suministro e instalación de estructuras metálicas	A11
		Operación de maquinaria y equipos	A12

Fuente: (ECOPETROL S.A., 2023); adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

La descripción de estas actividades al ser similares a las asociadas a la Construcción de nuevas vías, se presentan en el literal 2.2.2.1.1.2, de la Estrategia de Desarrollo denominada **Construcción de nuevas vías**

- **Instalaciones de apoyo**

Para la ejecución del proyecto no se contempla la instalación de campamentos permanentes que permitan el pernoctar al personal en el área de trabajo o aledaña a la misma; en este orden de ideas, el personal no profesional será de la región por lo que pernoctará en sus casas mientras que el personal profesional debe pernoctar en las poblaciones cercanas donde se cuenta con infraestructura hotelera adecuada. Así las cosas, solo se adecuarán campamentos temporales compuestos por carpas modulares en estructura metálica armable, una cubierta en tela de poliéster recubierta de PVC resistente al agua y al sol, en estas carpas se instalarán los profesionales y también servirán para el almacenamiento de materiales que requieren estar cubiertos; instalación de canecas para la disposición de residuos, baños temporales y zona demarcada para el parqueo de maquinaria. En la **Figura 2.2.2-5** se presentan algunos ejemplos de diferentes tipos de instalaciones de apoyo a emplear

**Figura 2.2.2-5 Campamento transitorio e instalaciones de apoyo**



Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

De otra parte, en lo referente a talleres, estos serán los que se encuentren habilitados en el sector y para labores de atención primaria a equipos y/o maquinaria, estas se realizarán al interior de las áreas a intervenir y se realizará acorde a lo consignado en las fichas de manejo asociadas al Programa de manejo a la Gestión de residuos sólidos (LL141\_PM\_AB7), Manejo de residuos líquidos

(LL141\_PM\_AB5) y Manejo de aguas residuales domésticos (ARD) y no domésticos (ARnD) (LL141\_PM\_AB13 y LL141\_PM\_AB14) del presente EIA.

Los caminos de servicio al interior del área a intervenir serán definidos durante el proceso constructivo y en función a la distribución de las áreas donde se realicen las diferentes actividades, adicionalmente se utilizarán las vías de acceso a los sitios de intervención, las cuales se encuentran descritas en el Subcapítulo **2.2.1 Infraestructura existente**, numeral **2.2.1.1 Vías existentes** del presente EIA. Los sitios destinados al almacenamiento de combustibles, sustancias químicas y lubricantes se podrá realizar en las áreas de intervención siempre y cuando se cumpla con las mediadas de manejo adecuadas y consignadas en las fichas referidas anteriormente.

➤ **Volumen estimado de cortes y rellenos**

Los volúmenes de material tanto en corte como en relleno serán estimados al momento de la construcción y/o mejoramiento de cada vía y presentados dentro de los respectivos Planes de Manejo Ambiental Específicos, pero teniendo como premisa no superar la longitud de vías referidas anteriormente en la **Tabla 2.2.2-7**, de igual manera se considerará el tipo de vía a intervenir (tipo IGAC) para definir el ancho del corredor y tipo de capa de rodadura (en términos generales se construirán e intervendrán vías tipo 3, tipo 4 y tipo 5), cuyas características se mencionan a continuación, según (*Instituto Geográfico Agustín Codazzi e Instituto Panamericano de geografía e historia 2017*).

- **Vías tipo 3:** Son aquellas vías de acceso que unen las cabeceras municipales principales con sus veredas. Las carreteras consideradas como Tipo 3 deben funcionar en pavimento y su característica especial, es que son angostas, pero deben cumplir con las condiciones adecuadas de diseño estructural. Transitables todo el año.
- **Vías tipo 4:** Son aquellas que funcionan sin pavimentar y en afirmado, son angostas y transitables todo el año. Estas se caracterizan por unir veredas entre sí. Transitables todo el año.
- **Vías tipo 5:** Son aquellas vías o corredores veredales que se comunican entre sí, y están sin pavimentar, a nivel del terreno natural sin mantenimiento periódico y son transitables en tiempo seco. Transitables solo en tiempo seco.

En la **Tabla 2.2.2-11** se consignan los volúmenes de movimientos estimados para la adecuación, mantenimiento y/o ampliación de vías.

**Tabla 2.2.2-11 Cantidades de materiales estimadas para la adecuación, mantenimiento y/o ampliación de vías**

Tipo de actividad	Longitud (m)	Ancho de vía a intervenir (m)	Espesor descapote (m)*	Espesor excavación (m)	Espesor afirmado y relleno (m)	Volumen Descapote (m3)	Volumen Excavación (m3) (**)	Volumen Afirmado y relleno (m3)
Adecuación (hasta 30% de la longitud total a solicitar 205 km)	205.000,00	Hasta 7	Hasta 0,20	Hasta 1,50	Hasta 0,55	86.100,00	645.750,00	236.775,00
Ampliación (hasta 40% de la longitud total a solicitar 205 Km)		Hasta 3				49.200,00	369.000,00	135.300,00
Mantenimiento (hasta 205 km) (*)		Variable	N. A.	Hasta 0,50	Hasta 0,20	N. A.	102.500,00	41.000,00
<b>TOTALES</b>						<b>135.300,00</b>	<b>1.117.250,00</b>	<b>413.075,00</b>

Nota general: Las cantidades presentadas son estimadas y se ajustarán en función de los diseños presentados en los PMAE con base en las especificaciones técnicas que apliquen

Nota (\*): Esta actividad y cantidad estimada comprende vías a construir, ampliar y adecuar, utilizadas por el proyecto, y correspondientes a vías tipo 3 y tipo 4

Nota (\*\*): Se estima que del volumen total de excavación se contempla reutilizar hasta el 60% del material y hasta un 40% del mismo podrá ser dispuesto en las ZODME autorizadas

Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

➤ **Asentamientos humanos e infraestructura social, económica y cultural a intervenir**

El proyecto Área de Desarrollo Llanos 141 determinó una Zonificación de Manejo Ambiental -ZMA- a partir de la cual se proyectaría la ubicación de las diferentes estrategias de desarrollo en función de las exclusiones y/o condiciones que esta ZMA establece; en este sentido, los asentamientos humanos no serían intervenidos con ocasión del proyecto. Sin embargo, en función de las condiciones que desde el diseño se visualizan, de los procesos y métodos constructivos y demás premisas para la intervención en el área con las diferentes estrategias de desarrollo y sus actividades particulares, enmarcado siempre en la Jerarquía de la Mitigación (como enfoque estratégico para abordar los impactos ambientales desde la prevención y minimización de estos), es factible la intervención en áreas que cuenten con algún tipo de infraestructura social que pueda ser trasladada o construida de nuevo prestando el servicio para el cual fue inicialmente concebida (v.g aljibes y/o pozos profundos). Por su parte, las unidades familiares que eventualmente presenten algún tipo de afectación, con ocasión de las actividades del proyecto, serían objeto de un traslado temporal que no implica la reubicación de la unidad familiar.

En virtud de lo anterior, se reitera que los asentamientos humanos no serán objeto de intervención y que en todos los casos (y para todas las estrategias de desarrollo del proyecto Área de Desarrollo Llanos 141) en el presente EIA se incluye, como parte del Programa de Compensación Social cuyo objetivo es el de “Garantizar el restablecimiento de infraestructura social afectada por las estrategias de desarrollo del proyecto” y para ello cuenta las acciones tendientes a implementar las medidas necesarias para que la infraestructura social y comunitaria eventualmente afectada sea restablecida.

➤ **Fuentes de emisiones atmosféricas que se generarán en cuanto a gases o partículas**

Las emisiones atmosféricas (gases, material particulado y ruido ambiental) son consideradas en la evaluación de impactos ambientales con ocasión del proyecto Área de Desarrollo Llanos 141; en este sentido, fueron identificados y evaluados los impactos “Alteración a la calidad del aire[1]” y “Alteración en los niveles de presión sonora[2]” y, en consecuencia, se planteó en el presente EIA el Programa de manejo del recurso aire con las correspondientes fichas de manejo de fuentes de emisiones atmosférica y manejo de fuentes de ruido, cuyos objetivos son:

- Establecer las medidas de manejo ambiental que permitan prevenir y mitigar las emisiones de contaminantes a la atmósfera, que se puedan generar por el desarrollo del proyecto.
- Implementar las acciones de manejo para los impactos asociados a la calidad de aire mediante el control de material particulado y emisiones en fuentes móviles y fijas que así lo requieran.

En virtud de lo anterior, las fichas propenden, entre otros, por el uso de maquinaria con bajas emisiones (con motores modernos, eficientes y mantenidos que cumplen con las normativas en materia de emisión y ruido); por la implementación de sistemas de reducción de emisiones (como catalizadores, filtros u otros que sean técnica y económicamente viables y permitan disminuir la cantidad de gases emitidos); sistemas y/o programas de riego para el control de material particulado, en conjunto con barreras y/o cubiertas que eviten la dispersión; barreras acústicas, maquinarias con niveles de ruido reducidos, entre otros”.

➤ **Emisiones de ruido por fuentes fijas o móviles**

Las emisiones atmosféricas (gases, material particulado y ruido ambiental) son consideradas en la evaluación de impactos ambientales con ocasión del proyecto Área de Desarrollo Llanos 141; en este sentido, fueron identificados y evaluados los impactos “Alteración a la calidad del aire[1]” y “Alteración en los niveles de presión sonora[2]” y, en consecuencia, se planteó en el presente EIA el

Programa de manejo del recurso aire con las correspondientes fichas de manejo de fuentes de emisiones atmosférica y manejo de fuentes de ruido, cuyos objetivos son:

- Controlar y atenuar los niveles de presión sonora generada durante todas las etapas del proyecto con el fin de no aportar más niveles de ruido de los ya registrados en línea base.

En virtud de lo anterior, las fichas propenden, entre otros, por el uso de maquinaria con bajas emisiones (con motores modernos, eficientes y mantenidos que cumplen con las normativas en materia de emisión y ruido); por la implementación de sistemas de reducción de emisiones (como catalizadores, filtros u otros que sean técnica y económicamente viables y permitan disminuir la cantidad de gases emitidos); sistemas y/o programas de riego para el control de material particulado, en conjunto con barreras y/o cubiertas que eviten la dispersión; barreras acústicas, maquinarias con niveles de ruido reducidos, entre otros.

La información de los estudios realizados sobre calidad de aire en la zona de influencia del proyecto como los modelos requeridos de dispersión y sus medidas de manejo se presentan en el capítulo 3 Caracterización del área de influencia del proyecto – 3.2.9. Atmósfera, Anexo 3.2.9.2 Calidad de aire, y Capítulo 7 Plan de Manejo Ambiental del presente documento.

➤ **Estimativos de maquinaria, equipos y mano de obra**

En cuanto a la ejecución de las actividades asociadas a esta estrategia de desarrollo es necesario contar con una cantidad de veinticuatro (24) personas, que hacen parte de mano de obra profesional y que está constituida por ingenieros, ayudantes técnicos, supervisores, operadores de equipo y maquinaria pesada, conductores y maestros de obra, así como por mano de obra no profesional. En la **Tabla 2.2.2-12** se relaciona el personal estimado para la construcción de la locación y vía asociada. La cantidad de personal es estimada y podría variar según el proyecto a ejecutar, por imprevistos en el desarrollo de las obras o variación de las condiciones del entorno, entre otros casos.

**Tabla 2.2.2-12 Personal requerido para las obras civiles a realizar en la plataforma y vía (construcción, mejoramiento, adecuación, mantenimiento, rehabilitación)**

Actividad	Cargo	Cantidad	Mano de obra
REPLANTEO Y CONTROL TOPOGRÁFICO	Topógrafo	1	Profesional
	Cadenero	2	No Profesional
	Estaquero o ayudante	2	No Profesional
OBRAS CIVILES EN VÍAS	Ingenieros	1	Profesional
	Maestro de obra	1	Profesional
	Oficiales	2	Profesional
MOVIMIENTO DE TIERRAS Y COMPACTACIÓN	Obreros	8	No Profesional
	Operador retroexcavadora	1	Profesional
	Operador motoniveladora	1	Profesional
MOVILIZACIÓN Y ACARREO	Operador compactador	1	Profesional
	Conductor Volquetas	2	Profesional
	Conductor carro-tanques	1	Profesional
	Conductor camionetas	1	Profesional
<b>CANTIDAD APROXIMADA</b>		<b>24</b>	

Nota (\*): El personal indicado es estimado, el número dependerá de los requerimientos propios del proyecto y de la actividad específica que se lleve a cabo. Por tal razón, el personal podrá variar según lo presentado, (ECOPEPETROL S.A., 2023)  
Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

El listado de equipos a emplear en la construcción de una vía y plataforma se consignan en la **Tabla 2.2.2-13**

**Tabla 2.2.2-13 Maquinaria mínima para obra**

MAQUINARIA	CANTIDAD
Bulldozers (Tipo CAT D6 o superior)	1
Motoniveladora.	2
Excavadoras.	2
Retroexcavadoras.	1
Retrocargador	1
Compactadores y Vibro compactadoras.	2
Compactadores manuales (Apisonador o canguro, placa vibradora o rana). *	2
Camión	1
Autohormigonera	1
Bus o buseta	1
Camioneta doble cabina	3
Carrotanque	1
Tren de volquetas sencillas o doble troques	-
Camabaja	1
Mezcladora	1
Motobombas 6"	2
Motobombas 4"	2
Herramientas menores	-

Fuente: Anexo 2. Descripción del proyecto / 5.CIV / ECP-ULL-19036-GON-IC02-0-GEN-IF-001-0;; adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

➤ **Duración de las obras, etapas y cronograma de actividades**

Para las actividades de mantenimiento no se presenta cronograma, dado que las mismas se realizan de manera continua a lo largo del desarrollo del proyecto, de manera preventiva o al momento de presentarse alguna avería que conlleve la intervención inmediata para su solución. La ejecución de las obras será reportada en el Informe de Cumplimiento Ambiental –ICA-; sin embargo, es de señalar que el mantenimiento se realizará a lo largo de las diferentes fases de desarrollo del Área de Desarrollo 141 según lo estimado en la **Tabla 2.2.2-14**

**Tabla 2.2.2-14 Fases de desarrollo del campo en donde se contempla la adecuación, mantenimiento y/o ampliación de vías existentes**

ESTRATEGIAS DEFINIDAS EN LOS HI-TER-1-03		ESTRATEGIAS DE DESARROLLO A SOLICITAR EN EL PRESENTE EIA					FASES																	
ID	ESTRATEGIA DE DESARROLLO	CICLO ASOCIADO AL DESARROLLO DEL CAMPO	ED	ESTRATEGIAS DE DESARROLLO	CANTIDADES A SOLICITAR	CANTIDADES PROYECTADAS POR FASE	0			1														
							EXPLORACIÓN			DESARROLLO - PRODUCCIÓN														
							AÑOS																	
							1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15			
1	Vías de acceso al área y locaciones	Estrategias asociadas a la producción de hidrocarburos	ED1	Adecuación, mantenimiento y/o ampliación de vías existentes	Hasta 205 km	Hasta 50 km																		
						Hasta 205 km																		

Fuente: ECOPELROL S.A., 2023; adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

➤ **Actividades de mantenimiento**

La ejecución de las obras y actividades de mantenimiento en vías se realiza con el objetivo de asegurar la funcionalidad de las diferentes vías que permiten el acceso y movilización a lo largo del área de influencia físico biótica definida para el Área de Desarrollo Llanos 141, así como la conectividad entre los diferentes bloques e infraestructura petrolera. Es por esto que se realiza un plan de intervención a estos corredores con la programación de mantenimientos de tipo preventivo y periódico.

➤ **Desmantelamiento y restauración de áreas intervenidas**

El desmantelamiento consiste en la limpieza de todos los residuos generados tales como sobrantes de concreto, bolsas de cemento, cintas de seguridad, madera, sobrantes de acero, alambres, etc.; el retiro de la maquinaria pesada que se usó junto con las herramientas menores como mezcladoras,



carretillas, palas, etc., Este se realizará en las áreas de intervención asociada a cada actividad, que corresponden al sector acondicionado como campamentos temporales. Instalaciones de apoyo, y la zona de ejecución de actividades en la vía como son banca de la vía, calzada, taludes de corte y/o terraplén, sitios de obras de arte objeto de mantenimiento, reparación o remplazo, Estas actividades se presentan de forma detallada en el **Capítulo 10 Plan de Desmantelamiento y Abandono**, del presente Estudio de Impacto Ambiental.

➤ **Impactos ambientales asociados**

Los impactos generados por el desarrollo de estas subactividades se presentan en el **Capítulo 5, Evaluación Ambiental**, del presente Estudio de Impacto Ambiental.

**2.2.2.1.1.2 Construcción de nuevas vías (ED2)**

Para el desarrollo de las actividades relacionadas a la explotación, producción y transporte de hidrocarburos, es necesaria la utilización de vías tanto existentes como proyectadas, estas últimas para acceder a nuevos sectores de intervención por parte de la operación. En este orden de ideas, se considera necesaria la construcción de nuevos corredores los cuales se conformarán teniendo en consideración los criterios Técnicos de las especificaciones de diseño y construcción para la infraestructura vial adoptados por el INVIAS o las Normas técnicas aplicables a la actividad. El trazado y construcción de este tipo de infraestructura se realizará respetando lo estipulado por la zonificación de manejo ambiental del presente estudio.

➤ **Longitud de vías a solicitar requeridas para el Área de Desarrollo Llanos 141**

Se solicita la inclusión de construcción de nuevas vías según las necesidades y en las longitudes máximas relacionadas; estas vías permitirán acceder a los sectores donde se proyecte la construcción de infraestructura requerida para la operación del Área de Desarrollo Llanos 141 en sus diferentes etapas de desarrollo relacionadas en la **Tabla 2.2.2-15**; el trazado de estas nuevas vías se realizará a la luz de la zonificación de manejo ambiental que hace parte integral de este estudio.

**Tabla 2.2.2-15 Longitud de vías a solicitar requeridas para el Área de Desarrollo Llanos 141**

Tipo de actividad	Clasificación Invias	Clasificación IGAC	Ancho de banca (m)	Derecho de vía (m)	Longitud (Km)	Área total a solicitar para esta estrategia (ha)
Construcción de vías	TERCIARIAS	3, 4	Hasta 6	Hasta 12	20	24

Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

➤ **Identificación de las vías a utilizar y propuesta de mejoramiento, rehabilitación y mantenimiento, la cual deberá incluir como mínimo obras a construir. Esto deberá incluir las obras de arte existentes a lo largo de todas las vías que sean susceptibles de ser usadas en la ejecución del proyecto**

La presente estrategia contempla la construcción de nuevas vías; la propuesta de mejoramiento, rehabilitación y mantenimiento se consigna en la estrategia 2.2.2.1.1.1 Adecuación, mantenimiento y/o ampliación de vías existentes (ED1), mientras la identificación de las vías a utilizar se presenta como parte integral de la estrategia señalada en el numeral 2.2.2.1.1.2 Identificación de las vías a utilizar y propuesta de mejoramiento, rehabilitación y mantenimiento, la cual deberá incluir como mínimo obras a construir. Esto deberá incluir las obras de arte existentes a lo largo de todas las vías que sean susceptibles de ser usadas en la ejecución del proyecto.



Adicionalmente, la descripción específica de cada una de las vías a utilizar, así como la relación de las obras de arte asociadas se desarrolla se consigna en el numeral 2.2.1.1. Infraestructura vial, del presente documento), así como en el mapa 3\_Mapa de accesibilidad, que hace parte del Anexo Cartográfico del presente EIA

- **Referenciar cualitativa (referencias de sitios indicados específicamente) y cuantitativamente (kilometraje y coordenadas) los tramos de vías específicos a adecuar, a partir de los cuales se construirán las vías de acceso a las plataformas u otra infraestructura. Estas referencias se deberán incluir tanto en la descripción de las actividades que se ejecutarán en estas vías como en la cartografía.**

La localización de la infraestructura a construir contemplada en el EIA para el Área de Desarrollo Llanos 141 será definida a la luz de la Zonificación de Manejo Ambiental que hace parte integral de este estudio y será presentada en los diferentes PMAE que se realicen acompañados de los respectivos diseños específicos; en este orden de ideas, la definición del punto de inicio de las vías a construir a partir de las vías existentes al igual que los tramos que sean objeto de adecuación, mantenimiento y/o ampliación a lo largo de estas últimas estará sujeta a la ubicación definitiva de la infraestructura a la que se requiera acceder.

En consonancia con lo anterior, las longitudes asociadas a la adecuación de vías se relacionan en la estrategia 2.2.2.1.1.1 Adecuación, mantenimiento y/o ampliación de vías existentes (ED1), ítem Cantidades a solicitar para el Área de Desarrollo Llanos 141, Tabla 2.2.2-7.

- **Trazado de las vías de acceso existentes actualmente, acorde con las condiciones reales del área de influencia directa**

El trazado, longitudes y características de cada una de las vías identificadas dentro del Área de Influencia Físico Biótica definida para el Área de Desarrollo Llanos 141 se encuentran reunidas en el numeral 2.2.1.1. Infraestructura vial, del presente documento; así como en el mapa 3\_Mapa de accesibilidad, que hace parte del Anexo Cartográfico del presente EIA.

- **Alternativas de trazado y las especificaciones técnicas de las vías a construir**

Las especificaciones técnicas de las vías de acceso a las áreas operativas, facilidades, Locaciones y demás infraestructura asociada, se presentan en la **Tabla 2.2.2-16**. Es de señalar que la velocidad de diseño se define como un rango entre 20 km/h y 40 km/h, de acuerdo con las condiciones del terreno como se muestra en la **Tabla 2.2.2-17**.

**Tabla 2.2.2-16 Especificaciones técnicas para la construcción y/o mejoramiento de vías**

CRITERIOS DE DISEÑO	
Terreno	Plano – Ondulado - Montañoso
Derecho de vía	15 m
Velocidad de diseño	40 km/h – 20 km/h
Vehículo de diseño	C3S3
Tipo de curva horizontal	Circular
Radio de giro mínimo	22 m
Número de carriles	2
Ancho de carril	3 m
Bombeo	2%-3%
Drenaje	Cunetas laterales
Talud de corte	1,25H : 1V
Talud de relleno	2H:1V
Longitud total (km)	20 km

(\*) Valor promedio. El definitivo se debe establecer con base en estudios específicos y se presentará en los PMAEs e ICAs. Fuente: Anexo 2. Descripción del proyecto / 1.GENERALES / ECP-ULL-LLANOS141-IP01-0-GEN-IF-002-D1; adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

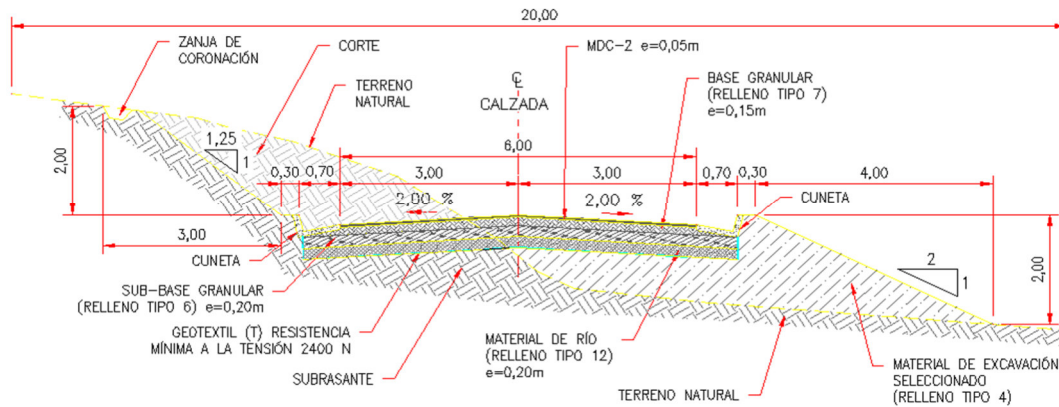
Tabla 2.2.2-17 Valores de la velocidad de diseño de los tramos homogéneos ( $V_{TR}$ ) en función de la categoría de la carretera y el tipo del terreno

CATEGORÍA DE LA VÍA	TIPO DE TERRENO	VELOCIDAD DE DISEÑO DE UN TRAMO HOMOGÉNEO VTR (Km/h)									
		20	30	40	50	60	70	80	90	100	110
Primaria de dos calzadas	Plano										
	Ondulado										
	Montañoso										
	Escarpado										
Primaria de una calzada	Plano										
	Ondulado										
	Montañoso										
	Escarpado										
Secundaria	Plano										
	Ondulado										
	Montañoso										
	Escarpado										
Terciaria	Plano										
	Ondulado										
	Montañoso										
	Escarpado										

Fuente: Anexo 2. Descripción del proyecto / 1.GENERALES / ECP-ULL-LLANOS141-IP01-0-GEN-IF-002-D1; adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

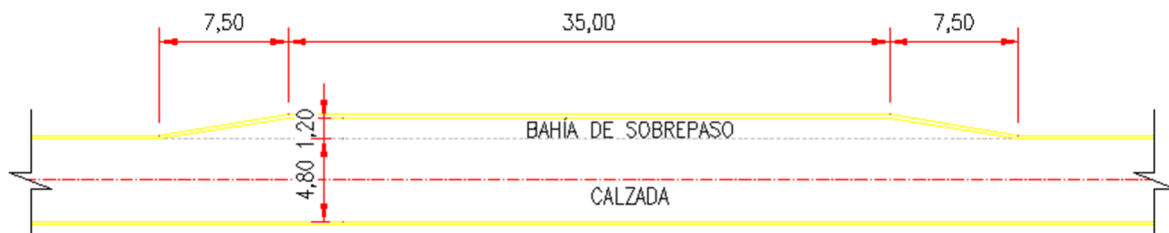
De otra parte, de la **Figura 2.2.2-6** a la **Figura 2.2.2-8**, se reúnen las secciones típicas de las vías a construir, bahías de sobrepaso y sobreechamientos, sin embargo, las mismas son susceptibles a modificación, en concordancia a las características particulares del área y los proyectos a realizar.

Figura 2.2.2-6 Sección típica de vías proyectadas



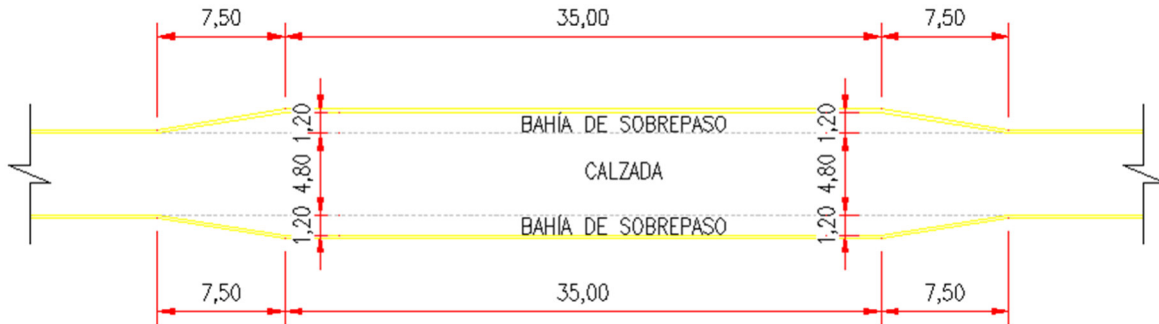
Fuente: Anexo 2. Descripción del proyecto / 5.CIV / ECP-ULL-LLANOS141-IP01-0-CI-PL-002-D1; adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

Figura 2.2.2-7 Sección típica Bahía de sobrepaso



Fuente: Anexo 2. Descripción del proyecto / 5.CIV / ECP-ULL-LLANOS141-IP01-0-CI-PL-002-D1; adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

**Figura 2.2.2-8 Sobreancho doble**



Fuente: Anexo 2. Descripción del proyecto / 5.CIV / ECP-ULL-LLANOS141-IP01-0-CI-PL-002-D1; adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

Finalmente, el trazado y construcción de las nuevas vías, se realizará con base en las especificaciones técnicas institucionales compiladas en el Anexo 2. Descripción del proyecto \ 7\_ESPEC\_TECN\_OBRAS CIVILES y 5.CIVIL \ ECP-ULL-LLANOS141-IP01-0-CI-PL-002-D1) y considerando a las siguientes apreciaciones generales:

- Serán realizados en concordancia a la zonificación de manejo ambiental del presente estudio.
- Dependerá de la localización final de la infraestructura petrolera (i.e: plataformas, estaciones e instalaciones en general) a las que se requiera acceder.
- Su punto de inicio se localiza sobre vías existentes y finalizará en la infraestructura a la que se necesita conectar.
- Se propenderá por mantener la menor longitud de vía y la misma deberá considerar la estabilidad geotécnica, una buena visibilidad y presentar en lo posible menores volúmenes de corte y relleno.

➤ **Métodos constructivos e instalaciones de apoyo (campamentos, talleres, y otras)**

• **Métodos constructivos**

El trazado y construcción de las nuevas vías, se realizará con base en los diseños típicos presentados en el **Anexo 2. Descripción del proyecto / 5.CIV / ECP-ULL-LLANOS141-IP01-0-CI-PL-002-D1**, así como en las especificaciones técnicas institucionales compiladas en el **Anexo 2. Descripción del proyecto \ 2.2\_Estrategias\_Desarrollo \ 7\_ESPEC\_TECN\_OBRAS CIVILES**, así como las Guías de manejo ambiental (incluidas en el mismo anexo) y considerando a las siguientes apreciaciones generales:

- Serán realizados en concordancia a la zonificación de manejo ambiental del presente estudio.
- Dependerá de la localización final de la infraestructura petrolera (i.e: plataformas, estaciones e instalaciones en general) a las que se requiera acceder.
- Su punto de inicio se localiza sobre vías existentes, de igual manera y de ser necesario, de las vías proyectadas podrán desprenderse otras vías y tanto unas como otras finalizarán en la infraestructura a la que se necesita conectar (i.e: vías, clústeres, CPF, ZODMEs, entre otros).
- Se propenderá por mantener la menor longitud de vía y la misma deberá considerar la estabilidad geotécnica, una buena visibilidad y presentar en lo posible menores volúmenes de corte y relleno.

En la **Tabla 2.2.2-18** se listan las actividades a ejecutar para la construcción, mantenimiento y/o rehabilitación de vías existentes

Tabla 2.2.2-18 Actividades a ejecutar

ETAPA	SUBETAPA	ACTIVIDAD	ID
CONSTRUCTIVA (OBRAS CIVILES NECESARIAS)	ADECUACIÓN Y/O CONSTRUCCIÓN DE INFRAESTRUCTURA BÁSICA, APOYO, FACILIDADES DE PRODUCCIÓN Y ELÉCTRICA	Localización y replanteo	A3
		Desmante, descapote, rocería y limpieza	A4
		Cuneteo, extendido, nivelación y compactación	A5
		Movimiento de tierras (excavación, cortes y rellenos)	A6
		Construcción de obras para cruces de drenajes (ocupaciones de cauce)	A7
		Obras para manejo de drenajes, aguas superficiales y aguas aceitosas	A8
		Estabilización y revegetalización de Taludes	A10
		Suministro e instalación de estructuras metálicas	A11
		Operación de maquinaria y equipos	A12

Fuente: (ECOPETROL S.A., 2023); adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

A continuación, se presenta una breve descripción de cada una de las actividades referidas al proceso constructivo, mientras la descripción de actividades asociadas a la etapa preoperativa, desmantelamiento y abandono y actividades transversales, por ser comunes para el desarrollo de las diferentes estrategias de desarrollo y en aras de no ser repetitivos en la información a presentar, se encuentran consignadas y descritas de manera general en la Tabla 2.2.2-2 del presente documento.

○ **Localización y replanteo (A3)**

Previo a las actividades de obras civiles asociadas a la construcción de infraestructura básica, de apoyo, líneas de flujo e infraestructura eléctrica se deben realizar los trabajos por la comisión de topografía para determinar la localización planimétrica, altimétrica, a partir de puntos y ejes; de igual manera se determinan las zonas de corte y relleno con sus respectivos chaflanes; todas las anteriores deben quedar debidamente georreferenciadas y materializadas en campo por medio de estacas y/o mojones estables construidos con materiales duraderos (concreto, madera cepillada e inmunizada, puntillas y pintura no lavable de colores fuertes), y así mismo, que sean visibles e identificables para la localización, nivelación y/o verificación de la ubicación de las diferentes excavaciones, rellenos y estructuras. El control de la ubicación de las obras se realiza, de manera que todos los elementos nuevos cuenten con coordenadas que estén sujetas a un sistema de referencia de coordenadas determinado.

De otra parte, es de señalar que si se llegase a identificar la presencia de redes asociadas a servicios públicos (i.e: líneas de gas, acueducto, redes eléctricas) que requieran de su reubicación, se deberá establecer el contacto de manera inmediata con el operador y responsable de la infraestructura existente para solicitar esta reubicación y/o acordar el procedimiento a seguir; en este orden de ideas, ECOPETROL S. A. o sus contratistas no son responsables de ejecutar las labores de retiro y reubicación de este tipo de infraestructura.

○ **Desmante, descapote, rocería y limpieza (A4)**

Esta actividad corresponde a la remoción de la capa superficial del terreno natural, en un espesor promedio de 25, así como el retiro de tierra vegetal, turba, cieno, material orgánico, palmeras, árboles, arbustos, pasto, raíces y demás materiales de tipo orgánico. En lo posible se removerá la cobertura vegetal existente de pastos y rastrojos, evitando la intervención de áreas boscosas. El material resultante se acumulará en sitios planos ubicados en cercanía de las vías a construir con el fin de utilizarlo en la restauración de las áreas intervenidas.

La operación de descapote no se limitará a la sola remoción de las capas superficiales, sino que incluirá la extracción de todas aquellas partes como cepas, y raíces que, en concepto del Interventor, sean inconvenientes para la ejecución del trabajo; estos trabajos de desmonte, limpieza y descapote deben respetar obras públicas y estructuras que no estén destinadas a ser demolidas o afectadas según los planos respectivos; las actividades de desmonte, descapote, rocería y limpieza se realizarán en las áreas donde se proyecte la ejecución de obras civiles (**Figura 2.2.2-9**).

**Figura 2.2.2-9 Ejemplo de área donde se proyecta la ejecución de tareas de desmonte, descapote, rocería y limpieza ya sea para construcción de una vía de acceso o una locación**



Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

- **Cuneteo, extendido, nivelación y compactación (A5)**

En lo referente al cuneteado (conformación de cunetas) la misma se debe realizar a lo largo de las áreas donde se realizarán obras civiles asociadas a la adecuación y/o construcción de vías, construcción de infraestructura (i.e: locaciones) e instalación de equipos necesarios para la perforación de pozos, y la adecuación de las ZODMES; esta actividad se realiza una vez realizado el descapote, en aras de preparar el terreno. El material resultante del cuneteado y escarificado (excepto el material vegetal), se extenderá y nivelará con ayuda de la motoniveladora, dándole un bombeo del 2% hacia los costados, posteriormente con el vibro-compactador se le dará la densidad requerida a esta capa de terreno existente, la cual servirá de base para la capa de afirmado.

En los sitios que se hayan definido en el diseño final de las obras, se perfilarán las cunetas de aguas lluvias a lado y lado de la calzada, sobre la rasante con anchos de 0,50 m y profundidades variables entre 0,20 m y 0,50 m, o según lo definido en el cálculo del caudal de escorrentía y el diseño hidráulico; asimismo se deberán construir alcantarillas para el manejo transversal de los drenajes; zanjás de coronación y filtros para controlar la estabilidad de los taludes así como descoles con disipadores de energía que permitan entregar de forma controlada el agua captada hacia los drenajes naturales.

El material resultante del cuneteado y escarificado (excepto el material vegetal), se extenderá y nivelará a lo largo de la vía existente con ayuda de la moto-niveladora, dándole un bombeo del 2% hacia los costados, posteriormente con el vibro-compactador se le dará la densidad requerida a esta capa de terreno existente, la cual servirá de base para la capa de afirmado.

Teniendo en cuenta que el área de, en términos generales, presenta una topografía variada, con pendientes que divagan del 0% al 50%, cuando la vía se encuentre en un área plana (gradiente del 0% - 3%), la actividad de corte se limita únicamente al descapote y unos cortes pequeños para la conformación de la sub-rasante, por lo cual no se podrá tener la compensación entre los materiales de corte y de relleno (material de corte útil < material de relleno), sin embargo, en caso de que haya



material sobrante, será necesaria la adecuación de un ZODME para su respectiva disposición, en sectores de mayores gradientes se tratará de proponer diseños donde el material de corte y relleno sea compensado o se aproveche al máximo el primero de estos para evitar el material sobrante.

La extensión de material considera un volumen promedio estimado para la construcción y nivelación de la capa de afirmado es de 2,88 m<sup>3</sup>/m (e=0,40m y ancho de calzada promedio 7 m), si se asume un factor de compactación del 30% y un desperdicio del 10%. Una vez terminada la sub-rasante se procede a la conformación de la rasante con 15 cm de Base Granular compactada o Estabilizada con Emulsión Asfáltica que será preparada con antelación, transportada hasta la vía, extendida y conformada según las cotas y áreas determinadas en los planos de construcción. La rasante de la vía de acceso debe tener la sección típica definida, dando bombeo desde el eje hacia ambos costados con una pendiente del 2%. Para la conformación de rellenos o terraplenes sobre los que descansará la superficie de rodadura, se podrán obtener según las siguientes alternativas:

- Material de corte: el material para rellenos deberá en lo posible provenir de material extraído en los cortes realizados para la conformación de la banca
- Zonas de préstamo: consiste en la utilización de los materiales excavados a los lados de la zona de construcción de las vías de acceso, previo descapote, permitiendo de esta manera la elaboración de zanjas laterales para el manejo de las aguas de escorrentía y/o para el drenaje de las aguas subterráneas.
- Se podrán utilizar como fuente de materiales el uso de materiales de construcción provenientes de plataformas y/o Zodmes con el fundamento de aplicar la Economía circular al respecto.
- Fuentes de material: los materiales de construcción también podrán adquirirse de canteras o sitios de extracción que posean los respectivos títulos mineros y licencias ambientales vigentes.

**Figura 2.2.2-10 Nivelado y compactación del terreno**



Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

○ **Movimiento de tierras (excavación, cortes y rellenos) (A6)**

Las actividades relacionadas con movimiento de tierras (Excavación, cortes y rellenos) incluyen todas las obras a realizarse en un terreno con el fin de llegar a los niveles o cotas definidos en los diseños, para la conformación final la diferente infraestructura a construir (i.e: vías, locaciones, placas, obras de arte, entre otras); dentro de esta actividad se trata en lo posible de manejar cortes y rellenos compensados. Las excavaciones se pueden clasificar de varias maneras según el tipo de suelo (roca o suelo), profundidad (superficial o profunda), volumen y forma, es decir, si son en zapatas, zanjas, amplias o pozos.

Una vez realizada la actividad de desmonte y descapote se procede a adelantar la ejecución de movimientos de tierra necesarios, donde se procede a:

- Realizar los cortes en las zonas que lo requieren según los planos de diseño. Para esto se utilizará máquinas de corte como retroexcavadoras, bulldozer y motoniveladoras, que permitan obtener las cotas de diseño.
- Realizar el relleno con material de afirmado sobre el terreno libre de cualquier material de tipo orgánico; se conformará una capa de espesor variable en material de afirmado proveniente del corte realizado en las plataformas construidas al inicio y al final de la vía. Este relleno se hará hasta -0,15m de la cota de diseño.
- Adicionalmente en las zonas donde se evidencie una alta humedad, y con el ánimo de dar una buena capacidad de soporte y estabilidad en el terraplén, se hará uso de una capa de no más 0,5 m de espesor, con material crudo de río.
- En las zonas donde se deben realizar rellenos y que las condiciones de la subrasante lo ameriten, se instalará una capa de Geotextil Tejido tipo T-1700 o de similar resistencia y propiedades mecánicas, que servirá como separador entre las capas de diferentes tipos de material. Durante la etapa de construcciones de los rellenos se debe garantizar la protección de fuentes de agua, cunetas, arboles existentes, drenajes, viviendas, etc., que estén adyacentes a la obra.

Los movimientos de tierra para la adecuación, ampliación y/o construcción de vías se realizan según los diseños finales de ingeniería donde se fundamentan en lo posible la implementación de cortes y rellenos compensados, donde, el material proveniente del corte se usará toda la cantidad de material que cumpla con las características y condiciones técnicas que se necesitan para conformar un relleno.

- **Construcción de obras para cruces de drenajes (ocupaciones de cauce) (A7)**

Corresponden a obras de arte e hidráulicas asociadas a la construcción de obras civiles de tipo lineal (i.e: vías, líneas de flujo); en este orden de ideas, en las corrientes de agua se debe conformar obras que puede cruzarlos ya sea de forma perpendicular o diagonal, lo anterior según lo señale los planos de diseño civiles y/o mecánicos. y de manera que mantengan estables los márgenes del cauce (i.e: enrocados y materiales del sitio, eventualmente se pueden requerir gaviones).

En la **Tabla 2.2.2-19** y **Figura 2.2.2-11** se listan y espacializan las ocupaciones de cauce objeto de solicitud, las cuales serán de tipo multifuncional ya que servirán para la construcción de infraestructura asociada a vías, líneas de flujo y/o entrega de aguas lluvias de infraestructura cercana a cuerpos de agua



Tabla 2.2.2-19 Ocupaciones de cauce objeto de solicitud

ID	Cuerpo de agua asociado	Municipio	Vereda	COORDENADAS ORIGEN NACIONAL						Tipo de ocupación (*) (**)	Franja solicitud (m)
				CENTROIDE		AGUAS ARRIBA		AGUAS ABAJO			
				Este	Norte	Este	Norte	Este	Norte		
Ocp_01	Caño NN1	Cumaral	Inspección San Nicolas	4956278.87	2020265.70	4956297,77	2020311,96	4956246,65	2020227,6	Multipropósito	100 m (50m aguas arriba y 50 m aguas abajo a partir del sitio solicitado).
Ocp_02	Caño NN2	Cumaral	Laguna Brava	4959547.41	2023289.14	4959579,93	2023251,28	4959579,93	2023251,28	Multipropósito	
Ocp_03	Caño NN3	Cumaral	Inspección San Nicolas	4953855.33	2023763.48	4953854,2	2023813,41	4953901,86	2023745,44	Multipropósito	
Ocp_04	Caño Carnicerías	Cumaral	Laguna Brava	4959417.33	2023156.56	4959391,87	2023199,51	4959434,91	2023109,8	Multipropósito	
Ocp_05	Caño NN4	Cumaral	Inspección San Nicolas	4954080.81	2024669.03	4954034,24	2024651,09	4954130,45	2024674,2	Multipropósito	
Ocp_06	Caño El Caibe	Cumaral	Vega Grande	4951691.95	2018605.23	4951697,84	2018654,86	4951694,43	2018555,39	Multipropósito	
Ocp_07	Caño El Caibe	Restrepo	Vega Grande	4950868.27	2018925.29	4950829,76	2018957,18	4950917,51	2018916,97	Captación de aguas superficiales	
Ocp_08	Caño El Caibe	Restrepo	Vega Grande	4950104.44	2021138.43	4950059,5	2021160,27	4950082,71	2021093,51	Multipropósito	
Ocp_09	Caño El Caibe	Cumaral	El Palmar	4952192.66	2019153.28	4952145,48	2019169,68	4952232,74	2019123,56	Multipropósito	
Ocp_10	Caño Bachacal	Cumaral	El Palmar	4953726.25	2019563.77	4953682,87	2019588,44	4953748,63	2019519,15	Multipropósito	
Ocp_11	Caño Bachacal	Cumaral	El Palmar	4955182.72	2019843.32	4955133,96	2019854,05	4955211,26	2019802,32	Multipropósito	
Ocp_12	Caño Bachacal	Cumaral	Inspección San Nicolas	4958377.40	2018265.04	4958331,88	2018285,63	4958426,98	2018270,74	Multipropósito	
Ocp_13	Caño NN5	Cumaral	El Palmar	4955252.36	2020181.26	4955204,02	2020193,65	4955291,96	2020150,87	Multipropósito	
Ocp_14	Caño NN6	Cumaral	El Palmar	4952516.42	2021269.00	4952507,88	2021318,17	4952508,21	2021219,76	Multipropósito	
Ocp_15	Caño NN7	Cumaral	Inspección San Nicolas	4954651.47	2017492.97	4954605,6	2017473,26	4954688,18	2017526,77	Multipropósito	
Ocp_16	Caño Trapiche	Restrepo	Vega Grande	4948682.78	2018409.39	4948640,39	2018435,86	4948732,68	2018411,25	Captación de aguas superficiales	
Ocp_17	Caño NN8	Cumaral	Venturosa	4955161.80	2030404.88	4955111,9	2030403,07	4955210,95	2030395,81	Multipropósito	
Ocp_18	Caño Carnicerías	Cumaral	Chepero	4954271.72	2026753.80	4954229,95	2026781,21	4954320,04	2026741,34	Captación de aguas superficiales	
Ocp_19	Caño NN9	Cumaral	Chepero	4954375.63	2026873.60	4954355,93	2026919,48	4954383,5	2026824,3	Multipropósito	

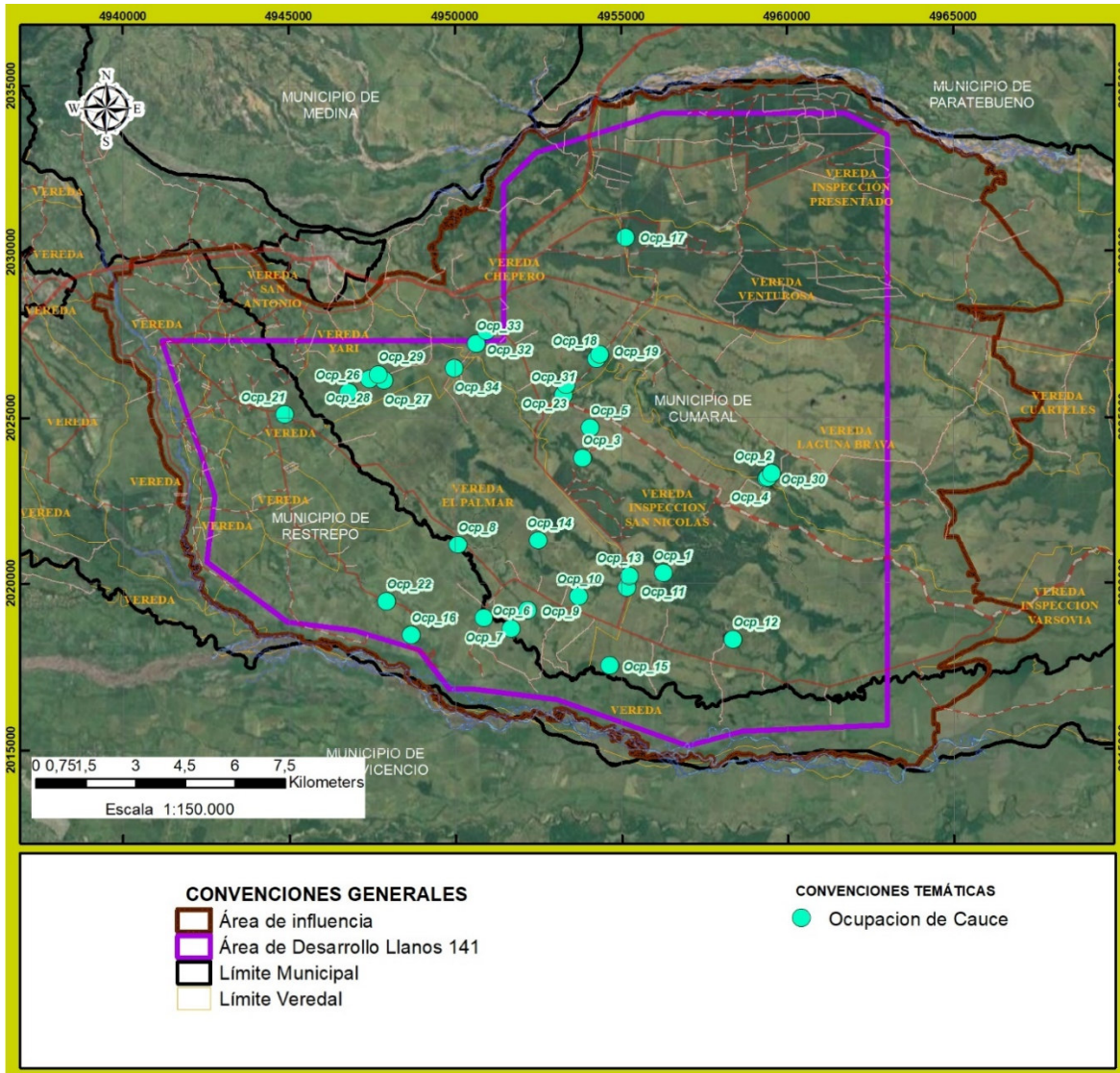
ID	Cuerpo de agua asociado	Municipio	Vereda	COORDENADAS ORIGEN NACIONAL						Tipo de ocupación (*) (**)	Franja solicitud (m)
				CENTROIDE		AGUAS ARRIBA		AGUAS ABAJO			
				Este	Norte	Este	Norte	Este	Norte		
Ocp_21	Caño Vueltudo o Tripas	Restrepo	Sardinata	4944890.17	2025079.63	4944900,35	2025128,49	4944898,63	2025030,45	Multipropósito	100 m aguas arriba y 50 m aguas abajo a partir del sitio solicitado).
Ocp_22	Caño Trapiche	Restrepo	Vega Grande	4947949.88	2019423.92	4947917,79	2019462,13	4947984,32	2019387,69	Multipropósito	
Ocp_23	Caño NN10	Cumaral	Chepero	4953366.41	2025972.02	4953320,73	2025992,21	4953416,31	2025974,97	Multipropósito	
Ocp_26	Caño Piedras Negras	Cumaral	Yari	4946801.66	2025739.31	4946776,6	2025782,51	4946842,7	2025710,91	Multipropósito	
Ocp_27	Caño Tripero	Cumaral	Yari	4947880.61	2026101.87	4947842,83	2026134,54	4947926,33	2026081,8	Multipropósito	
Ocp_28	Caño Tripero	Cumaral	Yari	4947430.79	2026153.04	4947426,3	2026202,76	4947455,63	2026109,7	Multipropósito	
Ocp_29	Caño Tripero	Cumaral	Yari	4947700.46	2026281.85	4947674,55	2026324,51	4947746,16	2026301,98	Multipropósito	
Ocp_30	Caño Carnicerías	Cumaral	Laguna Brava	4959392.44	2023139.78	4959343	2023146,63	4959434,58	2023112,9	Multipropósito	
Ocp_31	Caño NN11	Cumaral	Chepero	4953285.77	2025665.37	4953239,66	2025684,44	4953334,91	2025656,21	Multipropósito	
Ocp_32	Caño NN12	Cumaral	Chepero	4950957.17	2027592.68	4950927,17	2027632,63	4951005,04	2027578,48	Multipropósito	
Ocp_33	Caño Mayuga	Cumaral	Chepero	4950650.78	2027209.17	4950601,79	2027219,05	4950699,18	2027197,02	Multipropósito	
Ocp_34	Caño NN13	Cumaral	Yari	4949995.15	2026469.75	4949969,39	2026512,51	4950024,86	2026429,56	Multipropósito	

Nota (\*): El tipo de obra específico asociado para cruces de vías, líneas de flujo y/o para entrega de aguas de escorrentía a implementar sobre cuerpos de agua será definido y presentado en los respectivos PMAE que contemplen la implementación de este tipo de obras y acompañado de los diseños específicos.

Nota (\*\*): Las ocupaciones multipropósito se clasifican en tres categorías: vías, líneas de flujo y manejo de aguas pluviales/escorrentía. Estas categorías pueden involucrar diversas infraestructuras, tales como alcantarillas de diferentes diámetros (por ejemplo, 12”, 24”, 36”, entre otros) y configuraciones (como sencillas, dobles, triples, entre otras), así como bateas (exclusivamente para reemplazo de bateas existentes), box culvert, pontones, puentes, quiebrapatas y cruces a cielo abierto en el caso de las vías. Específicamente, en el caso de las líneas de flujo, se relaciona con infraestructuras como cruces aéreos, como puentes colgantes, marcos H, cerchas metálicas o cruces lanzados, así como perforaciones (tubería horizontal, perforación horizontal dirigida “PHD”), y tubería flexible. Para el manejo de aguas pluviales, se contemplan obras de descole en concreto y/o sacos de suelo cemento, así como disipadores de energía en concreto y/o con sacos de suelo cemento, y canales rápidos.

Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

Figura 2.2.2-11 Localización de las ocupaciones de cauce objeto de solicitud



Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

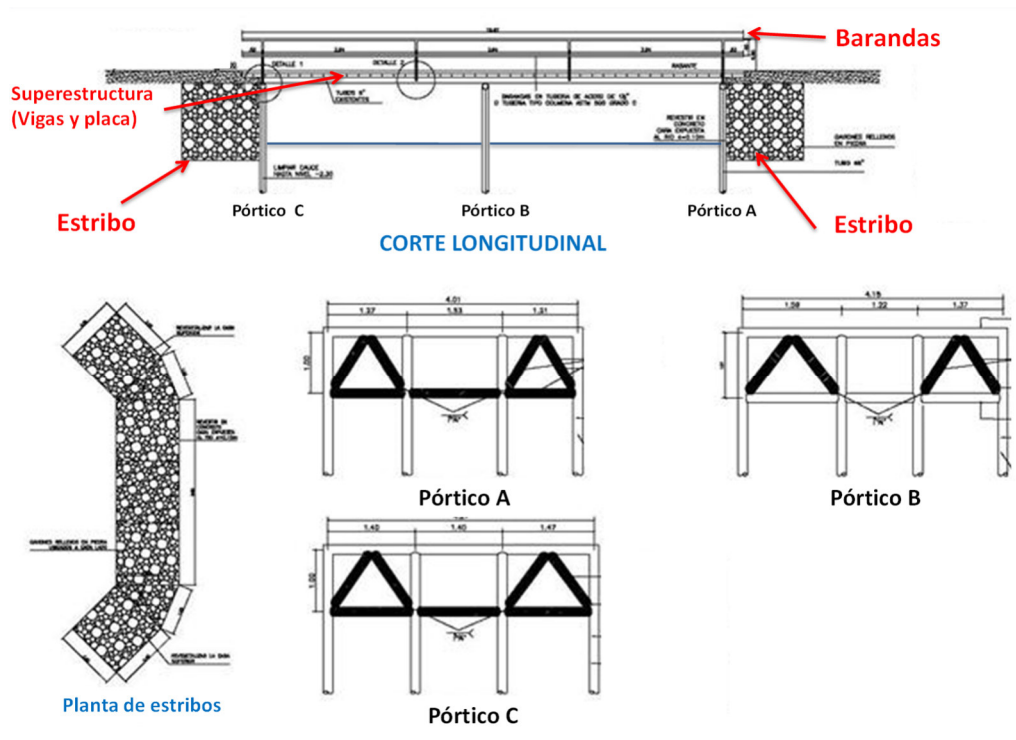
Dentro de las obras a ejecutar para el cruce de drenajes se consideran la construcción y/o adecuación de estructuras u obras de drenaje (i.e: cunetas, alcantarillas, box Culvert, entre otras), donde se requiera cruzar y/o intervenir cuerpos de agua (ocupaciones de cauce); de igual manera se incluyen las tareas encaminadas al mantenimiento y/o limpieza de las obras existentes, de manera que a través de estas se conduzcan las aguas de escorrentía a los sitios definidos en los diseños o hacia los drenajes naturales, de manera que se dé cumplimiento con los requerimientos ambientales.

También se podrán emplear nuevas tecnologías como tapetes y pisos temporales, con características de resistencias y durabilidad apropiadas para las actividades de explotación de hidrocarburos. El procedimiento constructivo para las diferentes obras de drenaje y estructuras complementarias se relaciona a continuación:

❖ Puentes|

Los puentes son estructuras que se diseñan y construyen con el objeto de dar continuidad a un sistema de conducción o transporte como por ejemplo una vía, sobre un obstáculo natural o artificial generalmente representado por una corriente o una depresión topográfica (**Figura 2.2.2-12**). Los puentes existentes como a construir pueden ser en concreto, con tuberías metálicas o con una combinación de estos.

**Figura 2.2.2-12 Esquema de diseño tipo para un Puente**



Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

El proceso constructivo de este tipo de infraestructura se realiza considerando las siguientes acciones.

- Localización y replanteo: Consiste en marcar en el terreno el sitio de los elementos correspondientes a la cimentación y a la infraestructura según los planos de diseño.
- Cimentación: Constituida generalmente por elementos que transmiten las cargas de pilas y estribos a un estrato profundo del suelo generalmente rocoso. Dichos módulos son cilíndricos y el material constitutivo puede ser de concreto o madera u acero, según indique el diseño respectivo.
- Preparación del terreno: Consiste en realizar las correspondientes excavaciones para fundir los estribos y pilas.
- Construcción de estribos: Para estribos en concreto la actividad está basada en el amarre del acero de refuerzo, encofrado, vaciado de concreto y vibrado de las zapatas, muros y aletas que conforman como tal el cuerpo del estribo. Luego de fundidos se debe desencofrar y curar el concreto. Si los estribos son metálicos, la labor implica la instalación de los pórticos o marcos de tuberías o en perfiles metálicos, así como la construcción de elementos base y de confinamiento como zapatas, vigas y aletas en concreto normal, ciclópeo o gaviones. Los



estribos también pueden conformarse con tierra armada. Todo lo anterior de acuerdo con los diseños específicos del puente. Los estribos también pueden ser en gavión o en poliestireno expandido.

- Aletas: La labor consiste en la construcción de los muros de contención en concreto, acero, gaviones o tierra armada.
- Relleno: una vez alcanzada la resistencia de los estribos, se debe extender y compactar (por lo menos al 95% del proctor modificado) el material granular sugerido por el geotecnista en los sitios contenidos por las aletas y que darán el acceso como tal al puente por ambos costados. Los rellenos también pueden ser con poliestireno expandido.
- Vigas y losas (Superestructura): Una vez se encuentren listos los estribos y pilas se procederá a instalar la formaleta, amarrar el acero de refuerzo, encofrar y fundir en caso de usar concreto, las vigas y losas o solamente las placas según sea el diseño, podrán ser prefabricadas o fundidas “in situ”. Las losas y vigas que componen la superestructura podrán ser metálicas o mixtas. Si se utilizan tuberías o perfiles metálicos, éstos se instalan de forma longitudinal mediante proceso soldadura, pernos o de forma mixta utilizando además concreto. Se construirán de acuerdo con el diseño específico.
- Rodadura: como elemento de rodadura se instala, de acuerdo con el diseño, una capa de afirmado o concreto o emulsión asfáltica o asfalto en caliente o un tratamiento electroquímico o madera, lámina de acero o tubería de menor diámetro dispuesta de forma ortogonal al sentido del flujo
- Elementos anexos: finalmente se instalan elementos de seguridad como barandas metálicas o en concreto y señalización.

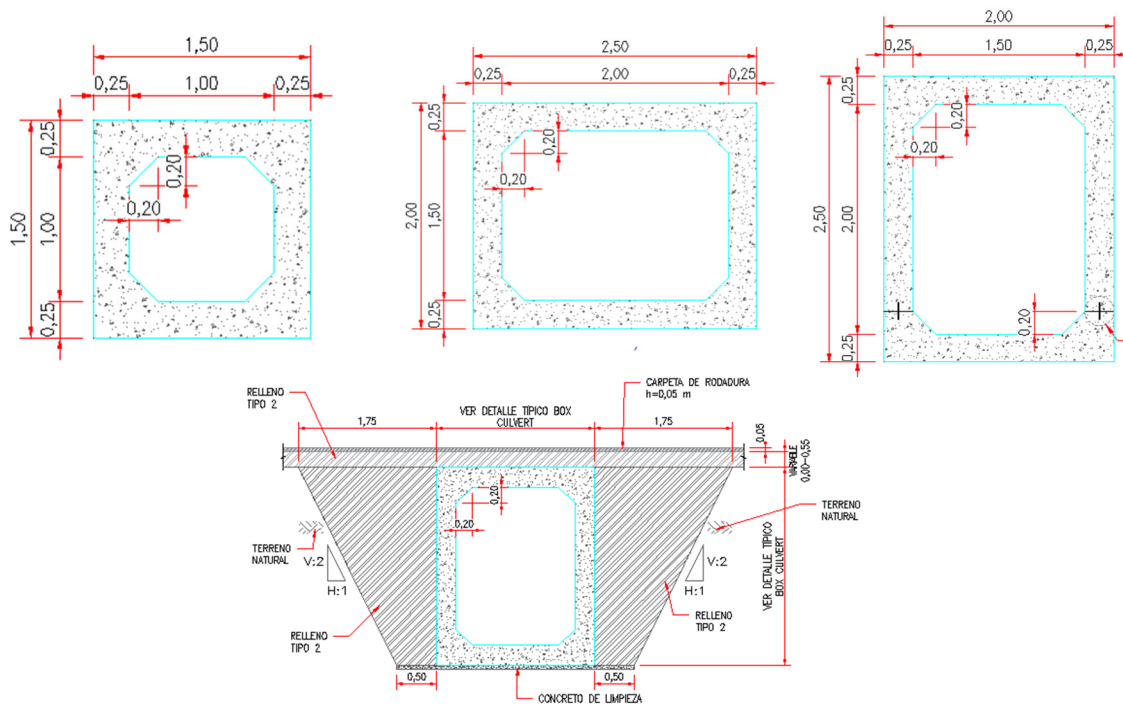
#### ❖ Box Culvert

Son estructuras de sección rectangular construidas en concreto, que se diseñan para conducir corrientes de agua y para dar continuidad a una vía de forma cómoda y segura (**Figura 2.2.2-13**). En el proceso constructivo de este tipo de infraestructura se desarrollan las siguientes actividades:

- Localización y replanteo: Consiste en ubicar en el terreno los ejes y elementos correspondientes a la cimentación y la estructura que se va a construir, según los planos de diseño.
- Desvío de la corriente: Esta tarea se puede realizar con mayor seguridad y eficiencia en época de menor precipitación, donde los caudales disminuyen y se facilita su manejo.
- La actividad se basa en construir un canal temporal para el desvío de la corriente a intervenir, de tal manera que permita realizar las actividades sin interrupciones del flujo. Es recomendable instalar trinchos y/o tablestacados y/o muros en tierra y/o geomembranas y/o sacos rellenos de suelo para evitar la erosión lateral y el aporte de sedimentos a la corriente, así como seguir las recomendaciones hechas por la respectiva autoridad ambiental, en cuanto a la ocupación de cauce.
- Preparación del Terreno: Consiste en realizar la excavación, perfilado y adecuación del terreno para la construcción de la cimentación.
- Cimentación: Implica la construcción de placa, vigas o atraque en concreto ciclópeo o el material que indique el diseño específico con el objetivo de apoyar y transmitir las cargas de la propia estructura y las generadas por la vía y tránsito de vehículos.
- Solado: Una vez preparada la superficie, se colocará una capa de concreto de 1.500 psi de espesor igual o mayor a 5 cm.
- Placa de fondo: Esta etapa consiste en el amarre del acero de refuerzo en ambos sentidos según el diseño, instalación de la formaleta, vaciado y vibrado de concreto de 3.000 psi para conformar una placa maciza sobre la cual se construirán los muros del box. Se debe prever la instalación del acero de arranque para los muros.

- Muros: Esta actividad consiste en el amarre del acero de refuerzo, en la instalación, apuntalamiento y alineamiento de la formaleta, en el vaciado y vibrado de concreto de 3.000 psi para los muros que conforman el box.
- Placa superior: La actividad involucra el amarre del acero de refuerzo en ambos sentidos según los diseños, instalación de la formaleta, vaciado y vibrado de concreto de 3.000 psi, para conformar una placa que sirva de soporte a la estructura de la vía.
- Aletas: La labor consiste en la construcción de los muros de contención en concreto, acero, gaviones o tierra armada.
- Rellenos: Consiste en extender y compactar el material seleccionado tanto para rellenos como para la base y sub-base de la vía, así como los espacios conformados por las aletas de confinamiento por lo menos al 95% del Proctor modificado. El relleno podrá realizarse también con poliestireno expandido.
- Actividades de restauración: Se refiere a todas las labores de retiro y limpieza de los materiales sobrantes de construcción y aquellas involucradas con la respectiva señalización. En esta etapa se redirecciona el flujo de la corriente hacia la estructura nueva y a su cauce original.
- Los Box Culvert podrán ser prefabricados en concreto o en láminas metálicas.

**Figura 2.2.2-13 Esquema de Diseño tipo para un Box Culvert**



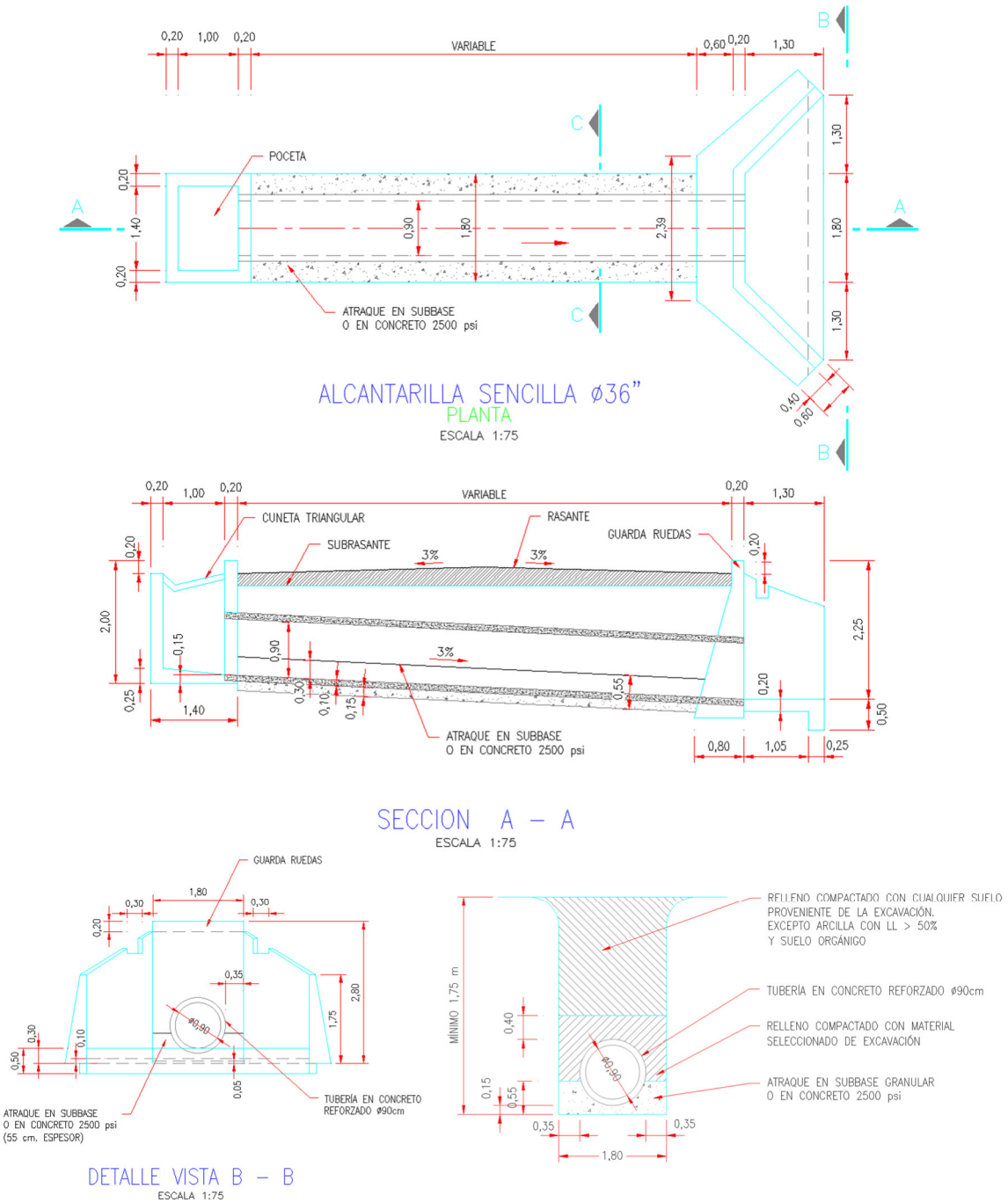
Fuente: Anexo 2. Descripción del proyecto / 5.CIV / ECP-ULL-LLANOS141-IP01-0-CI-PL-002-D1; adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

#### ❖ Alcantarillas

La construcción requiere el suministro, transporte, almacenamiento, colocación y manejo de tubería circular de diámetro 24" o menor en concreto simple o de diámetro 36" en concreto reforzado, también pueden ser metálicas o elaboradas con alguna clase de polímero, se debe considerar las estructuras de protección (cabezotes) de entrada y salida con aletas de protección en concreto reforzado. Esta estructura es diseñada para permitir el flujo natural de cuerpos de agua y áreas inundadas en épocas de alta precipitación. Las alcantarillas pueden ser sencillas, dobles o múltiples,

dependiendo de la capacidad de descarga hidráulica tenida en cuenta en los diseños, los cuales se presentarán en los respectivos PMAEs que contemplen la construcción y/o adecuación de vías (Figura 2.2.2-14 y Figura 2.2.2-15)

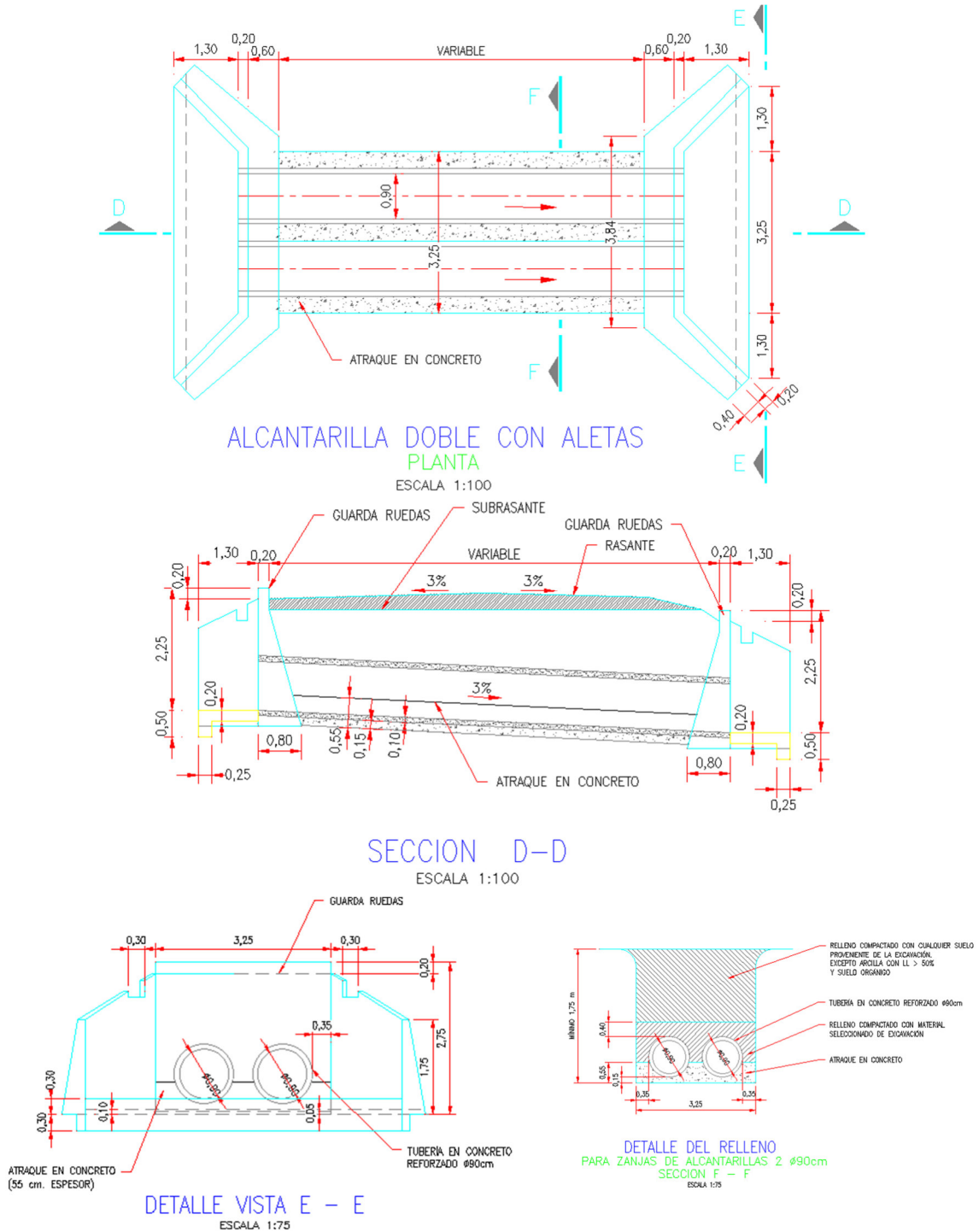
Figura 2.2.2-14 Esquema de Diseño tipo para una Alcantarilla Sencilla



Fuente: Anexo 2. Descripción del proyecto / 5.CIV / ECP-ULL-LLANOS141-IP01-0-CI-PL-002-D1; adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)



Figura 2.2.2-15 Esquema de Diseño tipo para una Alcantarilla Doble



Fuente: Anexo 2. Descripción del proyecto / 5.CIV / ECP-ULL-LLANOS141-IP01-0-CI-PL-002-D1; adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

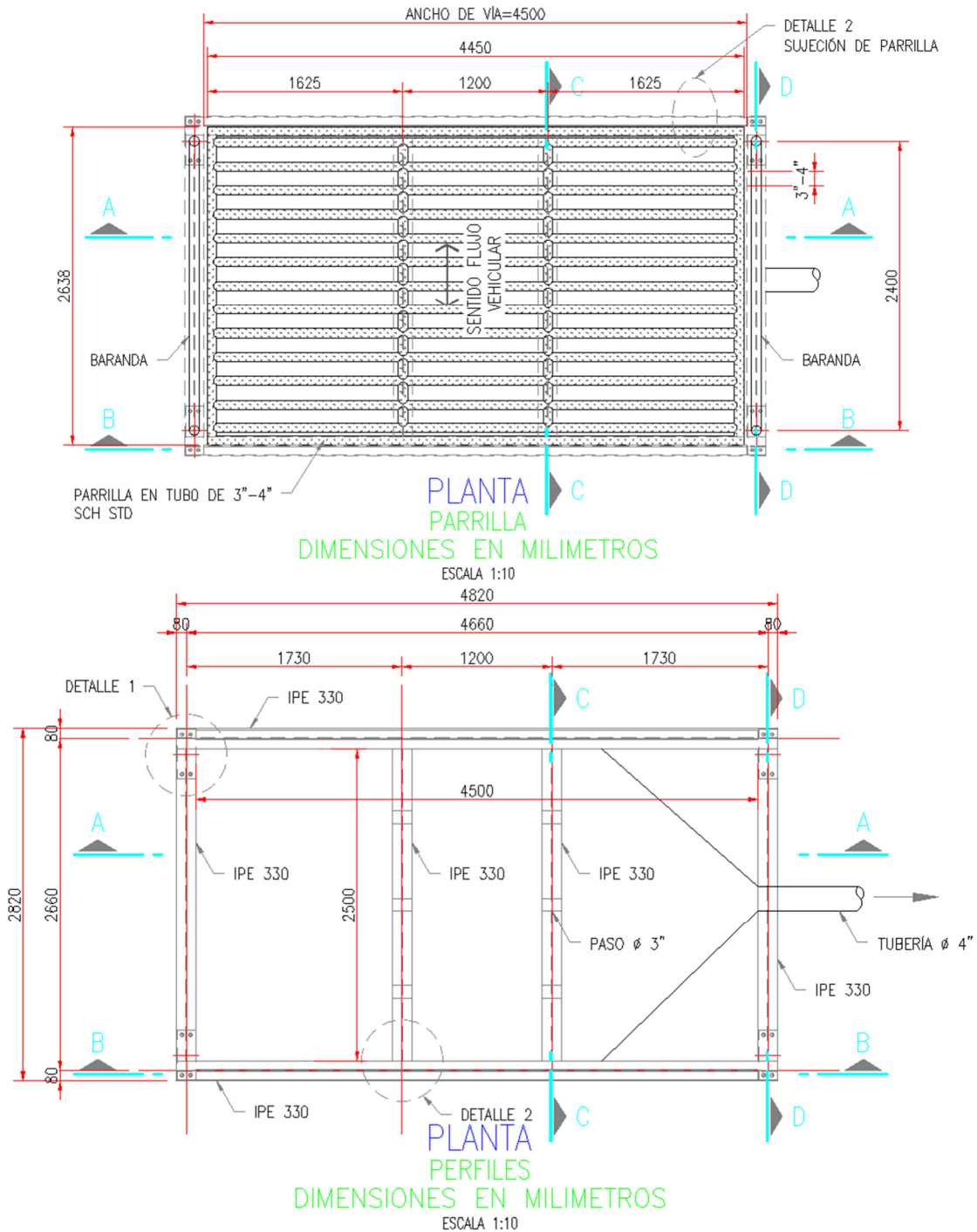
En el proceso constructivo de este tipo de infraestructura se desarrollan las siguientes actividades:

- Localización y replanteo: Consiste en ubicar en el terreno los alineamientos y niveles indicados en los planos de diseño referenciándolos con equipos topográficos.
- Desvío de la corriente: Teniendo en cuenta que estas estructuras se construirán en épocas de baja precipitación, esta actividad se basa en construir un canal temporal para el desvío del flujo de corriente, de tal manera que permita realizar las actividades sin alterar el flujo natural de las aguas. Es recomendable realizar obras de estabilización como trinchos en madera, y/o muros en tierra, y/o tablestacados y/o geomembranas y/o sacos de suelo para evitar la erosión lateral y el aporte de sedimentos a la corriente.
- Preparación del terreno: Consiste en el descapote, excavación, relleno y perfilada del terreno a una altura igual o mayor a la del terreno natural ya sea a máquina o a mano según las dimensiones presentadas en los planos.
- Rellenos: Implica el suministro, extendida humedecimiento o secado y compactación del material de relleno de acuerdo con las especificaciones indicadas por el geotecnista y que por lo general corresponde a un valor mayor al 95% del proctor modificado. El relleno también podrá constituirse en poliestireno expandido.
- Solado: Una vez preparada la superficie, se colocará una capa de concreto de 1.500 psi de espesor igual o mayor a 5 cm.
- Instalación de la tubería: La tubería se colocará mientras el concreto del solado esté fresco, con la precaución de mantener la tubería alineada y el fondo siguiendo la pendiente actual del terreno o la pendiente de diseño. Las juntas de los tubos deberán ser humedecidas completamente antes de hacer la unión con mortero. El interior de la junta deberá ser limpiado y alisado.
- Atraque: Una vez instalados los tubos en la mezcla y una vez endurecido el mortero o la lechada de las juntas, se atracarán a los lados, con una mezcla igual a la utilizada en el solado o con material seleccionado hasta una altura no menor de un cuarto (1/4”) del diámetro exterior del tubo.
- Estructuras de entrada, salida y aletas de protección (Cabezotes): Para esta actividad inicialmente se amarrará el acero de refuerzo, luego se procederá a instalar formaleta adecuada para estas estructuras para finalmente vaciar y vibrar el concreto de 3.000 psi o la resistencia que indique el diseño. Podrán construirse en acero, gaviones o tierra armada.
- Relleno: Una vez el atraque haya curado, se efectuará la extendida y compactación del relleno con material seleccionado hasta lograr las cotas requeridas de la vía.
- Actividades de finalización: Las actividades consisten en retirar todos los materiales sobrantes de construcción y redireccionar el flujo de la corriente hacia la estructura nueva.

#### ❖ Quiebrapatras

La construcción de estas estructuras requiere el suministro, transporte, almacenamiento, colocación y manejo de tubería circular de acero al carbón de 3” SCH-40, se debe considerar las estructuras de soporte en concreto reforzado. Esta estructura es diseñada para permitir el paso de vehículos por límites prediales o por accesos a instalaciones, evitando el cruce entre predios o el ingreso a dichas instalaciones de los semovientes que se encuentren en el área (**Figura 2.2.2-16**)

Figura 2.2.2-16 Esquema de Diseño tipo para un Quiebrapatras



Fuente: Anexo 2. Descripción del proyecto / 5.CIV / ECP-ULL-LLANOS141-IP01-0-CI-PL-002-D1; adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

En el proceso constructivo de este tipo de infraestructura se desarrollan las siguientes actividades:

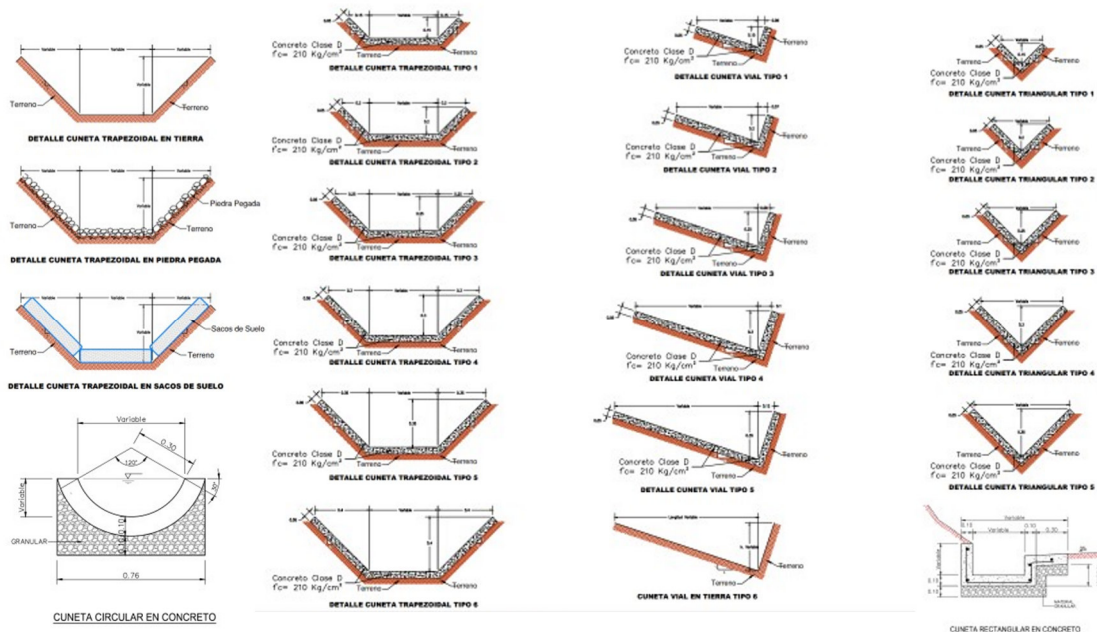
○ **Obras para manejo de drenajes, aguas superficiales y aguas aceitosas (A8)**

En lo referente a obras de drenaje, esta actividad cubre las diferentes labores destinadas a realizar un control y manejo de las aguas de escorrentía en procura de evitar la gestación y desarrollo de procesos erosivos que afecten el área donde se realizarán las diferentes obras asociadas a la construcción e instalación de los diferentes componentes que hacen parte integral del proyecto. En este orden de ideas, todas las aguas lluvias que se puedan generar se recogen por medio de cunetas perimetrales, el material previsto para el terminado de las cunetas puede variar al igual que su forma geométrica; estas cunetas reciben el agua de escorrentía y es conducida hacia desarenadores donde se realiza la separación de agua y material recolectado (regularmente se debe hacer limpieza de estos). Seguidamente, el flujo de agua continúa su recorrido para ser entregada a drenajes cercanos o al área adyacente. Entre el tipo de obras a implementar para el manejo de la escorrentía, se tienen las cunetas, descoles, disipadores, entre otros.

❖ **Cunetas**

Las cunetas son zanjas longitudinales ubicadas a ambos lados de las vías o, en su defecto con el objeto de captar, conducir, y evacuar en forma adecuada los flujos de agua superficial, a un solo lado de esta, pueden ser revestidas o no revestidas. Las cunetas se proyectan para todos los tramos ubicados al pie de los taludes de corte, y/o en los lugares donde se esperen flujos considerables de agua que puedan interferir con la transitabilidad de la carretera. La sección transversal puede ser triangular (la más usada), trapezoidal, circular o rectangular (Figura 2.2.2-17).

**Figura 2.2.2-17 Detalles típicos cunetas**



Fuente: (ECOPETROL S.A., 2023); adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

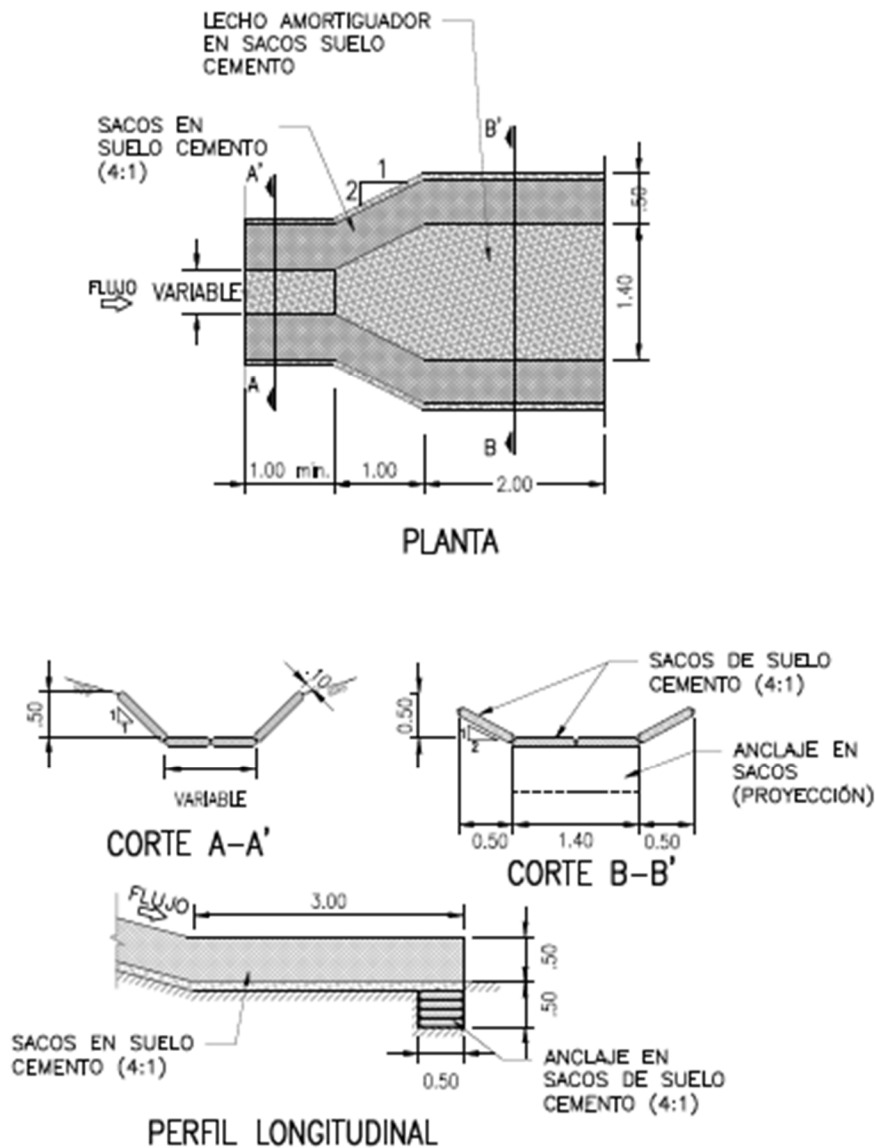
Serán conformadas tierra (en el material encontrado en el sitio), cuando la pendiente longitudinal sea menor al 8%. En caso de construir tramos la vía con pendiente superior a 8%, estas cunetas se recubrirán con concreto para evitar la erosión a lo largo de la vía. Para el caso de las cunetas en tierra, estas se conformarán a través de la motoniveladora sobre los extremos de la calzada,

garantizando una pendiente transversal de mínimo el 1%, adicional al bombeo que permita la recolección del agua en las mismas

❖ Descoles

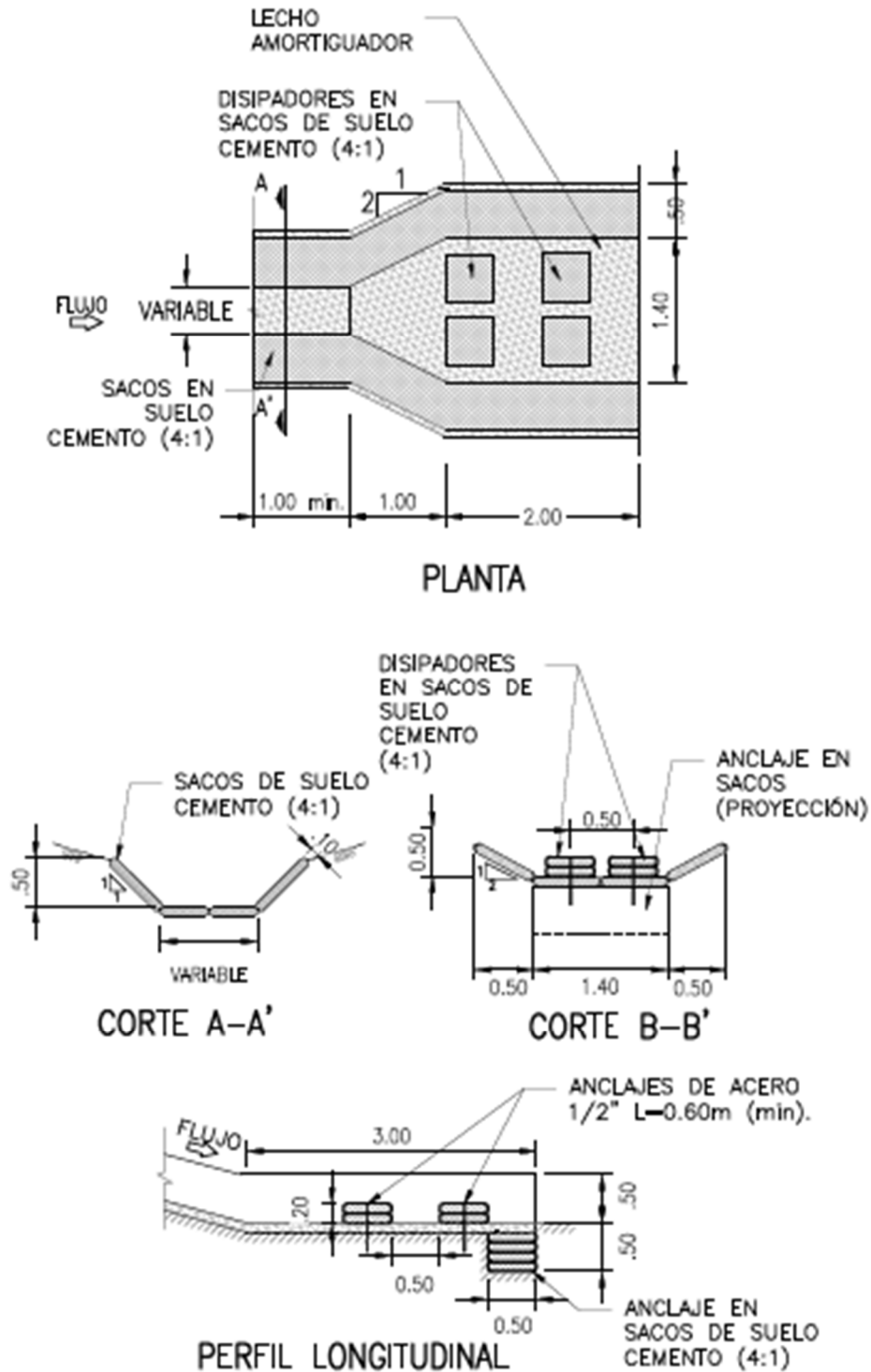
Se pueden conformar en tierra, en material in situ o en conglomerado, en sectores donde la pendiente transversal sea suave y deberán ser revestidas en sacos de suelo – cemento, piedra pegada o concreto, en lugares donde la pendiente transversal sea muy pronunciada, conformando o incluyendo disipadores de energía (**Figura 2.2.2-18 y Figura 2.2.2-19**)

**Figura 2.2.2-18 Descoles Tipo I en sacos de suelo cemento sin disipadores**



Fuente: Anexo 2. Descripción del proyecto / 5.CIV / ECP-ULL-LLANOS141-IP01-0-CI-PL-002-D1; adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

Figura 2.2.2-19 Descoles Tipo II en sacos de suelo cemento con disipadores



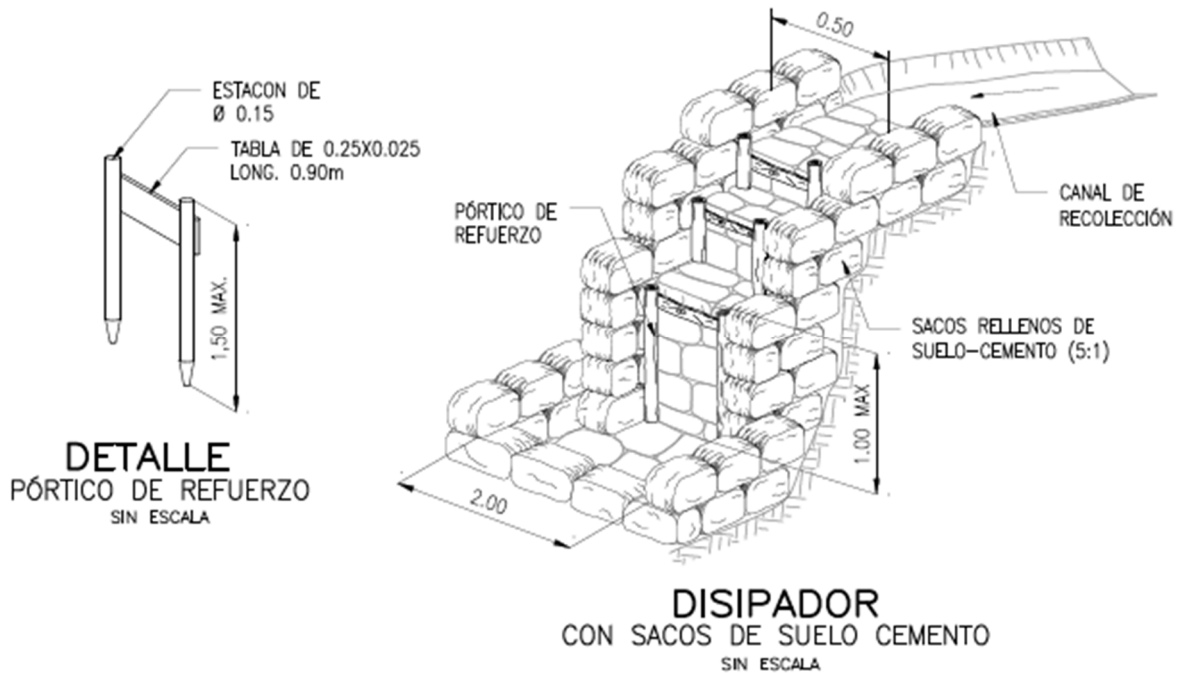
Fuente: Anexo 2. Descripción del proyecto / 5.CIV / ECP-ULL-LLANOS141-IP01-0-CI-PL-002-D1; adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)



❖ Disipadores de energía

Se construyen para el descole de entrega final de las aguas de escorrentía de la localización, contribuye a disminuir el proceso de erosión causada por el caudal proveniente de los desordenadores y cunetas construidas. El manejo de aguas de escorrentía en zonas de alta pendiente hacia el Desarenador - Trampa de grasas se realiza con disipadores en piedra pegada o con escalones en concreto. En la **Figura 2.2.2-20** a la **Figura 2.2.2-22** se presentan lo estructura típica del disipador de energía en concreto para manejo de escorrentías.

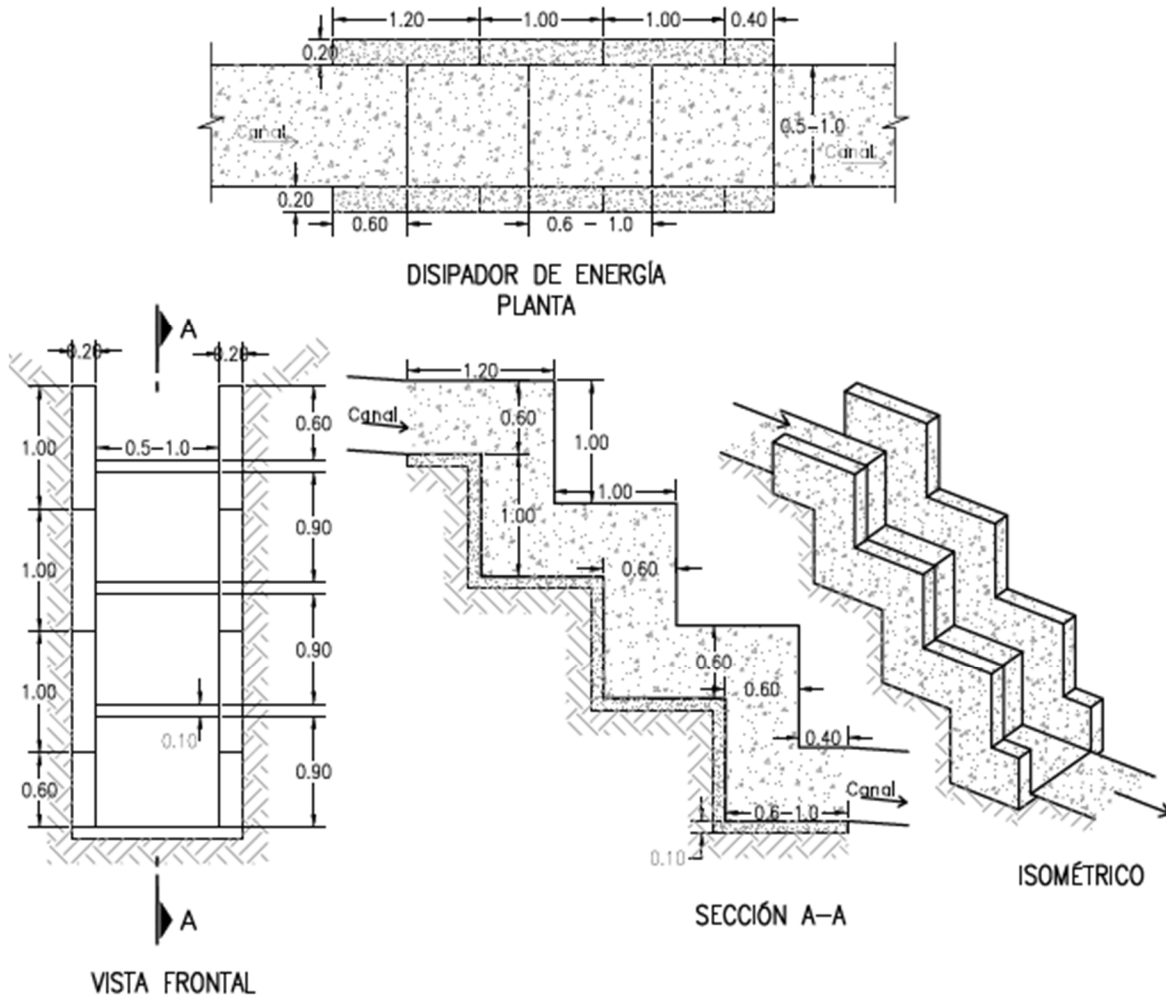
**Figura 2.2.2-20 Disipadores de energía**



Fuente: Anexo 2. Descripción del proyecto / 5.CIV / ECP-ULL-LLANOS141-IP01-0-CI-PL-002-D1; adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

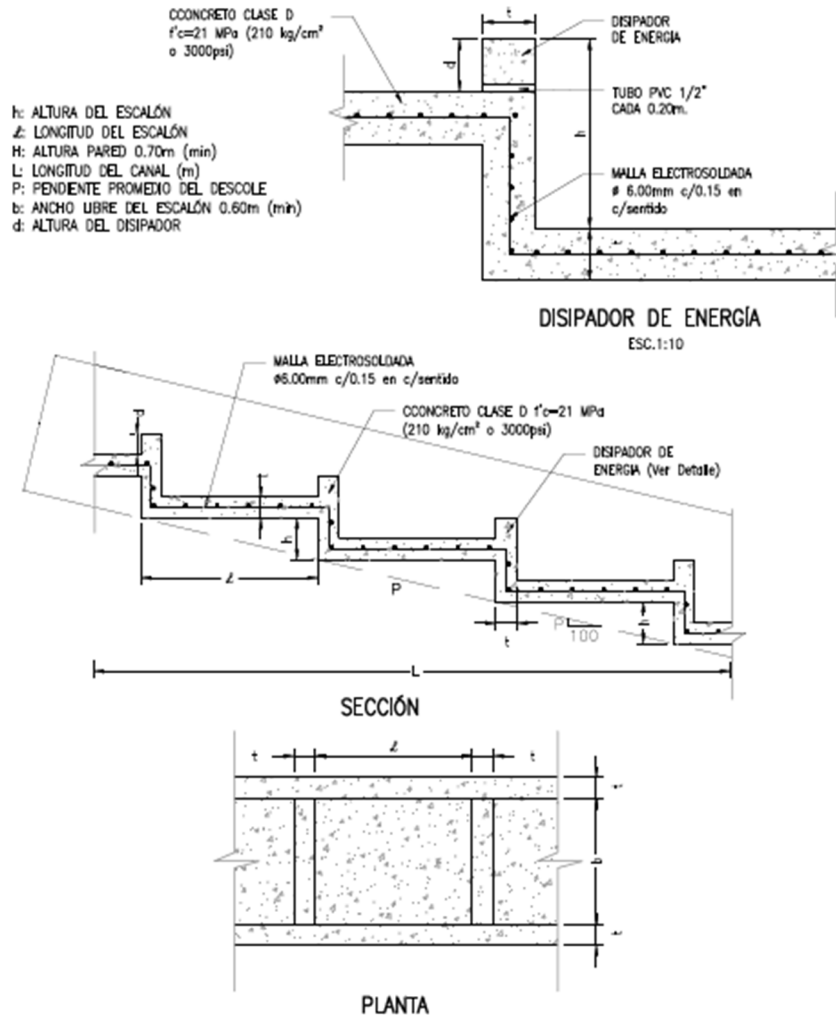


Figura 2.2.2-21 Disipador de energía en piedra pegada o concreto simple



Fuente: Anexo 2. Descripción del proyecto / 5.CIV / ECP-ULL-LLANOS141-IP01-0-CI-PL-002-D1; adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

Figura 2.2.2-22 Disipador de energía en concreto



Fuente: Anexo 2. Descripción del proyecto / 5.CIV / ECP-ULL-LLANOS141-IP01-0-CI-PL-002-D1; adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

El agua recogida por los canales e interceptores de la vía o los taludes, es entregada a los canales de alta velocidad, generalmente en la dirección del talud, lateralmente a la zona inestable, mediante estructuras de reducción de velocidad conocidas como torrenteras o “disipadores”.

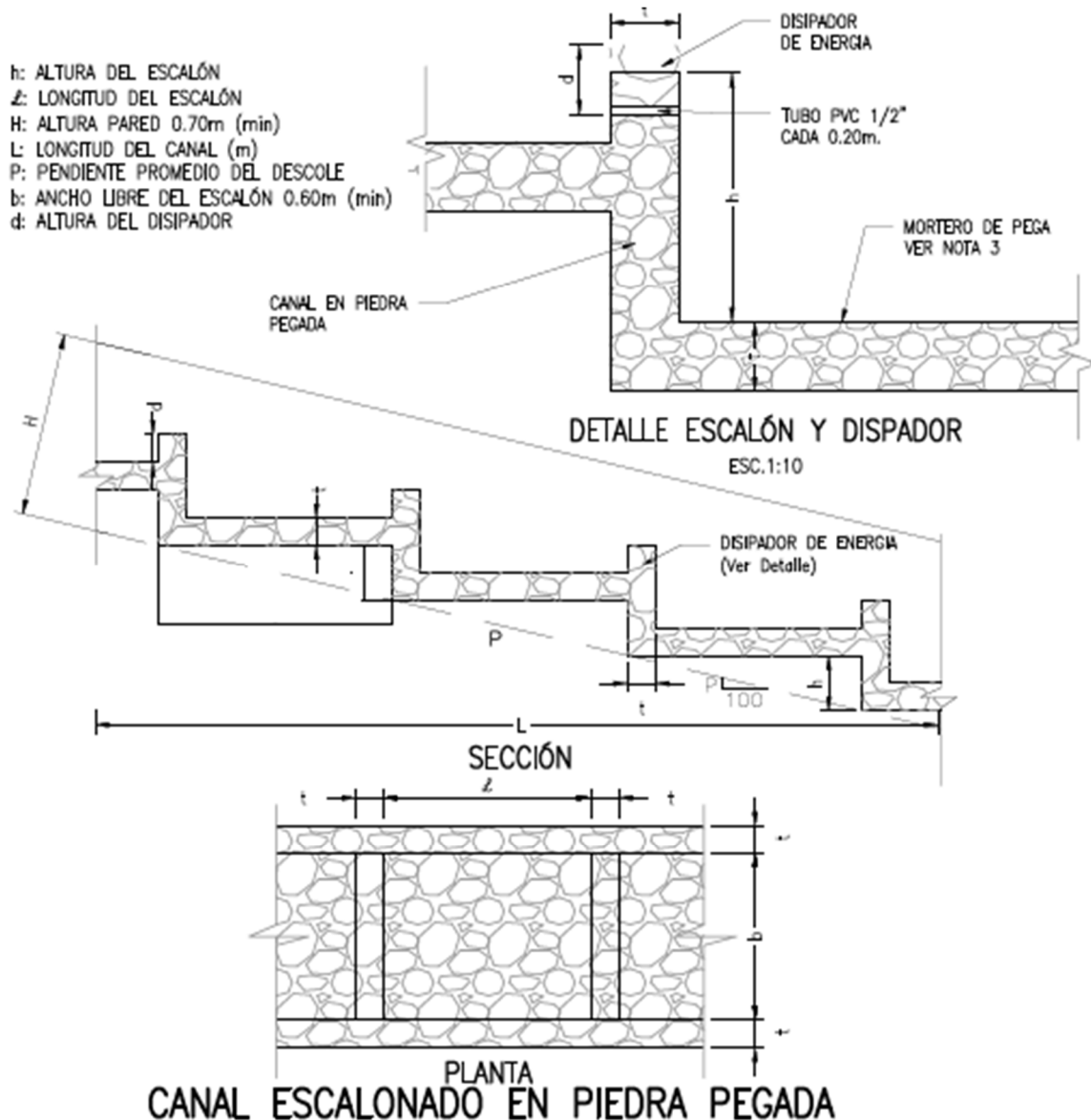
Los canales deben conducirse a entregas, en gradería u otro disipador de energía, que conduzcan el agua recolectada hasta un sitio seguro. Se utilizan dos tipos de torrentera: el canal rápido y el canal en gradería, cada uno de éstos tiene varias posibilidades de metodología de disipación de la energía.

❖ Canal rápido

Este sistema de conducir las aguas recolectadas en un talud es muy empleado por ser el más económico. En sencillos modelos hidráulicos de laboratorio, se puede obtener el valor de rugosidad que se debe emplear de acuerdo con las características del flujo. El canal rápido se construye con una pendiente igual a la del talud, generalmente con forma de canal. A lo largo de las torrenteras se

recomienda colocar elementos que produzcan alta rugosidad para generar flujo amortiguado y minimizar la velocidad del agua. Es importante que los canales incluyan elementos o estructuras para disipar la energía del agua y de acuerdo con las necesidades de disipación y con las condiciones del flujo (Figura 2.2.2-23)

Figura 2.2.2-23 Canal rápido



Fuente: Anexo 2. Descripción del proyecto / 5.CIV / ECP-ULL-LLANOS141-IP01-0-CI-PL-002-D1; adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

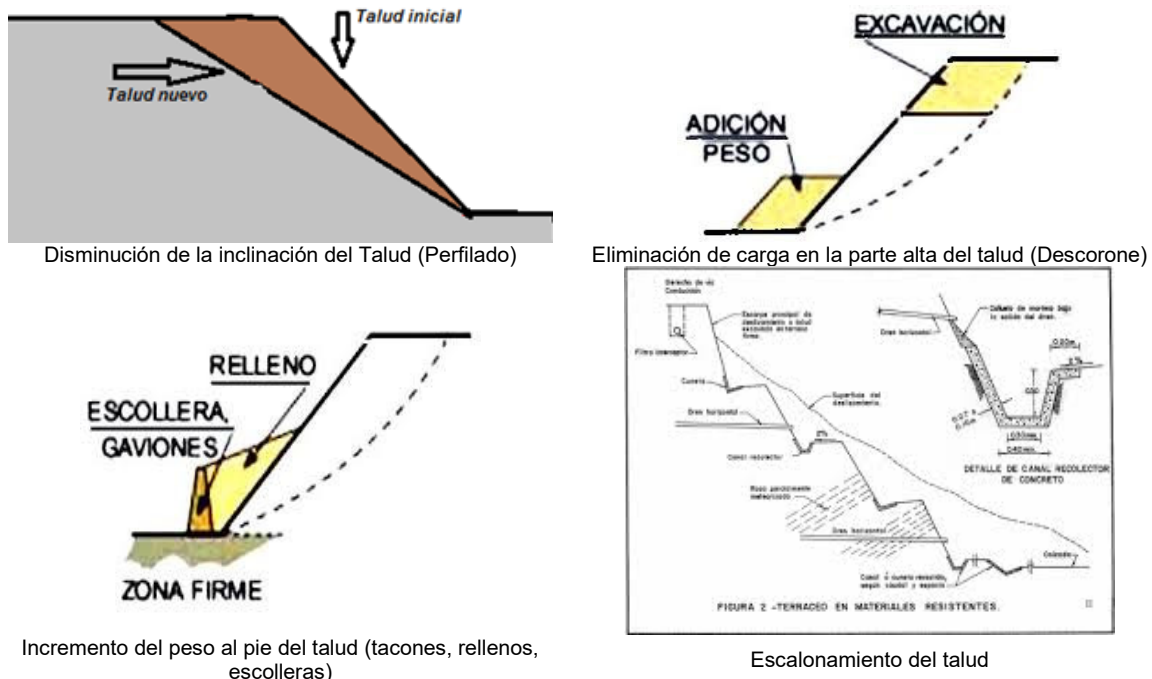
- o **Estabilización y revegetalización de taludes (A10)**

Esta actividad se refiere a la protección de las superficies expuestas de los taludes de corte o terraplén, luego de conseguir su acabado geométrico, ante procesos erosivos generados por agentes como la lluvia, aguas de escorrentía, viento y sol. La estabilización de estos taludes se

puede realizar con la implementación de barreras protectoras a lo largo de la cara expuesta del talud, las mismas pueden ser de origen vegetal (i.e: biomantos, hidrosiembra, entre otros) o corresponder a la instalación de obras geotécnicas (i.e: mallas eslabonadas, geomallas, pernos de anclaje, muros de gaviones o de concreto, sub drenes horizontales, obras de arte como cunetas, descoles, zanjas de coronación, entre otras), la selección de unas u otras será definida a partir de las características geotécnicas del área, las cuales serán definidas a partir de estudios geotécnicos realizados específicamente para el área. Algunos de los métodos más usados para estabilizar taludes son:

- Modificación de la geometría:** Con la modificación de la geometría del talud se logra redistribuir las fuerzas relacionadas al peso de los materiales y se obtiene una nueva configuración más estable. Para la consecución de este objetivo se puede considerar alguna de las siguientes opciones, disminuir la inclinación del talud, eliminar el peso en la parte alta del talud (descabezamiento), incrementar el peso en la pata del talud (tacones, rellenos, escolleras), y por la construcción de bancos y bermas (escalonamiento del talud); en la **Figura 2.2.2-24** se presentan esquemas típicos de estos tipos de obras

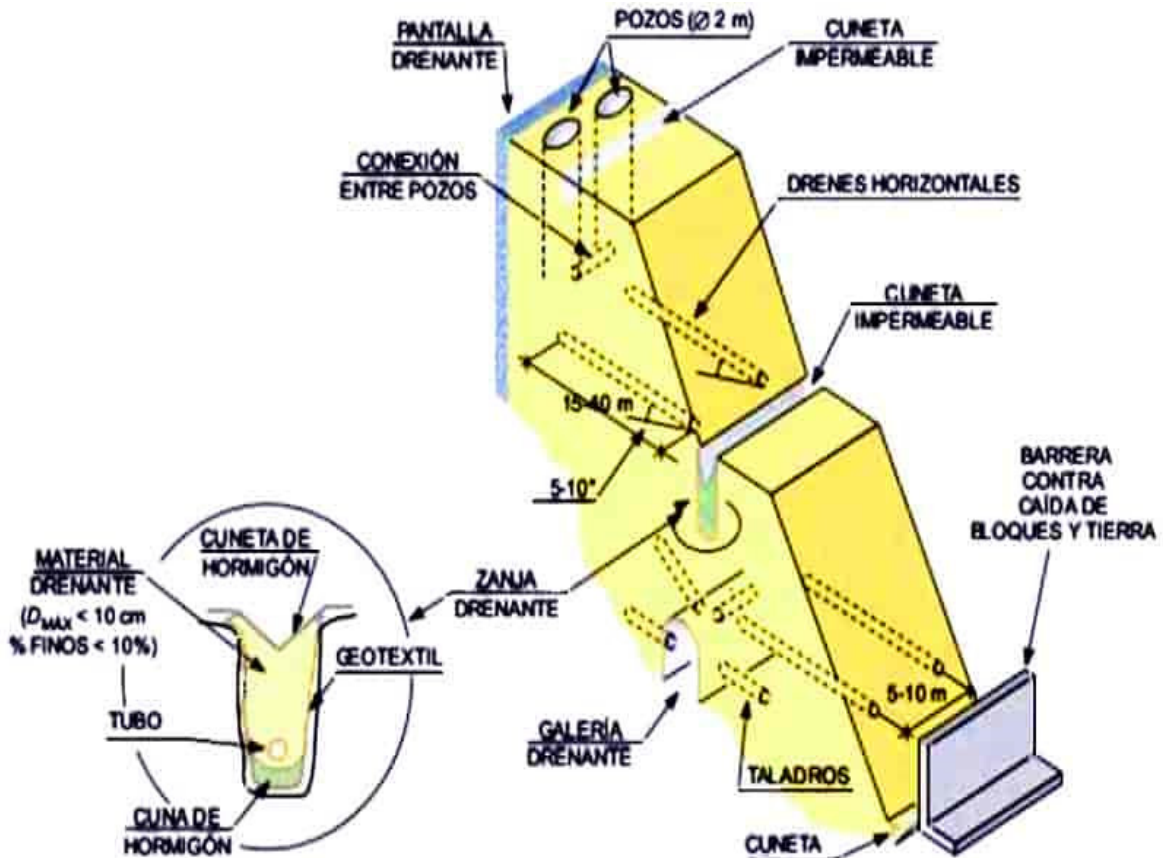
**Figura 2.2.2-24 Estabilización de taludes por modificación de su geometría**



Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

- Medidas de drenaje:** El agua es el principal agente desencadenante de los problemas de inestabilidad en taludes debido a que aumenta el peso de la masa inestable, eleva el nivel freático, aumenta las presiones intersticiales en los materiales, empujes hidrostáticos, erosiona el pie del talud, etc. La estabilidad de taludes mediante medidas de drenaje tiene por objetivo disminuir o eliminar el agua superficial o profunda que se encuentra afectando el talud, y por lo tanto trata de disminuir las presiones intersticiales que actúan como factor desestabilizador en las superficies de rotura y grietas de tracción. Este método suele ser el más empleado debido a que representa costos muy reducidos en comparación con otras medidas de estabilización de taludes. Las medidas de drenaje pueden ser superficiales o profundas y las mismas son presentadas en la **Figura 2.2.2-25**

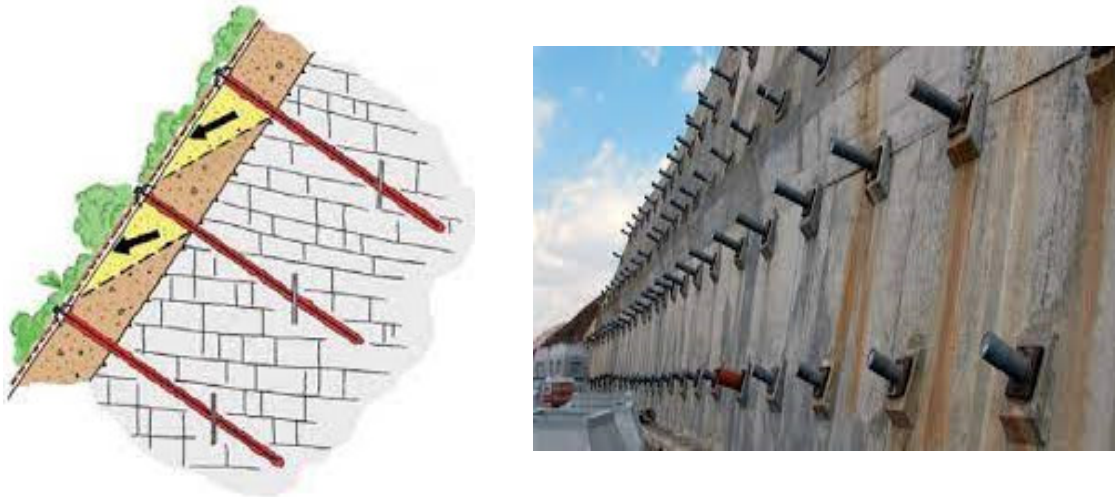
Figura 2.2.2-25 Medidas de drenaje y protección en taludes (Uriel. 1991)



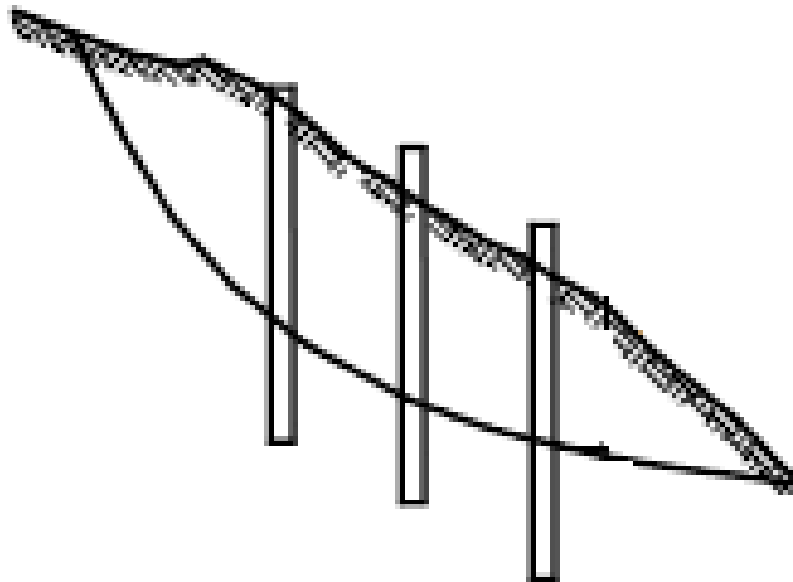
Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

- **Elementos estructurales resistentes:** Tiene como objetivo aumentar la resistencia al corte del material mediante el uso de elementos que incrementan la resistencia del terreno en la superficie de rotura (pilotes o micropilotes) y/o, elementos que incrementan las fuerzas tangenciales de rozamiento en la superficie de rotura (anclajes y muros anclados); en la **Figura 2.2.2-26**, se presentan algunos tipos de elementos estructurales

Figura 2.2.2-26 Estabilización de taludes por instalación de elementos estructurales resistentes



Diferente disposición de anclajes en un talud



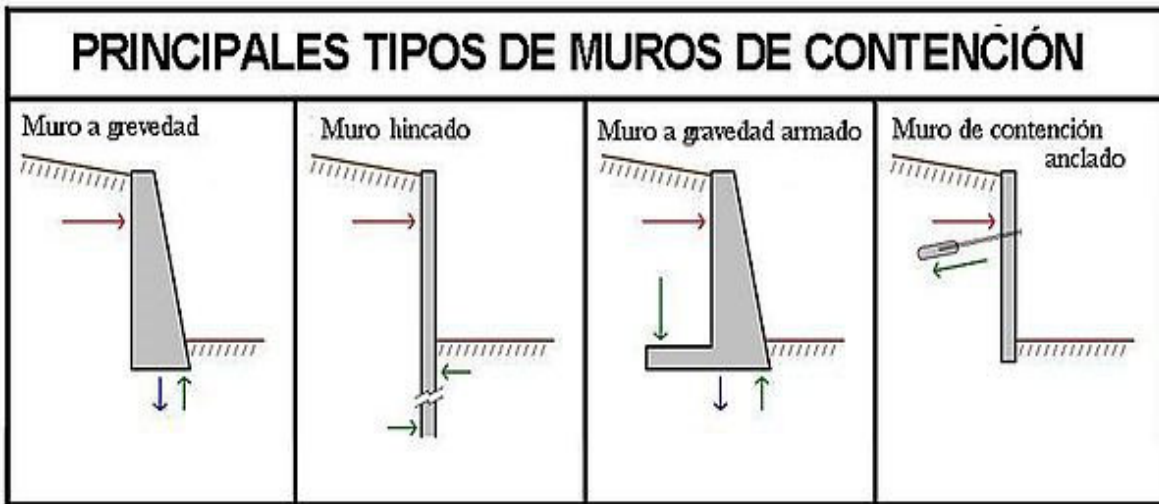
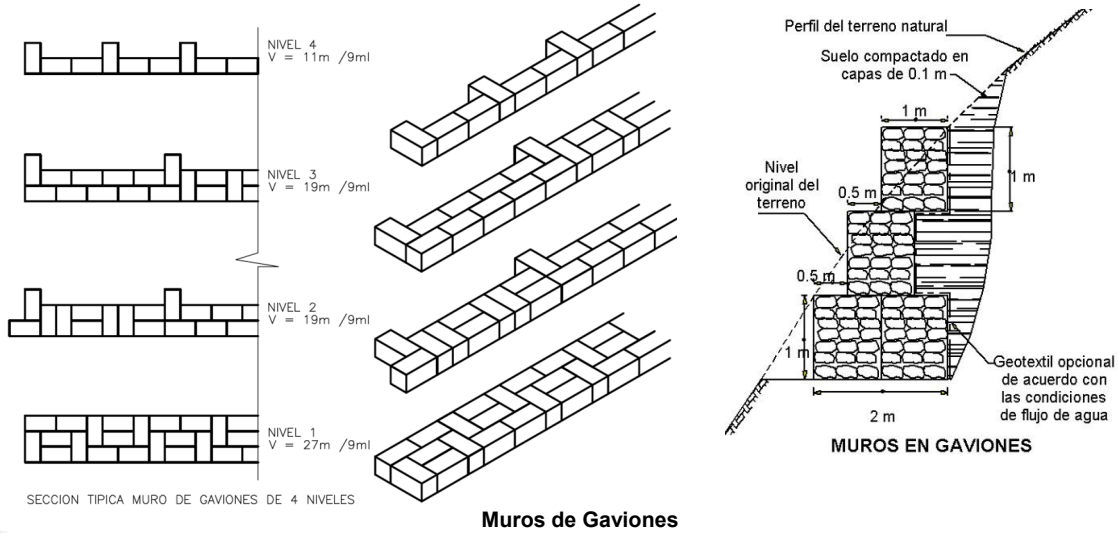
Pilotes para estabilizar taludes

Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

- **Muros u otros elementos de contención:** La construcción de muros o estructuras de contención tienen como objetivo reforzar la zona que se encuentra al pie de los taludes, evitando, además, la erosión y generando un ambiente estable; algunos de estos elementos son: Muros de contención, Muros de gaviones, Paredes de concreto y hormigón proyectado, Muros de tierra armada, Muros anclados, entre otros



Figura 2.2.2-27 Tipos de muros



Tipos de muros estructurales

Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

- **Revegetación de los taludes:** se tendrá en cuenta la hidrosiembra, semilla al voleo, utilización de mantos o uso de nuevas tecnologías al respecto (**Figura 2.2.2-28**).
- **Medidas de protección superficial:** tienen como objetivo el reducir el riesgo a caída de rocas, la estabilización de zonas fracturadas mediante la aplicación de mallas metálicas a doble o triple torsión, ancladas a las rocas, la eliminación de bloques mediante voladura controlada, cemento expansivo, fragmentación mediante martillo picador, eliminación manual mediante palancas y la revegetación y aplicación de mallas sintéticas (**Figura 2.2.2-28**).

**Figura 2.2.2-28 Medidas de protección superficial y revegetalización**



Lechada de concreto y Malla eslabonada



Empradización

Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

- **Suministro e instalación de estructuras metálicas (A11)**

Esta actividad contempla la instalación de la señalización en las vías a construir, en este sentido se incluye la instalación de señales informativas como son las de tránsito tanto horizontales como verticales a lo largo de las vías, conforme lo establezcan los planos de diseño en cumplimiento de la normatividad vigente. El diseño de las señales, dimensiones, mensajes y colores, deberán estar de acuerdo con lo estipulado en el “Manual de Señalización Vial” del Ministerio de Transporte de Colombia y demás normas complementarias. Dentro de esta actividad también se incluye el remplazo de estas en el momento en que se presente algún tipo de daño. Es importante mencionar que las señales que se instalen cumplirán con las normas ICONTEC 1461 y 1700 y con el Manual de Señalización Vial del Ministerio de Transporte. Además, se deben instalar señales de tipo informativo que indiquen la aproximación al sitio de trabajo ubicados a la entrada de cada uno de los campamentos y/o frentes de obra.

Así mismo, se instalarán señales obligatorias que indiquen la velocidad máxima de los vehículos (30 km/h en vías que pasen por centros poblados o perímetros urbanos, 60 km/h en vías en afirmado o destapadas y 80 km/h en vías principales). Adicionalmente, se instalarán señales informativas de paso de peatones y todas aquellas que indiquen giros y cruces peligrosos de la misma, de entrada y salida de volquetas y tránsito de maquinaria. Se debe cumplir con la norma NTC 4739 y teniendo en cuenta los criterios definidos por el manual de señalización vial de calles y carreteras del INVIAS 2004. A continuación, se relacionan los tipos de señalización y la representación de estas se consigna en la **Figura 2.2.2-29**.

**Figura 2.2.2-29 Tipos de señalización**



Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

También se podrán emplear nuevas tecnologías como tapetes y pisos temporales (Figura 2.2.2-30), con características de resistencia y durabilidad apropiadas para su uso en vías que permitan el acceso a áreas donde se realicen actividades de explotación de hidrocarburos.

**Figura 2.2.2-30 Paneles o tapetes modulares sintéticos**



Fuente: MODIFICACIÓN DEL PLAN DE MANEJO AMBIENTAL INTEGRAL –PMAI-DE MARES; Adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2020)

- **Operación de maquinaria y equipos (A12)**

La maquinaria y equipo utilizado en trabajos de este tipo, es de carácter especializado para algunas labores que comprende esta etapa de construcción. La maquinaria básica a usarse en caso de requerirse, podrá ser: retroexcavadora, motoniveladora, vibro compactador, volqueta y camión tipo tanque y en caso de necesitarse para movimientos de elementos pesados, un montacargas (Figura 2.2.2-31).

Figura 2.2.2-31 Ejemplos de maquinaria a utilizar



Fuente: <https://www.freepik.es>; (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

Adicionalmente se incluye el transporte del personal, equipos, materiales y maquinarias necesarios para el desarrollo de las actividades. El transporte a utilizar será de tipo terrestre, el cual se realizará en vehículos que cumplan con las necesidades de los objetos a transportar, dentro de los cuales se pueden utilizar tracto camiones cama baja o cama alta, volquetas de hasta 20 m<sup>3</sup> de capacidad, camiones 350 o turbos (materiales y equipos), para el caso del personal este será transportado en busetas, vans y camionetas 4x4, dichos vehículos se movilizarán por las vías que se identificaron dentro del área de intervención asociada al proyecto

- **Otras actividades**

Como se señalaba al comienzo del ítem Métodos constructivos, se tienen otra serie de actividades que si bien no son parte del proceso constructivo, son complementarias a este proceso, en este sentido se contemplan actividades preoperativas, desmantelamiento y abandono, y finalmente actividades transversales la relación de este compendio de actividades se listan en la **Tabla 2.2.2-20** mientras la descripción de las mismas y en aras de no ser repetitivos en la información presentada se encuentran descritas de manera general en la **Tabla 2.2.2-2**.

**Tabla 2.2.2-20 Actividades preoperativas; desmantelamiento, abandono y restauración; y actividades transversales**

ETAPA	SUBETAPA	ESTRATEGIAS DE DESARROLLO ASOCIADAS	ACTIVIDAD (***)	ID
PRE-OPERATIVA (**)		Aplica para la ejecución de todas las estrategias que involucren la construcción, adecuación y/o mantenimiento de infraestructura	Gestión social y participación comunitaria e institucional	A1
			Adquisición de predios y derechos de servidumbre	A2



ETAPA	SUBETAPA	ESTRATEGIAS DE DESARROLLO ASOCIADAS	ACTIVIDAD (***)	ID
DESMANTELAMIENTO, ABANDONO Y RESTAURACIÓN (**)		Aplica para la ejecución de todas las estrategias de desarrollo	Desmantelamiento de instalaciones, retiro de infraestructura, equipos y salida del área	A42
			Cierre de piscinas y abandono de áreas para manejo de lodos y cortes de perforación	A43
			Cierre y abandono del pozo y contrapozo	A44
			Desmante y demolición de infraestructura	A45
			Limpieza de áreas	A46
			Reconformación del terreno, empradización y/o revegetalización	A47
			Cierre de compromisos sociales y ambientales	A48
ACTIVIDADES TRANSVERSALES (**)		Aplica para la ejecución de todas las estrategias de desarrollo	Transporte del material, equipo, maquinaria, insumos y personal	A49
			Manejo de Productos químicos y combustibles	A50
			Contratación de mano de obra, bienes y servicios	A51
			Instalación y operación de campamentos temporales	A52
			Generación de energía temporal y uso de combustibles	A53
			Captación, transporte, almacenamiento y distribución de agua superficial y/o subterránea para uso doméstico e industrial	A54
			Manejo, tratamiento y disposición final de agua residual doméstica e industrial	A55
			Manejo y disposición de residuos sólidos domésticos, industriales y especiales	A56
			Transporte helicoportado	A57
			Reubicación de infraestructura de servicios públicos	A58
Nota (**): Las etapas: preoperativa; desmantelamiento, abandono y restauración; y transversal no hacen parte de estrategias específicas, pero se deben considerar ya que agrupan actividades que son necesarias y complementarias de ejecución para el desarrollo de las diferentes estrategias a desarrollar dentro del presente EIA				
Nota (***) : Para cada una de las etapas y estrategias asociadas se listan las actividades generales a ejecutar, pero es de señalar que no necesariamente para cada una de las estrategias asociadas se deben realizar la totalidad de las actividades listadas.				

Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

- **Instalaciones de apoyo**

Solo se adecuarán campamentos temporales que pueden ser compuestos por contenedores metálicos que servirán para ubicación de oficina, y sitio de descanso, o por carpas modulares en estructura metálica armable, una cubierta en tela de poliéster recubierta de PVC resistente al agua y al sol, en estas carpas podrán servir como oficina, sitio de descanso y también servirán para el almacenamiento de materiales que requieren estar cubiertos, adicionalmente se contará con un área denominada “punto ecológico” donde se instalaran de canecas para la disposición de residuos, baños temporales y zona demarcada para el parqueo de maquinaria.. En la **Figura 2.2.2-32** se presentan algunos ejemplos de diferentes tipos de instalaciones de apoyo a emplear.

Figura 2.2.2-32 Tipos de diferentes instalaciones de apoyo



Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

➤ **Volumen estimado de cortes y rellenos**

Los volúmenes de material tanto en corte como en relleno serán estimados al momento de la construcción y/o mejoramiento de cada vía y presentados dentro de los respectivos Planes de Manejo Ambiental Específicos, pero teniendo como premisa la forma proporcional de la longitud del trazado y de la topografía del terreno, de igual manera se considerará el tipo de vía a construir (tipo IGAC) para definir el ancho del corredor y tipo de capa de rodadura (en términos generales se construirán e intervendrán vías tipo 3 y tipo 4), cuyas características se mencionan a continuación:

- Vías tipo 3: Son aquellas vías de acceso que unen las cabeceras municipales principales con sus veredas. Las carreteras consideradas como Tipo 3 deben funcionar en pavimento y su característica especial, es que son angostas, pero deben cumplir con las condiciones adecuadas de diseño estructural. Transitables todo el año.
- Vías tipo 4: Son aquellas que funcionan sin pavimentar y en afirmado, son angostas y transitables todo el año. Estas se caracterizan por unir veredas entre sí. Transitables todo el año.

El proceso de construcción se realizará por medio de excavaciones y rellenos del terreno natural, buscando preferiblemente la compensación en el movimiento de tierras (Material de excavación = Material de relleno), reduciendo la cantidad de sobrantes, y en caso de presentarse, dichos sobrantes se dispondrán en las –ZODME que se encuentran habilitadas y disponibles al momento de realizar las excavaciones. En cuanto a las cantidades correspondientes al descapote de la vía, dependerán del espesor de la capa orgánica, la cual presenta espesores variables que se estiman pueden alcanzar profundidades de 0,20 m; por otra parte, se estima un factor de compactación de 1,2 y un desperdicio del 3%; así las cosas, el volumen total estimado de descapote y afirmado asociado a la construcción o mantenimiento de vías al interior del Área de Desarrollo Llanos 141 se agrupan en la **Tabla 2.2.2-21**.

**Tabla 2.2.2-21 Cantidades de Materiales Estimadas para la Construcción de vías**

Tipo de actividad	Longitud (m)	Ancho de banca (m)	Derecho de vía (m)	Espesor descapote (m)	Espesor excavación (m)	Espesor afirmado y relleno (m)	Volumen Descapote (m3)	Volumen Excavación (m3) (*)	Volumen Afirmado y relleno (m3)
Construcción de vías (hasta 20 km)	20.000,00	Hasta 6 m	Hasta 12 m	Hasta 0,20	Hasta 0,5	Hasta 0,55	48.000,00	120.000,00	132.000,00

Nota general: Las cantidades presentadas son estimadas y se ajustarán en función de los diseños presentados en los PMAE con base en las especificaciones técnicas que apliquen

Nota(\*): Se estima que del volumen total de excavación se contempla reutilizar hasta el 60% del material y hasta un 40% del mismo podrá ser dispuesto en las ZODME autorizadas

Fuente: ECOPEPETROL S.A., 2020; adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)



El movimiento de tierras estimado para la construcción de corredores nuevos estará dado de acuerdo con la topografía del tramo de diseño (variable entre plano a ondulado), diseño geométrico y demás estudios particulares requeridos. Los volúmenes definitivos se definirán en los PMA's específicos para las actividades proyectadas de acuerdo con la Zonificación Ambiental, diseños y estudios complementarios.

➤ **Asentamientos humanos e infraestructura social, económica y cultural a intervenir**

El proyecto para el Área de Desarrollo Llanos 141 determinó una Zonificación de Manejo Ambiental -ZMA- a partir de la cual se proyectaría la ubicación de las diferentes estrategias de desarrollo en función de las exclusiones y/o condiciones que esta ZMA establece; en este sentido, los asentamientos humanos no serían intervenidos con ocasión del proyecto. Sin embargo, en función de las condiciones que desde el diseño se visualizan, de los procesos y métodos constructivos y demás premisas para la intervención en el área con las diferentes estrategias de desarrollo y sus actividades particulares, enmarcado siempre en la Jerarquía de la Mitigación (como enfoque estratégico para abordar los impactos ambientales desde la prevención y minimización de estos), es factible la intervención en áreas que cuenten con algún tipo de infraestructura social que pueda ser trasladada o construida de nuevo prestando el servicio para el cual fue inicialmente concebida (v.g aljibes y/o pozos profundos). Por su parte, las unidades familiares que eventualmente presenten algún tipo de afectación, con ocasión de las actividades del proyecto, serían objeto de un traslado temporal que no implica la reubicación de la unidad familiar.

En virtud de lo anterior, se reitera que los asentamientos humanos no serán objeto de intervención y que en todos los casos (y para todas las estrategias de desarrollo contempladas) en el presente EIA se incluye, como parte del Programa de Compensación Social, la ficha de Manejo de la infraestructura social potencialmente afectada, cuyo objetivo es el de “Garantizar el restablecimiento de infraestructura social afectada por las estrategias de desarrollo del proyecto” y para ello cuenta las acciones tendientes a implementar las medidas necesarias para que la infraestructura social y comunitaria eventualmente afectada sea restablecida.

➤ **Fuentes de emisiones atmosféricas y ruido**

Las emisiones atmosféricas (gases, material particulado y ruido ambiental) son consideradas en la evaluación de impactos ambientales con ocasión del proyecto; en este sentido, fueron identificados y evaluados los impactos “Alteración a la calidad del aire[1]” y “Alteración en los niveles de presión sonora[2]” y, en consecuencia, se planteó en el presente EIA el Programa de manejo del recurso aire con las correspondientes fichas de manejo de fuentes de emisiones atmosférica y manejo de fuentes de ruido, cuyos objetivos son:

- Establecer las medidas de manejo ambiental que permitan prevenir y mitigar las emisiones de contaminantes a la atmósfera, que se puedan generar por el desarrollo del proyecto.
- Implementar las acciones de manejo para los impactos asociados a la calidad de aire mediante el control de material particulado y emisiones en fuentes móviles y fijas que así lo requieran.

En virtud de lo anterior, las fichas propenden, entre otros, por el uso de maquinaria con bajas emisiones (con motores modernos, eficientes y mantenidos que cumplen con las normativas en materia de emisión y ruido); por la implementación de sistemas de reducción de emisiones (como catalizadores, filtros u otros que sean técnica y económicamente viables y permitan disminuir la cantidad de gases emitidos); sistemas y/o programas de riego para el control de material particulado, en conjunto con barreras y/o cubiertas que eviten la dispersión; barreras acústicas, maquinarias con niveles de ruido reducidos, entre otros.

➤ **Emisiones de ruido por fuentes fijas o móviles**

Las emisiones atmosféricas (gases, material particulado y ruido ambiental) son consideradas en la evaluación de impactos ambientales con ocasión del proyecto; en este sentido, fueron identificados y evaluados los impactos “Alteración a la calidad del aire[1]” y “Alteración en los niveles de presión sonora[2]” y, en consecuencia, se planteó en el presente EIA el Programa de manejo del recurso aire con las correspondientes fichas de manejo de fuentes de emisiones atmosférica y manejo de fuentes de ruido, cuyos objetivos son:

- Controlar y atenuar los niveles de presión sonora generada durante todas las etapas del proyecto con el fin de no aportar más niveles de ruido de los ya registrados en línea base.

En virtud de lo anterior, las fichas propenden, entre otros, por el uso de maquinaria con bajas emisiones (con motores modernos, eficientes y mantenidos que cumplen con las normativas en materia de emisión y ruido); por la implementación de sistemas de reducción de emisiones (como catalizadores, filtros u otros que sean técnica y económicamente viables y permitan disminuir la cantidad de gases emitidos); sistemas y/o programas de riego para el control de material particulado, en conjunto con barreras y/o cubiertas que eviten la dispersión; barreras acústicas, maquinarias con niveles de ruido reducidos, entre otros”.

➤ **Estimativos de maquinaria, equipos y mano de obra**

La maquinaria y equipo utilizado en trabajos de este tipo, es de carácter especializado para algunas labores que comprende esta etapa de construcción. La maquinaria básica por usarse en caso de requerirse, podrá ser: buldócer, retroexcavadora, motoniveladora, vibro compactador, volqueta, camión tipo tanque, montacargas, entre otros (**Fotografía 2.2.2-1**), para trabajos de movimientos de tierras en corte y relleno, para conformación de taludes y para el transporte de cargas pesadas, entre otras. El listado de equipos a emplear en la construcción de una vía y plataforma se consignan en la **Tabla 2.2.2-22**.

**Fotografía 2.2.2-1 Tipo de equipo utilizado para obras civiles**



Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

**Tabla 2.2.2-22 Estimativo de maquinaria y equipos requerido para la construcción de una vía de acceso (L=1 km)**

Maquinaria	Cantidad
Retroexcavadoras.	2
Compactadores y Vibro compactadoras.	1
Compactadores manuales (Apisonador o canguro, placa vibradora o rana). *	2
Volqueta	2
Bus o buseta	1
Camioneta doble cabina	1
Carrotanque	1
Mezcladora (Trompo)	1
Motobombas 6"	1
Motobombas 4"	1
Herramientas menores	-

*Nota: Estas cantidades son estimadas y podrán variar de conformidad con los requerimientos del proyecto y de las actividades a desarrollar.*

*Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)*

En cuanto a la ejecución de las actividades de obra civil para el desarrollo del proyecto, es necesario contar con una cantidad de treinta y tres (33) personas distribuidas entre mano de obra formada y no formada, cantidad que podrá variar de acuerdo con los requerimientos del proyecto. En la **Tabla 2.2.2-23** se relaciona el personal estimado para la construcción de la locación y vía asociada. La cantidad de personal es estimada y podría variar según el proyecto a ejecutar, por imprevistos en el desarrollo de las obras o variación de las condiciones del entorno, entre otros casos.

**Tabla 2.2.2-23 Personal requerido para las obras civiles a realizar en la plataforma y vía (construcción, mejoramiento, adecuación, mantenimiento, rehabilitación)**

Actividad	Cargo	Cantidad	Mano de obra
REPLANTEO Y CONTROL TOPOGRÁFICO	Topógrafo	1	Profesional
	Cadenero	2	No Profesional
	Estaquero o ayudante	2	No Profesional
OBRAS CIVILES EN VÍAS	Ingenieros	2	Profesional
	Maestro de obra	2	Profesional
	Oficiales	3	Profesional
MOVIMIENTO DE TIERRAS Y COMPACTACIÓN	Obreros	12	No Profesional
	Operador retroexcavadora	2	Profesional
	Operador motoniveladora	1	Profesional
	Operador compactador	1	Profesional
MOVILIZACIÓN Y ACARREO	Conductor Volquetas	2	Profesional
	Conductor carro-tanques	1	Profesional
	Conductor camionetas	2	Profesional
<b>CANTIDAD APROXIMADA</b>		<b>33</b>	

*Nota (\*): El personal indicado es estimado, el número dependerá de los requerimientos propios del proyecto y de la actividad específica que se lleve a cabo. Por tal razón, el personal podrá variar según lo presentado, (ECOPEPETROL S.A., 2023)*

*Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)*

### ➤ Duración de las obras

A continuación, en la **Tabla 2.2.2-24** y **Tabla 2.2.2-25** se presentan las fases de desarrollo del campo en las que se contempla la perforación de pozos y la duración de las actividades a desarrollar durante el proceso de perforación para un pozo de producción tipo.

**Tabla 2.2.2-24 Fases de desarrollo del campo en donde se contempla la construcción de vías**

ESTRATEGIAS DEFINIDAS EN LOS HI-TER-1-03		ESTRATEGIAS DE DESARROLLO A SOLICITAR EN EL PRESENTE EIA					FASES																			
ID	ESTRATEGIA DE DESARROLLO	CICLO ASOCIADO AL DESARROLLO DEL CAMPO	ED	ESTRATEGIAS DE DESARROLLO	CANTIDADES A SOLICITAR	CANTIDADES PROYECTADAS POR FASE	0		1																	
							EXPLORACIÓN	DESARROLLO - PRODUCCIÓN																		
							AÑOS																			
							1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15					
1	Vías de acceso al área y locaciones	Estrategias asociadas a la producción de hidrocarburos	ED2	Construcción de nuevas vías	Longitud de vías nuevas: hasta 20 km.	Hasta 6 km Hasta 14 km																				

Nota (\*): A partir de concluida la construcción, las fases siguientes corresponderán a la operación asociada a este tipo de infraestructura

Fuente: ECOPELROL S.A., 2023; adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

**Tabla 2.2.2-25 Duración estimada para la construcción de una una vía (L = 1 km)**

Ciclo asociado al desarrollo del campo	Estrategia de desarrollo	Actividades	SEMANA																		
			1	2	3	4	5	6	7	8	9										
Estrategias asociadas a la producción de hidrocarburos	Construcción de nuevas vías	Localización y replanteo																			
		Desmonte, descapote, rocería y limpieza																			
		Cuneteo, extendido, nivelación y compactación																			
		Movimiento de tierras (excavación, cortes y rellenos)																			
		Construcción de obras para cruces de drenajes (ocupaciones de cauce)																			
		Obras para manejo de drenajes, aguas superficiales y aguas aceitosas																			
		Construcción de estructuras en concreto																			
		Estabilización y revegetalización de taludes																			
		Construcción e instalación de estructuras metálicas y/u otros materiales																			
Operación de maquinaria y equipos																					

Nota (\*): Tiempos estimados que podrán variar en función de las necesidades y condiciones del proyecto

Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

La construcción de vías será reportada vía ICA y descontadas de los saldos autorizados en el presente Estudio de Impacto Ambiental.

➤ **Actividades de mantenimiento**

Las actividades de mantenimiento corresponden a una estrategia independiente, descrita anteriormente como 2.2.2.1.1.1 Adecuación, mantenimiento y/o ampliación de vías existentes (ED1),

➤ **Desmantelamiento y restauración de áreas intervenidas**

El desmantelamiento consiste en la limpieza de todos los residuos generados tales como sobrantes de concreto, bolsas de cemento, cintas de seguridad, madera, sobrantes de acero, alambres, etc.; el retiro de la maquinaria pesada que se usó junto con las herramientas menores como mezcladoras, carretillas, palas, etc. Se realizará en las áreas de intervención asociada a cada actividad, que

corresponden al sector acondicionado como campamentos temporales. Instalaciones de apoyo, y la zona de ejecución de actividades asociadas a la construcción de la vía como son banca de la vía, calzada, taludes de corte y/o terraplén, sitios de construcción de obras de arte. Estas actividades se presentan de forma detallada en el Capítulo 10\_PLAN\_DESMANTELAMIENTO Y ABANDONO, del presente Estudio de Impacto Ambiental.

En lo referente a los procedimientos para la recuperación del área intervenida serán los siguientes:

- Retiro de infraestructura instalada.
- Recolección de todos los residuos sólidos y disposición adecuada.
- Restauración morfológica del área de ubicación de los clústeres.

Se revisarán los drenajes y se asegurará que no estén taponados. En las zonas donde se hayan instalado alcantarillas se evaluará la opción de retirarlas dejando un canal abierto en el lugar donde éstas se encontraban. Estas actividades se presentan de forma detallada en el capítulo 10\_plan\_desmantelamiento y abandono, del Estudio de Impacto Ambiental Área de Desarrollo Llanos 141.

#### ➤ **Impactos ambientales asociados**

Los impactos generados por el desarrollo de estas subactividades se presentan en el Capítulo 5, Evaluación Ambiental, del presente documento.

#### **2.2.2.1.1.3 Construcción de Locaciones (ED3)**

La campaña de perforación contempla la perforación de varios tipos de pozos que estarán ubicados en lo posible en plataformas existentes; sin embargo, para parte de las perforaciones proyectadas, se requerirá de la construcción de plataformas de perforación en nuevas áreas. Cabe señalar que en el caso de que una nueva locación no tenga el área máxima en el momento de la construcción, este podrá ser objeto de ampliación hasta alcanzar el área máxima solicitada para este tipo de infraestructura la construcción de las nuevas plataformas se realizará de acuerdo con los diseños específicos y respetando lo estipulado por la zonificación de manejo ambiental.

#### ➤ **Cantidades requeridas para el Área de Desarrollo Llanos 141**

El diseño de una locación desde el punto de vista teórico plantea tres objetivos básicos: funcionalidad técnica, seguridad y economía. El primero de éstos tiene que ver con los requerimientos de espacio y distribución de los equipos dentro del área, de tal forma que se optimicen las condiciones operativas y se aprovechen al máximo las características físicas de la zona elegida para su emplazamiento; el segundo, pretende obtener un diseño seguro desde el punto de vista geotécnico, de acuerdo con las condiciones del terreno y su comportamiento durante las actividades de construcción y operación, el último, busca que las soluciones aplicables a cada uno de los diseños, sean las más económicas y funcionales, claro está, dentro de las normas y criterios de seguridad vigentes. La ubicación y descripción precisa y definitiva de cada clúster definirá en los PMA específicos para las actividades proyectadas, de acuerdo con la zonificación de manejo ambiental presentada en el EIA.

EN este orden de ideas, se solicita la construcción hasta de diez (10) locaciones (**Tabla 2.2.2-26**) al interior del Área de Desarrollo Llanos 141 con un área máxima cada uno de hasta 5 ha con el objeto de albergar en su interior la ubicación y perforación de nuevos pozos (cuya cantidad será definida según los requerimientos de la operación sin superar un máximo total de 5 pozos por Locación que serán definidos y solicitados en los respectivos PMAEs), así como para la instalación de equipos e infraestructura que sea requerida para asegurar la operatividad y funcionalidad de las mismas dentro

del escenario de hacer parte de un campo de operación. La construcción de estas Locaciones se realizará a la luz de la zonificación de manejo ambiental que hace parte integral de este estudio.

**Tabla 2.2.2-26 Locaciones nuevas a solicitar**

Tipo de actividad	Locaciones proyectadas	Área máxima por Locación (ha)	Área total (ha)
<b>Construcción de Locaciones</b>	10	5,00	50,00

*Nota: En función de las características específicas y áreas disponibles en cada sitio donde se proyecte la construcción de este tipo de infraestructura, la misma podrá ser configurada como una única área o de manera fraccionada sin superar el máximo de área solicitada (5 ha)*

*Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)*

Se estima que cada uno de las diez (10) locaciones proyectadas requerirán un área máxima de hasta cinco (5) ha, para un total de 50 ha. Dentro de cada una de estas se tiene contemplado la adecuación y construcción de las siguientes áreas: Plataforma multipozo (Incluye: ubicación mesa del taladro con espacio para hasta 5 pozos que pueden corresponder en su conjunto a productores y/o inyectores y/o NFE, zonas para almacenamiento de químicos, zona para generadores, zona para equipos primarios de control de sólidos, zona para piscinas o unidades de tratamiento de lodos (Frac o Catch tank), zona para instalación de los equipos de cementación, completamiento, cañoneo, pruebas de producción, instalación de campamentos y oficinas), Zona para Facilidades Tempranas de Producción (las cuales se ubicaran en las áreas que fueron empleadas para la actividad de perforación como son la del taladro y equipos accesorios), Zona para bombas de inyección, Zona de Acopio Temporal de la Capa Vegetal, Zona de Acopio del Material de Construcción, Zona de Disposición del Material Sobrante de Excavación (ZODME), y Zonas complementarias (que podrán ser utilizadas como zonas auxiliares de otras áreas), distribuidas como se indican en la **Tabla 2.2.2-27**.

**Tabla 2.2.2-27 Resumen áreas estimadas por Locación tipo**

INSTALACIÓN	ÁREA ESTIMADA (Ha)	PORCENTAJE DEL ÁREA
ÁREA CAMPAMENTO PROYECTADO	0,01	0,2
ÁREA MÚLTIPLE	0,032	0,64
FRANJA PARA DESARROLLO DE TALUDES Y RELLENO, CUNETAS PERIMETRAL DE AGUAS LLUVIAS Y CERRAMIENTO.	0,96	19,2
ÁREA BOMBA DE INYECCIÓN	0,067	1,34
ÁREA TRAMPA DESPACHO Y/O RECIBO	0,007	0,14
ÁREA DE PARQUEADERO	0,061	1,22
ÁREA DE EQUIPOS PARA PRUEBAS EXTENSAS (INCLUYE TEA)	0,2	4
ÁREA DE EQUIPOS ELÉCTRICOS	0,125	2,5
ÁREA POZOS	0,067	1,34
ÁREA DE QUÍMICOS	0,026	0,52
ÁREA PISCINAS	0,056	1,12
ÁREA DE EQUIPOS PERIFÉRICOS	0,146	2,92
ÁREA DE MANEJO DE SÓLIDOS (ESPACIO REQUERIDO PARA OPERACIÓN DEL TALADRO)	0,04	0,8
ZODME	1	20
ÁREA DE ACCESO ZODME	0,061	1,22
ÁREA DE TRÁNSITO	2,142	42,84
<b>ÁREA LOCACIÓN (*)</b>	<b>5</b>	<b>100</b>

**Notas:**

*(\*) En caso de que determinada área en alguna Localización no llegase a emplearse o utilizarse en toda su extensión, ECOPETROL S.A., podrá emplear este espacio para la construcción de otra u otras áreas para actividades autorizadas (Incluye Facilidades Tempranas de Producción, ampliación). Para tal fin, se seleccionarán estratégicamente estos espacios logrando así que su ubicación sea con respecto a las estructuras productoras y las actividades de construcción a desarrollar. La ZODME podrá alcanzar hasta 1 ha de extensión de ser necesario, pero sin modificar el área máxima del Locación*

*Fuente: Anexo 2. Descripción del proyecto / 5.CIV / ECP-ULL-LLANOS141-IP01-0-CI-PL-001-D1; adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)*

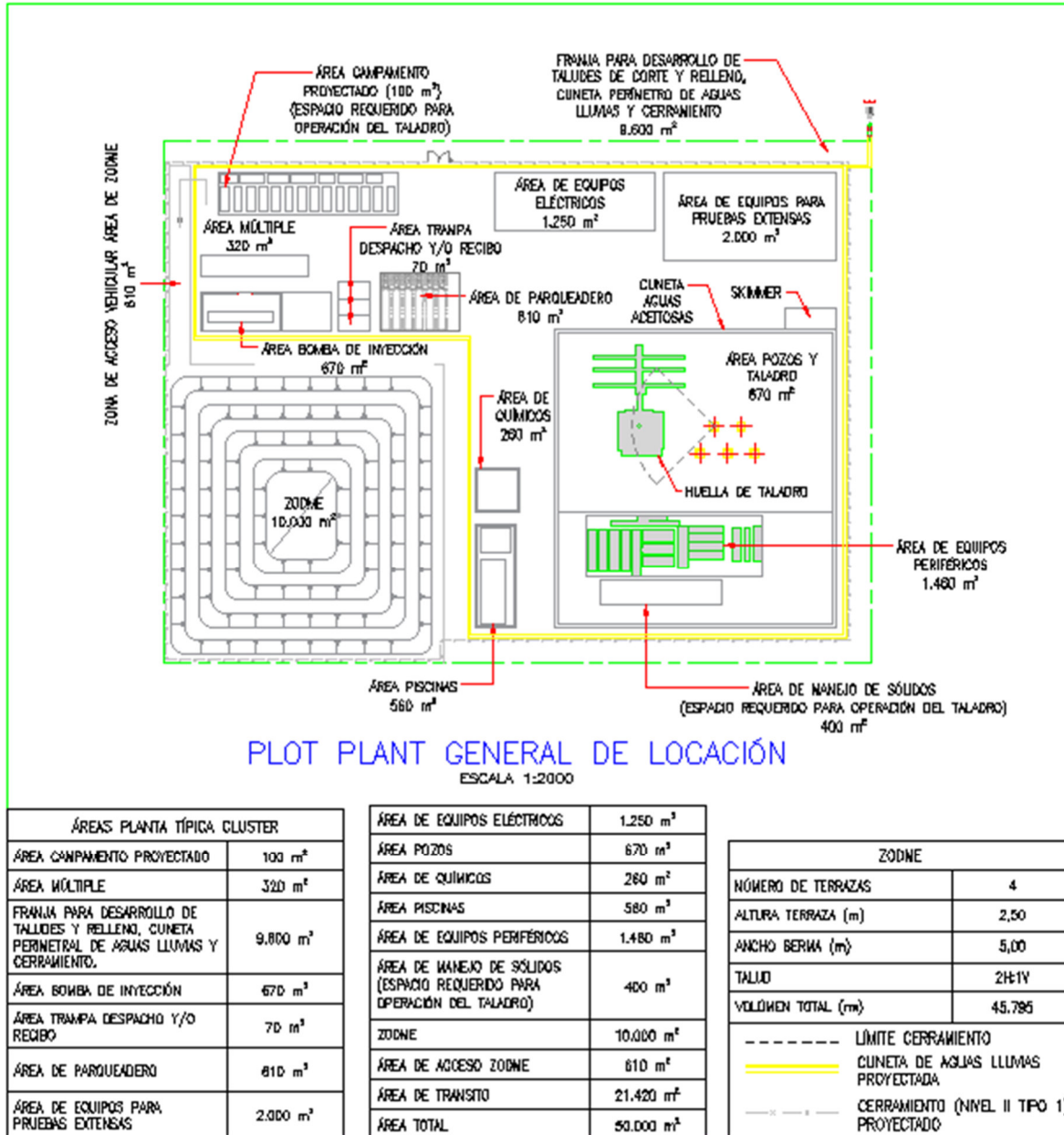


Las áreas requeridas para la construcción de las locaciones se ubicarán teniendo en cuenta los sitios de interés geológico y las zonas establecidas de acuerdo con la zonificación de manejo que reposan en el Capítulo 9 – Zonificación del Manejo Ambiental del presente estudio. Como consecuencia de la morfología del área se hace necesario para la construcción de las locaciones e infraestructura requerida, el movimiento de tierras (cortes y rellenos), en lo posible estos serán compensados (volumen de material de corte igual al volumen de relleno requerido).

Adicionalmente, según las necesidades del proyecto, es posible requerir materiales de construcción, los cuales serán suministrados por terceros (canteras autorizadas), que cuenten con licencia ambiental vigente y deben cumplir con los parámetros geomecánicos requeridos en el diseño, en este orden de ideas, no se proyecta la solicitud de áreas para aprovechamiento de materiales ya sean de cantera o de arrastre.

El acarreo del material se realizará siguiendo las normas ambientales establecidas para su traslado. La disposición de material sobrante de excavación se dispondrá en ZODMEs, los cuales tendrán un área de hasta 1,00 ha (uno por cada Locación), ubicados al interior de las locaciones o en zonas aledañas teniendo en cuenta que las plataformas pueden ser fragmentadas de acuerdo con los resultados obtenidos en la Zonificación de Manejo Ambiental. El diseño tipo para un Locación es presentado en la **Figura 2.2.2-33**, el misma podrá contemplar una distribución equivalente a la incluida en la **Tabla 2.2.2-27**; sin embargo, esta distribución podrá variar dependiendo de las necesidades propias de cada zona de emplazamiento, por tanto, en los Planes de Manejo Ambiental Específicos de cada Locación, se presentarán las dimensiones definitivas de sus áreas internas.

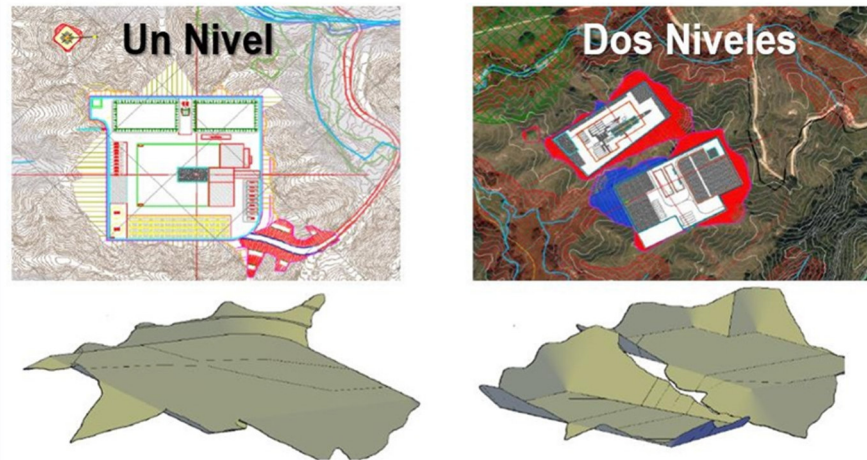
Figura 2.2.2-33 Planta típica general de una Locación



Fuente: Anexo 2. Descripción del proyecto / 5.CIV / ECP-ULL-LLANOS141-IP01-0-CI-PL-001-D1; adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

De ser necesario y a la luz de las áreas habilitadas en la Zonificación Ambiental y en aras de maximizar el aprovechamiento de las áreas a intervenir para la construcción de este tipo de infraestructura, se contempla como alternativa la construcción de locaciones de uno o dos niveles (fraccionado, sin superar el área de 5,0 ha); en este orden de ideas en la **Figura 2.2.2-34** se presenta un esquema del Locación con sus Facilidades en Superficie separadas

Figura 2.2.2-34 Esquema Plataforma de Uno y Dos Niveles



Fuente: Estudio de Impacto Ambiental -EIA- para la modificación de la Licencia Ambiental del Área de Perforación Exploratoria – APE Medina Occidental (Ecopetrol S. A., 2020); Adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

En los Locaciones se ubicarán los equipos para la perforación (taladro, bombas, equipos de control de sólidos, tanques, etc.) así como los contenedores que servirán para el alojamiento y oficinas del personal que trabajará durante la etapa de perforación. En tal sentido es necesario considerar la movilización de la maquinaria y el equipo, periodo durante el cual ingresan al área tracto mulas cargadas, que requieren de vías y superficies de movilización con una buena visibilidad y cimentación.

➤ **Métodos constructivos e instalaciones de apoyo (campamentos, talleres, y otras).**

• **Métodos constructivos**

El proceso constructivo asociado a la construcción de nuevos clústeres, contempla la ejecución de las actividades que se relacionan en la **Tabla 2.2.2-28**; en este orden de ideas se presenta una breve descripción de cada una de las actividades referidas enmarcadas dentro del alcance de la actividad constructiva a ejecutar

**Tabla 2.2.2-28 Actividades a ejecutar**

ETAPA	SUBETAPA	ACTIVIDAD	ID
CONSTRUCTIVA (OBRAS CIVILES NECESARIAS)	ADECUACIÓN Y/O CONSTRUCCIÓN DE INFRAESTRUCTURA BÁSICA, APOYO, FACILIDADES DE PRODUCCIÓN Y ELÉCTRICA	Localización y replanteo	A3
		Desmonte, descapote, rocería y limpieza	A4
		Cuneteo, extendido, nivelación y compactación	A5
		Movimiento de tierras (excavación, cortes y rellenos)	A6
		Obras para manejo de drenajes, aguas superficiales y aguas aceitosas	A8
		Construcción de estructuras en concreto	A9
		Estabilización y revegetalización de Taludes	A10
		Suministro e instalación de estructuras metálicas	A11
		Operación de maquinaria y equipos	A12

Fuente: (ECOPETROL S.A., 2023); adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

A continuación, se presenta una breve descripción de cada una de las actividades referidas al proceso constructivo, mientras la descripción de actividades asociadas a la etapa preoperativa, desmantelamiento y abandono y actividades transversales, por ser comunes para el desarrollo de las diferentes estrategias de desarrollo y en aras de no ser repetitivos en la información a presentar, se encuentran consignadas y descritas de manera general en la **Tabla 2.2.2-2** del presente documento.

- **Localización y replanteo (A3)**

Previo a las actividades de obras civiles, se deben realizar los trabajos por la comisión de topografía para determinar la localización planimétrica, altimétrica, a partir de puntos y ejes; de igual manera se determinan las zonas de corte y relleno con sus respectivos chaflanes; todas las anteriores deben quedar debidamente georreferenciadas y materializadas en campo por medio de estacas y/o mojones estables construidos con materiales duraderos (concreto, madera cepillada e inmunizada, puntillas y pintura no lavable de colores fuertes). Dentro de los trabajos a realizar se encuentran: Rocería, poda, fundición de mojones (agua, arena y cemento), de forma tal que no sean afectados por las actividades posteriores y, asimismo, que sean visibles e identificables para la localización, nivelación y/o verificación de la ubicación de las diferentes excavaciones, rellenos y estructuras dentro de las locaciones a construir. El control de la ubicación de las obras se realiza, de manera que todos los elementos nuevos cuenten con coordenadas que estén sujetas a un sistema de referencia de coordenadas determinado. En este orden de ideas, el control de la ubicación de los elementos se realiza usando la red de mojones georreferenciados disponible en el sector (Figura 2.2.2-35).

**Figura 2.2.2-35 Localización y replanteo**



Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)



○ **Desmonte, descapote, rocería y limpieza (A4)**

Esta actividad corresponde a la remoción de la capa superficial del terreno natural, en un espesor mínimo de 10cm y en promedio de 25cm, así como el retiro de tierra vegetal, turba, cieno, material orgánico, árboles, arbustos, pasto, raíces y demás materiales de tipo orgánico, que ocupan el área donde se construirá la plataforma (**Fotografía 2.2.2-2**). En lo posible se removerá la cobertura vegetal existente de pastos y rastrojos, evitando la intervención de áreas boscosas. El material resultante se acumulará en sitios planos ubicados en cercanía de las vías a construir con el fin de utilizarlo en la restauración de las áreas intervenidas.

**Fotografía 2.2.2-2 Ejemplo de área donde se proyecta la ejecución de tareas de desmonte, descapote, rocería y limpieza**



Coordenadas Datum Magna Sirgas Origen Nacional E: 4957534,23; N: 2025477,89  
Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

○ **Cuneteo, extendido, nivelación y compactación (A5)**

Para la construcción de clústeres, es necesario realizar el cuneteado (conformación de cunetas) a lado y lado de la plataforma por medio de una motoniveladora y se escarificará la superficie, esta actividad se realiza una vez realizado el descapote, en aras de preparar el terreno, para colocar la capa de afirmado en la plataforma. En los sitios que se hayan definido en el diseño final de las obras, se perfilarán las cunetas perimetrales para la conducción de las aguas lluvias, sobre la rasante con las dimensiones definidas en el cálculo del caudal de escorrentía y el diseño hidráulico; asimismo se deberán construir zanjas de coronación, filtros y demás obras hidráulicas indicadas en el diseño, que contribuyan a estabilizar la plataforma así como descoles con disipadores de energía u otras estructuras que sean definidas en los diseños de manera que permitan entregar de forma controlada el agua captada hacia los drenajes naturales; es de señalar que estas entregas a cuerpos de agua naturales se realizarán en aquellos puntos que están contemplados en la solicitud de ocupación de cauce para esta actividad en específico.

El material resultante del cuneteado y escarificado (excepto el material vegetal), se extenderá y nivelará a lo largo de la plataforma con ayuda de la motoniveladora, dándole un bombeo del 2% hacia los costados, posteriormente con el vibro-compactador se le dará la densidad requerida a esta capa de terreno existente, la cual servirá de base para la capa de afirmado (**Fotografía 2.2.2-3**).

**Fotografía 2.2.2-3**  
**infraestructura**

**Proceso de extendido, nivelación y compactación para construcción de**



Fuente: ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DEL ÁREA DE PERFORACIÓN EXPLORATORIA – APE RECETOR NORTE; adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

○ **Movimiento de tierras (excavación, cortes y rellenos) (A6)**

Las actividades relacionadas con movimiento de tierras (excavación, cortes y rellenos) incluyen los trabajos a realizarse en un terreno con el fin de llegar a los niveles requeridos en los diseños, para la conformación final de las locaciones. Las excavaciones se pueden clasificar de varias maneras según el tipo de suelo (roca o suelo), profundidad (superficial o profunda), volumen y forma, es decir, si son en zapatas, zanjas, amplias o pozos.

Las excavaciones comprenden el conjunto de actividades de corte y nivelación de las zonas donde ha de fundarse la locación, incluyendo taludes, cunetas y zanjas; así como la escarificación, conformación y compactación de la subrasante en corte. Los trabajos deben realizarse utilizando los procedimientos técnicos requeridos y tomando las precauciones necesarias, de modo que no causen accidentes personales, ni daños en estructuras o equipos dispuestos en zonas aledañas.

Los terraplenes o rellenos consisten en material clasificado con que se rellena el terreno para levantar su nivel y formar un plano de apoyo adecuado de la plataforma. Estos trabajos consisten en explotar, cortar, perfilar taludes, cargar, transportar, extender, humedecer o secar, nivelar y compactar en el sitio de la explanación material común de préstamo o proveniente de otra plataforma para conformar la subrasante de la explanación o localización.

Los terraplenes se colocaran en capas horizontales, de espesor compacto entre 20 y 40 cm, de material y deben ser compactados con vibro compactador autopropulsado y/o rodillo patacabra (dependiendo de la clase de terreno encontrado), hasta obtener una densidad seca del 95% de la obtenida en el ensayo Proctor estándar o modificado (dependiendo del tipo de material a utilizar), así mismo se debe trabajar el material con una humedad de 2 a 4 % por encima de la óptima de compactación del ensayo Proctor estándar o modificado.

Teniendo en cuenta que el área donde se emplaza el Área de Desarrollo Llanos 141, en términos generales, presenta una topografía variada, con pendientes que divagan del 0% al 75%, con predominio de zonas con gradientes que varían entre el 3 al 50%; este escenario redundo en que la actividad de corte varía de un lugar a otro, y es difícil poder manejar la compensación total entre los materiales de corte y de relleno (material de corte útil = material de relleno). Es así que cuando la plataforma proyectada se encuentre en un área plana (gradiente del 0% - 3%), la actividad de corte



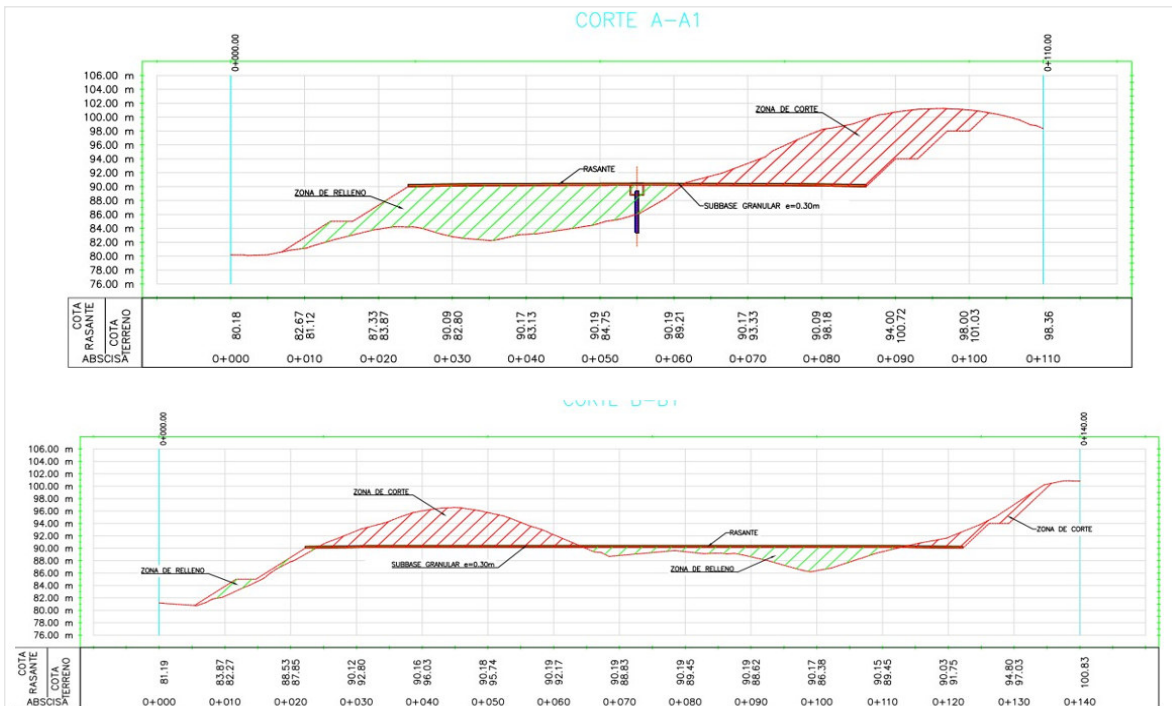
se limita únicamente al descapote y unos cortes pequeños para la conformación de la sub-rasante material útil < material de relleno), mientras en caso donde las pendientes son mayores, puede presentarse que haya material sobrante (material útil > material relleno),

En términos generales, para la construcción de las nuevas locaciones se tratarán de proponer diseños donde el material de corte y relleno sea compensado o se aproveche al máximo el primero de estos para evitar el material sobrante.

En el caso que se generen materiales sobrantes resultado de la excavación, estos podrán ser dispuestos en ZODMES ya sea al interior de las áreas donde se construyen los nuevos clústeres, en áreas habilitadas para tal fin desde el diseño mismo de la locación, o en las ZODMES del Área de Desarrollo que se encuentren habilitadas según la estrategia de "Construcción y operación de Zonas de Disposición de Materiales Sobrantes de Excavación -ZODME-.

Dentro de esta actividad se trata en lo posible de manejar cortes y rellenos compensados para conformación de subrasante y obras de drenaje, así como la disposición del material de afirmado para conformación final de la capa de rodadura para que no se vea afectada por el tránsito de maquinaria pesada y vehículos en general. Del material proveniente del corte se usará toda la cantidad de material que cumpla con las características y condiciones que se necesitan para conformar un relleno (**Figura 2.2.2-36**). Las actividades de excavaciones, cortes y rellenos deberán ejecutarse de acuerdo con el diseño particular y el mismo será presentado en los respectivos Planes de Manejo Ambiental Específicos

**Figura 2.2.2-36 Esquema de corte compensado en plataformas**



Fuente: ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DEL ÁREA DE PERFORACIÓN EXPLORATORIA – APE RECETOR NORTE; adaptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

El acabado final de la superficie deberá permitir el adecuado flujo de agua hacia los sistemas de conducción. La rasante o superficie de la locación podrá estar conformada por cualquiera de las

siguientes alternativas, las cuales serán definidas y presentadas dentro de los diseños que hace parte integral de los respectivos Planes de Manejo Ambiental Específicos asociados a la construcción de Locaciones y perforación de pozos:

❖ Terreno natural

Se deja como superficie de apoyo el terreno natural en suelos consolidados y/o rocas, ya que en estos las características como la cohesión, resistencia al corte y capacidad portante son suficientes para instalar de forma segura y estable los equipos necesarios para la perforación y/o explotación. La adecuación del área se limita a la remoción de la cobertura vegetal y descapote, para realizar el perfilado y la compactación del terreno, en caso de requerirse, garantizando el sello de la superficie y el adecuado manejo de la escorrentía superficial.

❖ Material granular

Se dispone material granular cuando, según estudio de suelos, las características geomecánicas de este no cumplen con las requeridas para el soporte de las cargas de los equipos para las actividades de perforación. La colocación del material granular consiste en extender el material, nivelar las capas, humedecer y compactar hasta el 95% del Proctor modificado, hasta alcanzar las cotas estipuladas en los diseños. El material granular se comprará en canteras con las licencias y permisos ambientales y mineros vigentes.

❖ Suelo estabilizado con productos químicos

Esta técnica busca el aumento de la densidad del suelo y la capacidad para el soporte de cargas, disminución del espesor de las capas de material a colocar, la impermeabilización de la superficie y evitar la socavación inferior causada por flujos de agua subterránea. La estabilización consiste en la aplicación de productos químicos atóxicos en las proporciones indicadas por el diseño, los cuales generan reacciones químicas que tienden a potenciar la aglutinación de las partículas y la adherencia molecular, lo que deriva en la mejora de las propiedades geomecánicas del suelo, elevando la capacidad portante del mismo. Las actividades consisten en la escarificación del suelo y mezclado con productos tales como sales, productos enzimáticos, polímeros, entre otros, y la compactación del material hasta alcanzar las cotas de diseño.

❖ Suelo estabilizado con cemento

Consiste en la utilización de cemento para mejorar la cohesión del suelo mezclado, aumentando la capacidad portante del material. Para la mezcla se realiza la escarificación de la superficie, la pulverización y humedecimiento del suelo, para luego distribuir y mezclar el cemento con el material en las proporciones indicadas en el diseño, mediante el uso de una motoniveladora. Por último, se ejecuta la compactación de la mezcla, curando la superficie final con agua.

❖ Suelo estabilizado con cualquier otro material o elemento

Consiste en utilizar elementos o materiales como pilotes de madera, geomallas, empalizadas, entre otros, para mejorar la capacidad de carga del suelo. En caso de existir aprovechamiento forestal se puede utilizar el material cortado para pilotes de madera o empalizadas.

○ **Obras para manejo de drenajes, aguas superficiales y aguas aceitosas (A8)**

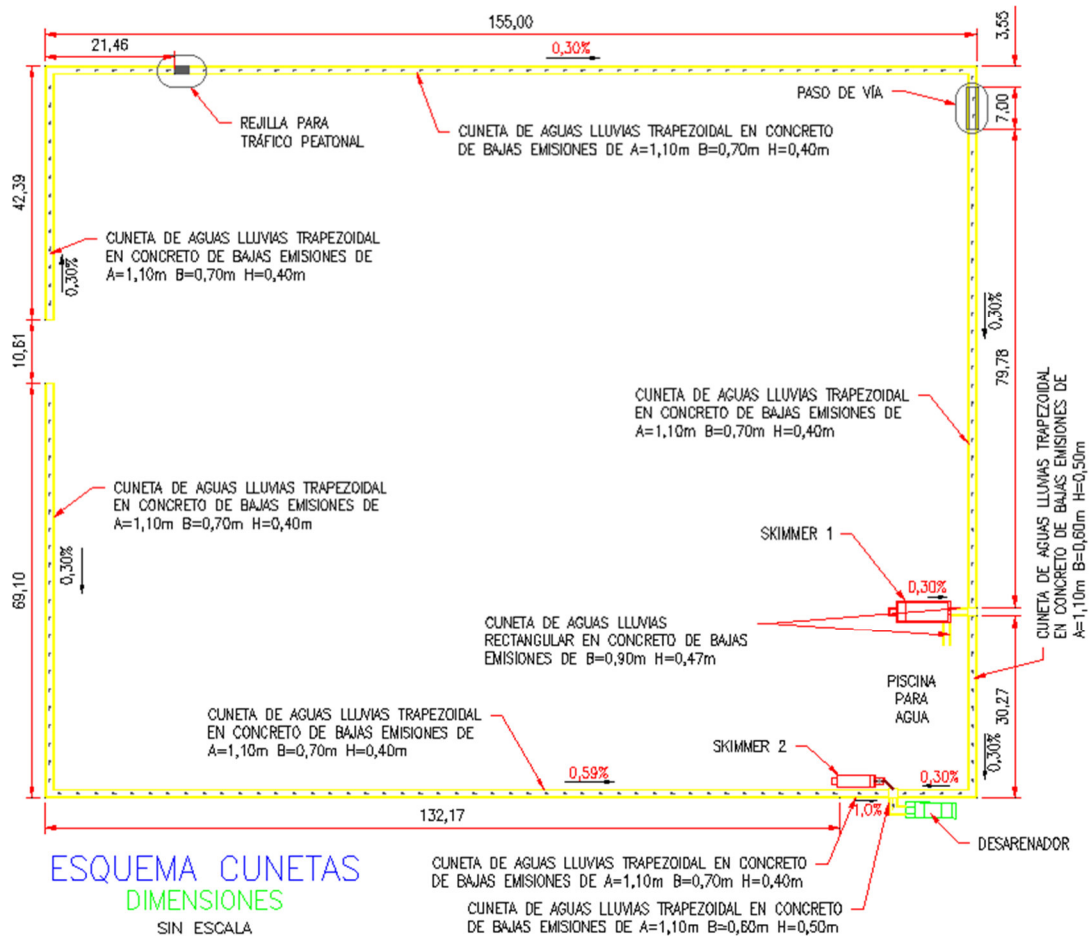
Todas las aguas lluvias que se puedan generar durante la operación sobre la plataforma a construir se recogen por medio de cunetas perimetrales, el material previsto para el terminado de las cunetas puede variar al igual que su forma geométrica; estas cunetas reciben el agua de escorrentía recogida

a lo largo del Locación y es conducida hacia desarenadores, donde se realiza la separación de agua y material recolectado (regularmente se debe hacer limpieza de los mismos). Seguidamente, el flujo de agua continúa su recorrido para ser dispuesta en el suelo natural y/o buscar un drenaje natural como sitio de disposición final. Es de señalar que las especificaciones y diseños serán presentados en los respectivos Planes de Manejo Ambiental Específicos asociados a la construcción de locaciones y perforación de pozos. A continuación, se presenta una descripción de los principales elementos a instalar para el manejo de estos tipos de aguas.

❖ Cunetas perimetrales

El manejo de aguas lluvias podrá contar con la adopción de las diferentes alternativas en cuanto a los materiales de acabado, en la medida en que las características topográficas, edáficas y climáticas de la zona lo requieran y permitan. En la **Figura 2.2.2-37** se espacializa la disposición típica de este tipo de cunetas.

**Figura 2.2.2-37 Disposición tipo de cunetas perimetrales**



Fuente: Anexo 2. Descripción del proyecto / 5.CIV / ECP-ULL-LLANOS141-IP01-0-CI-PL-001-D1; adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

El material previsto para el terminado de las cunetas, dependen de parámetros como las características de los suelos de fundación, la topografía de la zona, el tiempo de perforación y las facilidades de desmantelamiento, los cuales se describen a continuación:

❖ Terreno natural

Esta estructura puede implementarse cuando se presenten suelos consolidados, estables y poco permeables de tipo arcilloso, donde no se generen procesos erosivos, de igual forma se implementarán de acuerdo con los estudios de suelos e hidrología (**Fotografía 2.2.2-4**).

**Fotografía 2.2.2-4 Cuneta en terreno natural**



Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

❖ Revestimiento en suelo - cemento

Se presenta como una alternativa aplicable en suelos más permeables que las arcillas y de mayor duración, ya que la mezcla de suelo con las proporciones adecuadas de cemento y agua es manejable en el momento de la construcción y luego del fraguado, se logra una superficie endurecida que permite manejar el agua sin generar problemas erosivos

❖ Sacos rellenos de suelo o suelo-cemento instalados sobre el terreno natural

Al igual que la alternativa anterior, esta opción busca dar una protección al suelo de tal manera que se minimicen los procesos de socavación. Consiste en llenar y sellar sacos de fibra natural con suelo sobrante o una mezcla de suelo-cemento sin elementos extraños como palos, vegetación o cualquier otro que pueda disminuir la vida útil del saco (**Fotografía 2.2.2-5**).

**Fotografía 2.2.2-5 Cuneta en sacos de suelo - cemento**



Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

- ❖ Geomembranas o geotextiles instalados sobre el terreno natural

Consiste en instalar una geomembrana o textil impermeable que garantice la protección del suelo, evite procesos de socavación y facilite la rápida evacuación de las aguas lluvias (**Fotografía 2.2.2-6**).

**Fotografía 2.2.2-6 Cuneta en geotextil y/o geomembrana**



Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

- ❖ Cunetas en concreto monolítica y sin juntas

Es la alternativa tradicional ya que garantiza la protección del medio, el manejo adecuado de las aguas y otorga una mayor vida útil al sistema de drenaje, su aplicación óptima se hace en obras de duración considerable, así como en sitios en donde las condiciones de estabilidad del terreno y de pluviosidad son críticas y necesitan de una estructura funcional, segura y durable (**Fotografía 2.2.2-7**).

**Fotografía 2.2.2-7 Cuneta en concreto**



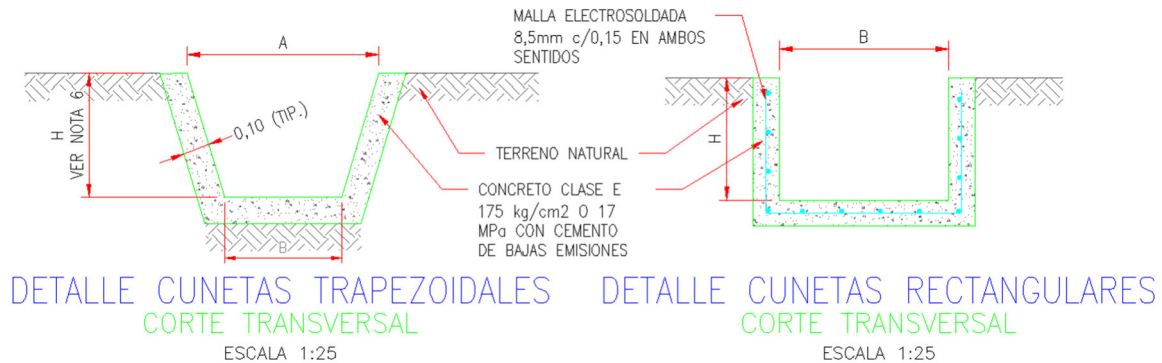
Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

- ❖ Paneles prefabricados de concreto con impermeabilización de las juntas

Al igual que las anteriores son estructuras portátiles que implican un manejo mayor y más adecuado ya que debido a las características del concreto, principalmente al peso específico, deben ser unidades de longitudes máximas de 1,0m de tal manera que se facilite el transporte, instalación y retiro (**Figura 2.2.2-38**).



**Figura 2.2.2-38 Cuneta prefabricada en concreto**

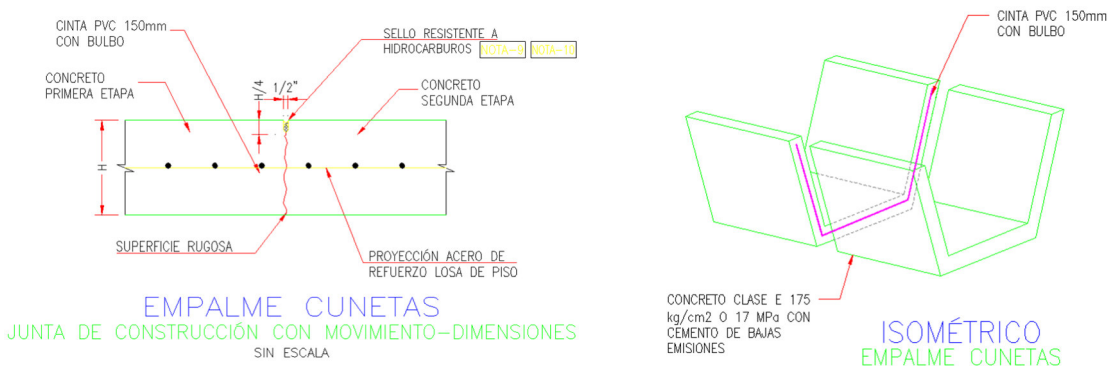


Fuente: Anexo 2. Descripción del proyecto / 5.CIV / ECP-ULL-LLANOS141-IP01-0-CI-PL-001-D1; adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

❖ Paneles prefabricados de concreto con impermeabilización de las juntas

Al igual que las anteriores son estructuras portátiles que implican un manejo mayor y más adecuado ya que debido a las características del concreto, principalmente al peso específico, deben ser unidades de longitudes máximas de 1,0m de tal manera que se facilite el transporte, instalación y retiro (Figura 2.2.2-39).

**Figura 2.2.2-39 Empalme de cunetas**



Fuente: Anexo 2. Descripción del proyecto / 5.CIV / ECP-ULL-LLANOS141-IP01-0-CI-PL-001-D1; adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

❖ Paneles portátiles en lámina, unidos mediante soldadura o pernos con juntas impermeabilizadas

Son estructuras prefabricadas en lámina de fácil transporte, instalación y desmonte, el cuidado que implican, radica en el adecuado sellado de las juntas para impedir fugas; su funcionalidad reside en su posibilidad de reutilización para otros proyectos y además no demandan uso o aprovechamiento de materiales de construcción. En general, las cunetas pueden ser construidas o revestidas con cualquier otro material siempre y cuando Ecopetrol S.A. y la Interventoría HSE los consideren pertinente y que pueda utilizarse para cumplir sus funciones e impida la afectación del medio.

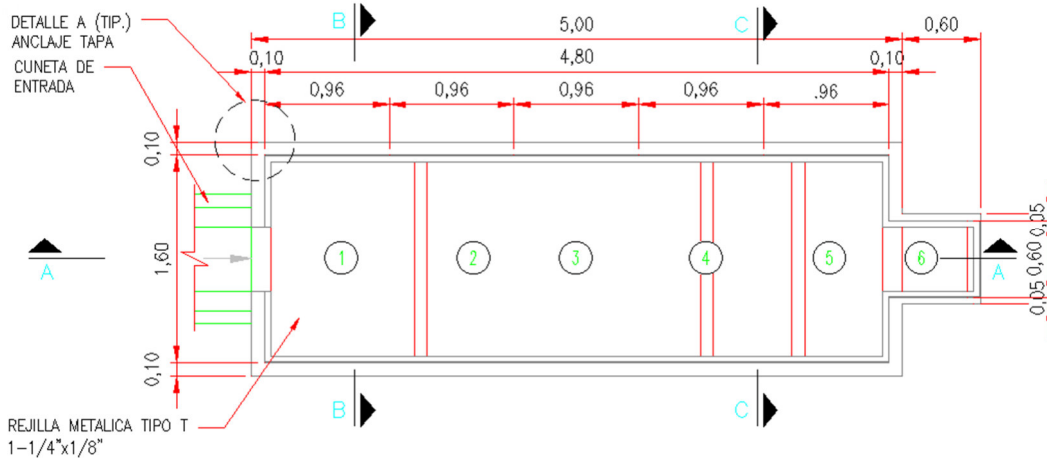
❖ Desarenadores

Como parte del sistema de manejo de aguas de escorrentía, se construirán desarenadores – trampas de grasa en concreto reforzado, cuya estructura tiene las funciones de retener las partículas de las



aguas superficiales que puedan sedimentarse, además de retener las grasas, aceites y sustancias cuya densidad sea menor que la del agua. Estas estructuras se encuentran en el punto de entrega de las cunetas perimetrales de aguas lluvias de la localización. El diseño básico de los desarenadores a construir se puede observar en la

**Figura 2.2.2-40** Diseño básico de desarenadores

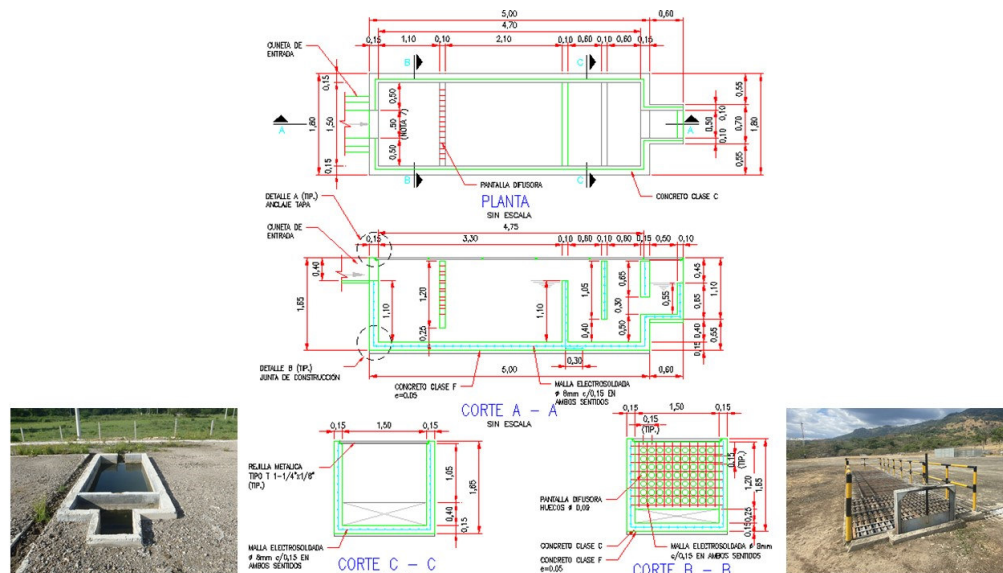


Fuente: Anexo 2. Descripción del proyecto / 5.CIV / ECP-ULL-LLANOS141-IP01-0-CI-PL-001-D1; adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

❖ Desarenador en concreto reforzado

Es una alternativa aplicable cuando las labores del proyecto sean prolongadas y/o cuando las condiciones de estabilidad del terreno justifiquen la construcción de una estructura durable y funcional (Figura 2.2.2-41).

**Figura 2.2.2-41** Diseño típico desarenador en concreto reforzado

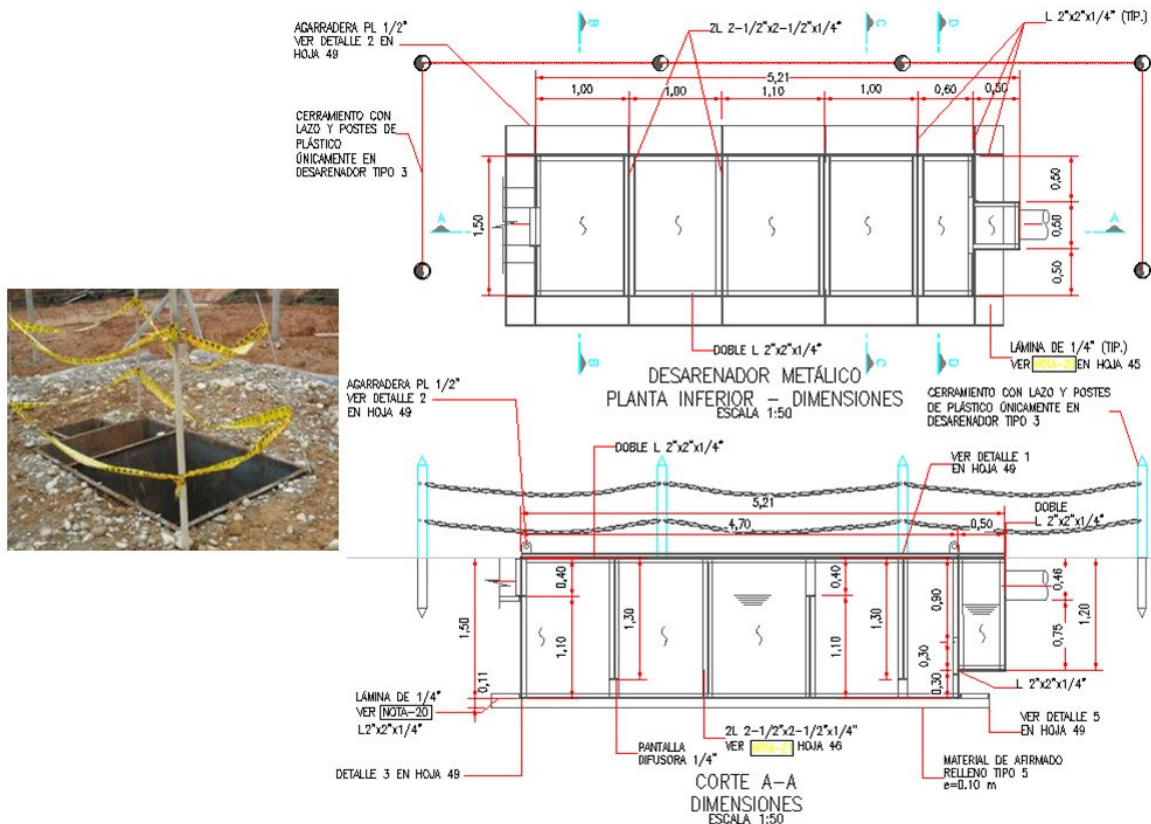


Fuente: Anexo 2. Descripción del proyecto / 5.CIV / ECP-ULL-LLANOS141-IP01-0-CI-PL-001-D1; adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

❖ Desarenador portátil en lámina

Es una estructura práctica, de fácil transporte, instalación y desmonte con ayuda de maquinaria; no demanda uso de materiales de construcción, minimiza la afectación del medio en la etapa de desmantelamiento, por lo cual es aplicable a todo tipo de plataforma a construir y además es reutilizable (Figura 2.2.2-42).

Figura 2.2.2-42 Diseño típico desarenador portátil en lámina



Fuente: Anexo 2. Descripción del proyecto / 5.CIV / ECP-ULL-LLANOS141-IP01-0-CI-PL-001-D1; adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

❖ Desarenador en cualquier otro material

Se puede utilizar cualquier material aplicable que le permita cumplir sus funciones sin generar mayores afectaciones al medio y en lo posible facilite el proceso de restauración y desmantelamiento.

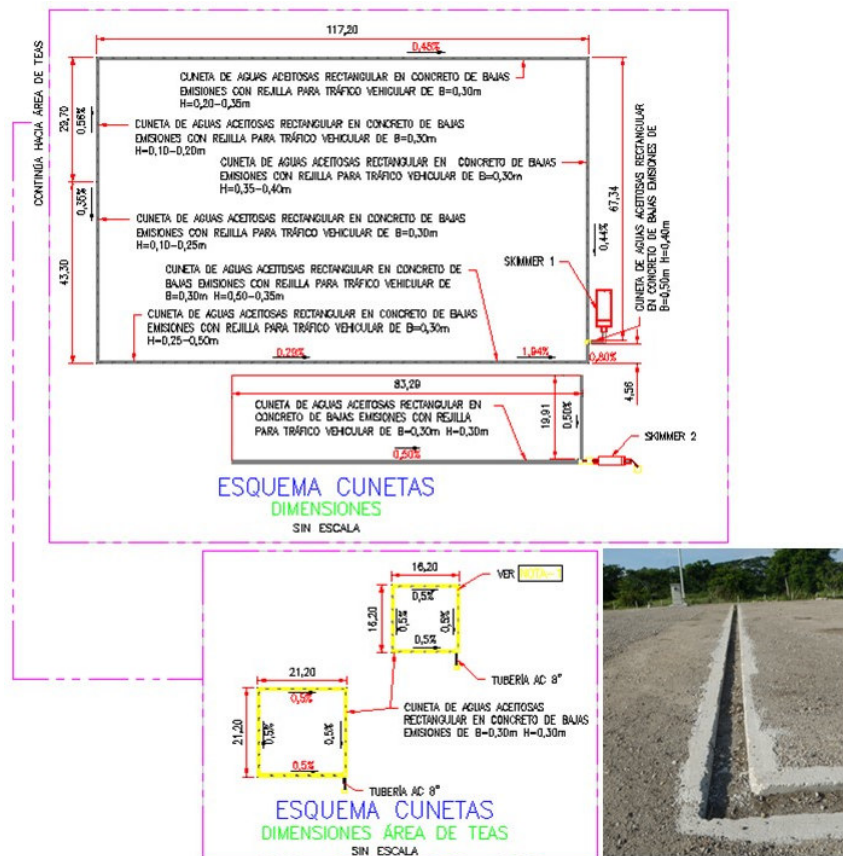
❖ Sistema para el manejo de aguas aceitosas

La finalidad de este sistema es recoger, conducir y manejar las aguas aceitosas generadas durante la operación y el lavado de la infraestructura del equipo de perforación, mediante cunetas perimetrales excavadas en el terreno natural con geometrías y pendientes definidas. Estas se ubicarán alrededor de los equipos instalados para la perforación. Al igual que las cunetas de aguas lluvias, estas pueden ser construidas en diversos materiales, que dependerán de las características de los suelos de fundación y del tiempo o duración de las actividades de perforación. Las cunetas aceitosas se pueden construir en los siguientes materiales:

- Cunetas en suelo-cemento.
- Cuentas en sacos rellenos de suelo o suelo-cemento.
- Cunetas en geomembranas o geotextiles.
- Cunetas en concreto fundido en sitio.
- Cunetas en lámina.
- Cunetas en cualquier otro material que pueda usarse para cumplir sus funciones e impida la afectación del medio.

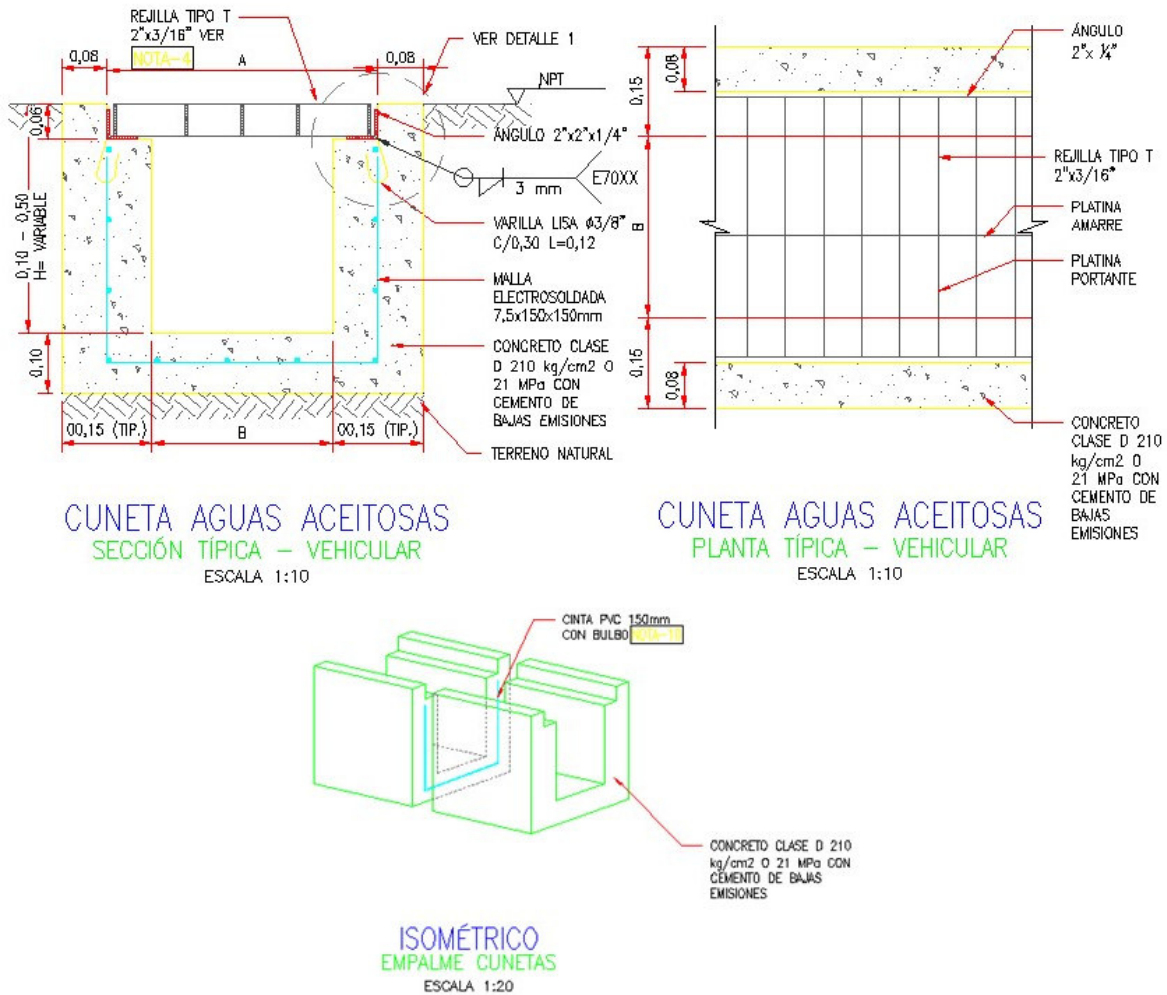
De acuerdo con el tiempo estimado para la perforación, y con el equipo utilizado para esta, se puede prescindir de la construcción de las cunetas de aguas aceitosas, para lo cual, todo equipo que presente riesgo de derrame se ubicará sobre geomembranas impermeables, confinadas dentro de diques perimetrales, de tal manera que conforme una barrera que garantice la contención de posibles fugas o derrame de aceites y combustibles. Asimismo, de acuerdo con el equipo de perforación, la zona de la plataforma se conformará una pendiente con desnivel o drenaje hacia el interior del contrapozo, de tal manera que los residuos de la perforación puedan ser encaminados o devueltos al interior del contrapozo. En la **Figura 2.2.2-43** se muestran el esquema de localización de las cunetas para manejo de aguas aceitosas, mientras en la **Figura 2.2.2-44** y la **Figura 2.2.2-45** se presenta el diseño tipo para este tipo de estructuras.

**Figura 2.2.2-43 Esquema localización de cunetas para manejo de aguas aceitosas**



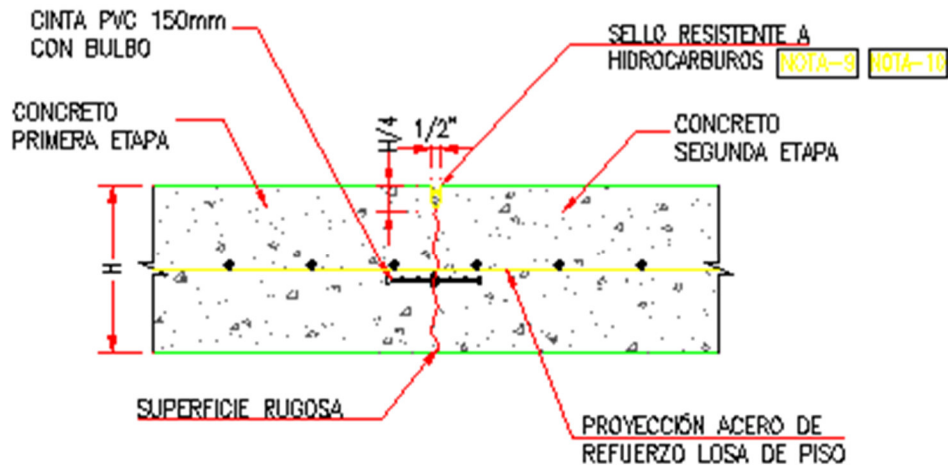
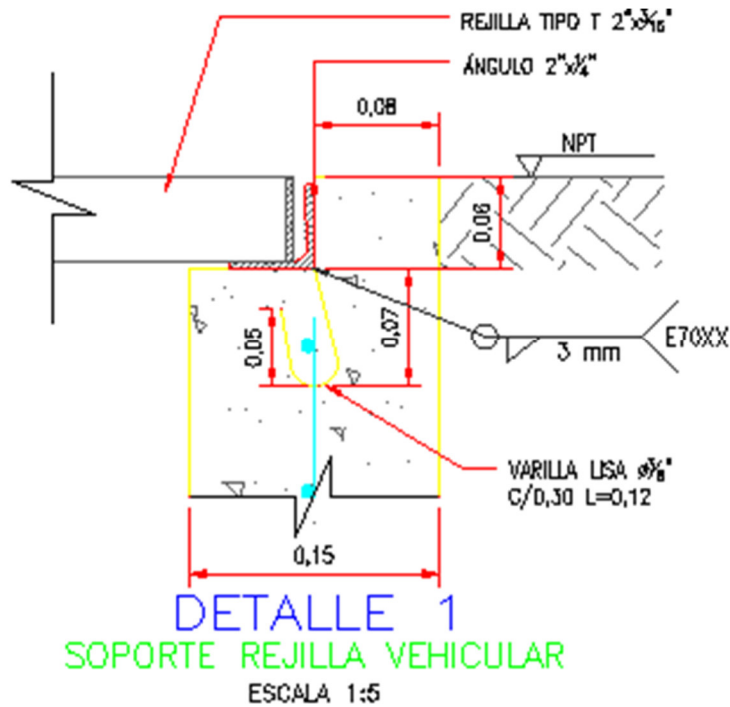
Fuente: Anexo 2. Descripción del proyecto / 5.CIV / ECP-ULL-LLANOS141-IP01-0-CI-PL-001-D1; adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

Figura 2.2.2-44 Diseño tipo de cunetas para manejo de aguas aceitosas



Fuente: Anexo 2. Descripción del proyecto / 5.CIV / ECP-ULL-LLANOS141-IP01-0-CI-PL-001-D1; adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

Figura 2.2.2-45 Detalle tipo para empalme de cunetas



Fuente: Anexo 2. Descripción del proyecto / 5.CIV / ECP-ULL-LLANOS141-IP01-0-CI-PL-001-D1; adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

Los fluidos captados de las cunetas de aguas aceitosas serán conducidos hacia una caja llamada skimmer, la cual está conformada por compartimientos de dimensiones definidas; en esta, se realiza el pretratamiento del agua mediante el proceso de separación física, que se realiza gracias a un (os) tabique (s) que permite (n) el paso del agua por debajo hacia el siguiente espacio, mientras las grasas y aceites flotan en el anterior

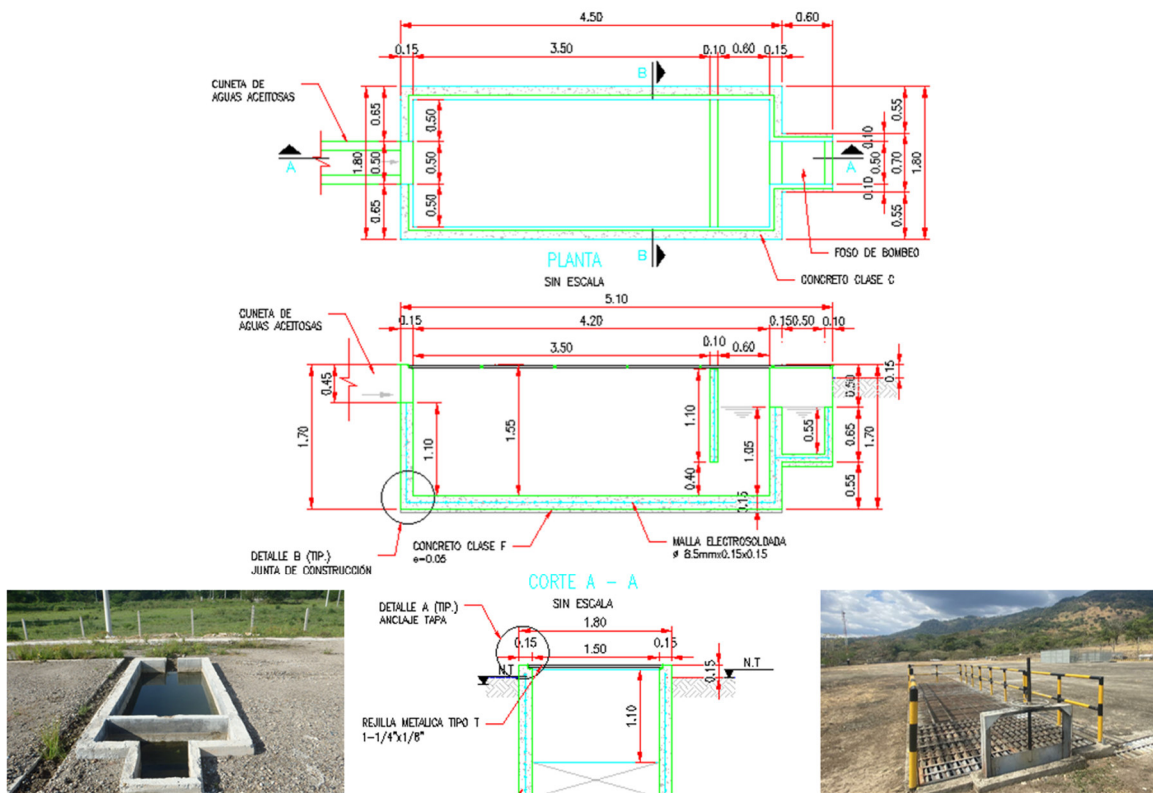


Al igual que las cunetas, dependiendo entre otros de la disponibilidad de materiales y los tiempos de perforación y previa excavación en el terreno natural, el skimmer podrá ser en concreto reforzado, portátil en lámina o de cualquier otro material que le permita cumplir sus funciones sin generar mayores afectaciones al medio. En caso de no construirse el sistema de cunetas para aguas aceitosas, se prescindirá de la adecuación del skimmer.

❖ Skimmer en concreto reforzado

Es una alternativa aplicable cuando las labores del proyecto sean prolongadas y/o cuando las condiciones de estabilidad del terreno justifiquen la construcción de una estructura durable y funcional (**Figura 2.2.2-46**).

**Figura 2.2.2-46** Diseño típico de skimmer en concreto reforzado



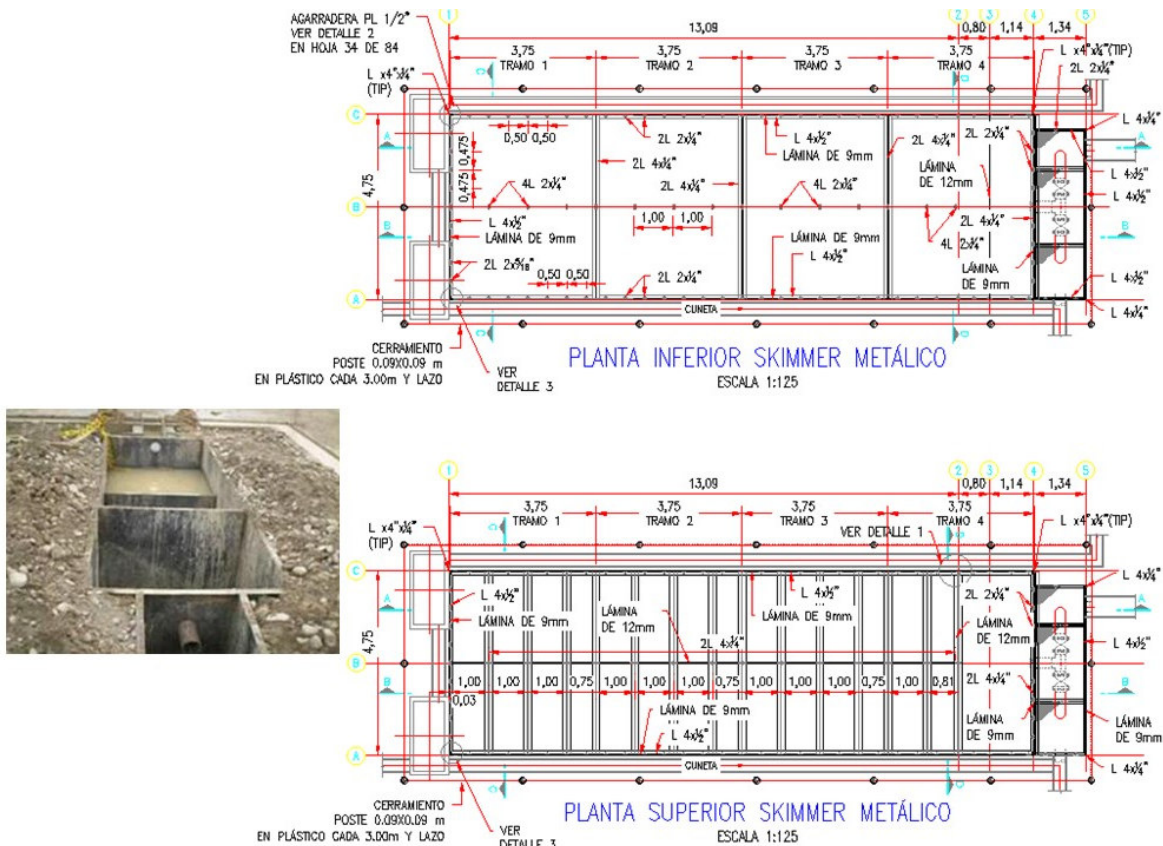
Fuente: Anexo 2. Descripción del proyecto / 5.CIV / ECP-ULL-LLANOS141-IP01-0-CI-PL-001-D1; adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

❖ Skimmer portátil metálico o en polímeros

Es una estructura práctica, de fácil transporte, instalación y desmonte con ayuda de maquinaria; no demanda uso de materiales de construcción, minimiza la afectación del medio en la etapa de desmantelamiento, por lo cual es aplicable a todo tipo de plataforma y además es reutilizable



Figura 2.2.2-47 Diseño típico de skimmer metálico

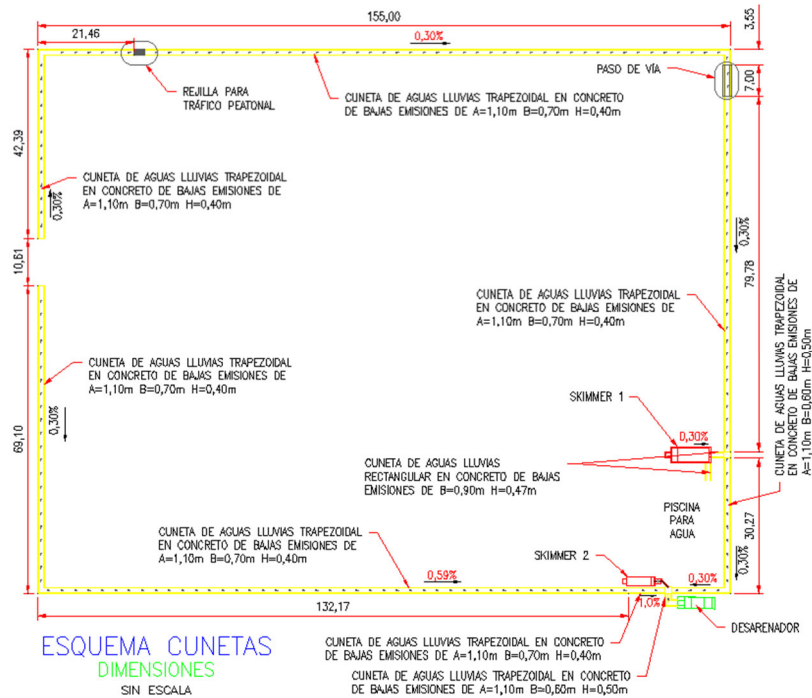


Fuente: Anexo 2. Descripción del proyecto / 5.CIV / ECP-ULL-LLANOS141-IP01-0-CI-PL-001-D1; adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

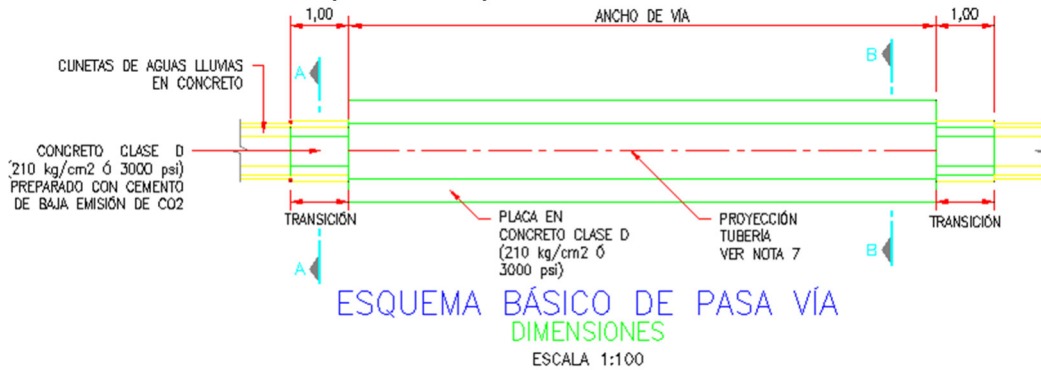
❖ Pasos de vía sobre cunetas

Para garantizar el flujo de las cunetas se construirán estructuras de paso de acuerdo a diseño típico esta permite el tránsito de equipos y vehículos y permite el flujo de las cunetas perimetrales (Figura 2.2.2-48).

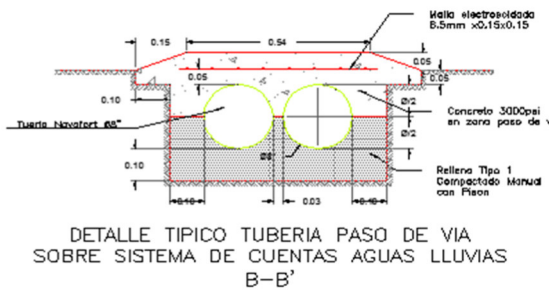
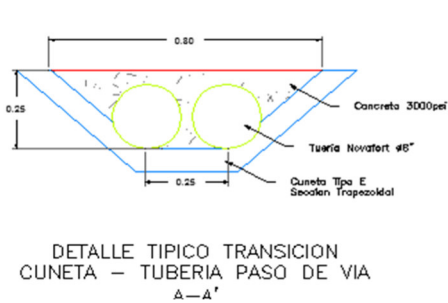
Figura 2.2.2-48 Esquema paso de vía



Localización tipo de cunetas perimetrales e infraestructura asociada



Sección transversal paso de vía



Otros tipos de paso de vías

Fuente: Anexo 2. Descripción del proyecto / 5.CIV / ECP-ULL-LLANOS141-IP01-0-CI-PL-001-D1; adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

❖ Barreras permeables o de retención

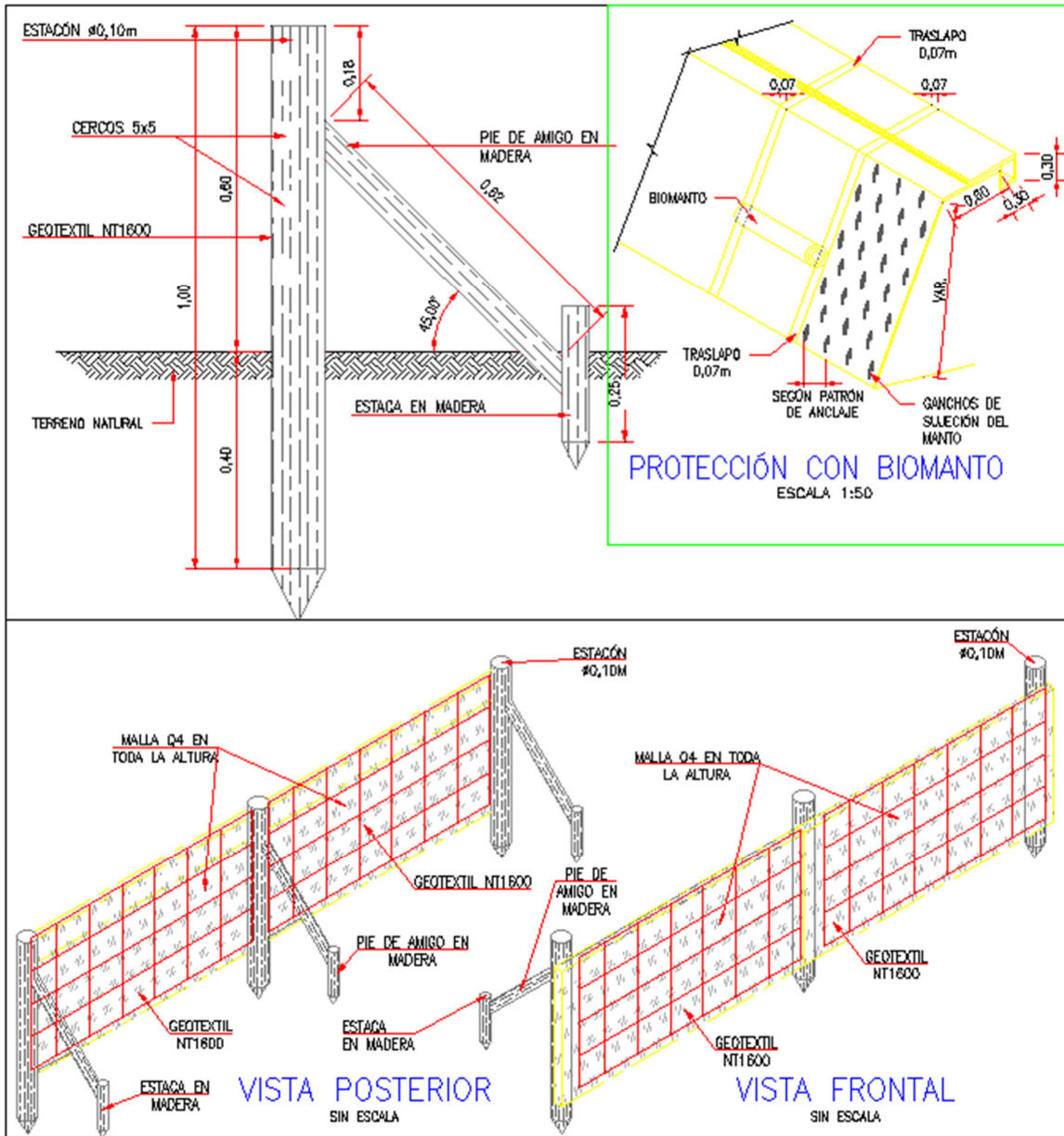
En terrenos muy planos, donde perfilar las cunetas resulta muy difícil, y en áreas donde el agua escurre de forma uniforme en una zona amplia sin generar procesos erosivos, es factible la opción de no construir cunetas. En estas zonas la retención debe hacerse mediante la instalación de barreras o estructuras con geomembranas que retienen los sólidos y dejan el paso libre para el agua.

Independientemente de los métodos o materiales de construcción para las cunetas, estas deben entregar el agua a drenajes naturales, pasando primero por un sistema de retención de partículas sólidas en suspensión y/o arenas, que generalmente son desarenadores; estas estructuras de retención se construyen en concreto reforzado, en forma de cajón con compartimiento de dimensiones definidas, separados por un (os) tabique (s) que permite (n) el paso del agua por encima hacia la siguiente zona, mientras la arena es sedimentada en la anterior.

La conformación de estas barreras se realiza con la instalación de geomembranas o geotextiles permeables que permiten el paso del agua, impidiendo el de partículas sólidas, cumpliendo con la función de los desarenadores. Estas barreras sedimentadoras son prácticas en zonas planas y estables donde la energía del flujo es baja y no compromete la estabilidad de estas.

Para terrenos ondulados, el sistema de retención de sólidos consiste en la instalación de barreras conformadas por madera, laminas, tuberías recubiertas con geomembranas, geotextiles permeables, trinchos en sacos de suelo cemento o telas elaboradas con fibras naturales que permiten el paso del agua e impiden el paso de partículas sólidas hacia los cuerpos de agua. Son prácticos en zonas con pendientes de suaves a moderadas, estables donde la energía del flujo es baja y no compromete la estabilidad de las barreras (**Figura 2.2-49**).

Figura 2.2.2-49 Barrera de retención de sólidos para terrenos ondulados



Fuente: Anexo 2. Descripción del proyecto / 5.CIV / ECP-ULL-LLANOS141-IP01-0-CI-PL-001-D1; adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

- **Construcción y/o adecuación de estructuras en concreto (A9)**

Este trabajo consiste en la construcción de las obras en concreto que involucre el proyecto como las cunetas, disipadores de energía, cajas de recibo, cajas API, bases de equipos, vertederos, estructuras de conexión, etc., comprende el suministro de materiales, preparación y diseño de mezclas; suministro, colocación y remoción de formaletas; transporte, colocación, instalación de acero de refuerzo, fraguado, acabado, curado, reparaciones, herramientas y en general todas las operaciones para ejecutar las obras, según las especificaciones y los planos de construcción.

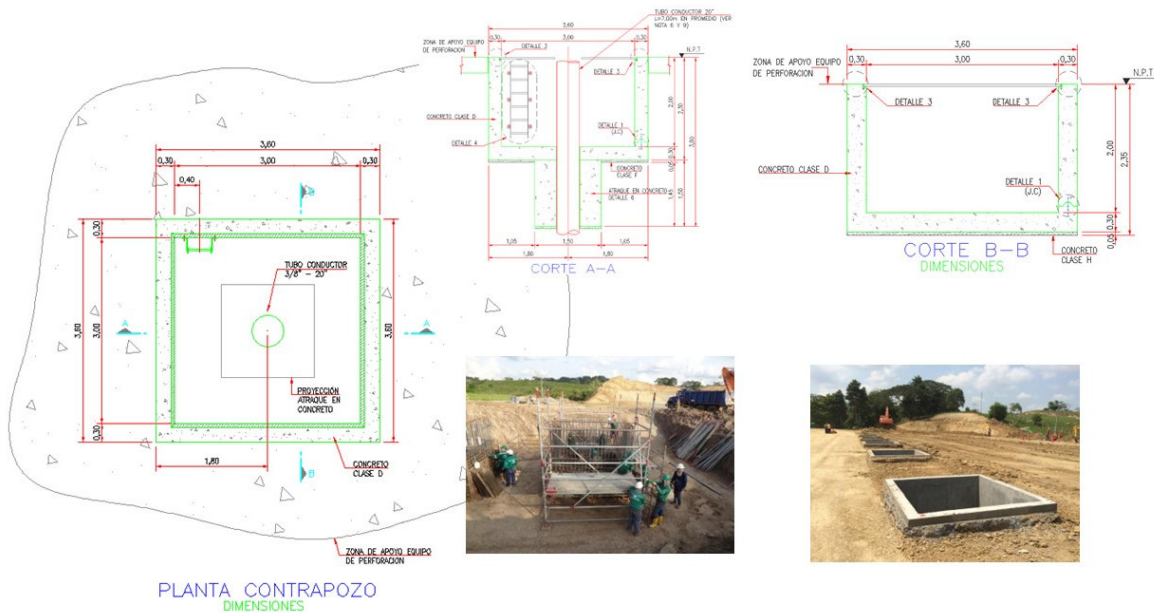
Las estructuras en concreto se construyen habitualmente sobre una capa de material granular o suelo estabilizado debidamente compactado que sirve como base, generalmente corresponde a aquellas zonas donde se instalarán el taladro y sus equipos de generación, almacenamiento, rotación y sostenimiento entre otros o a estructuras de estabilización o protección de la plataforma.

A continuación, se presenta la descripción de las diferentes estructuras en concreto a ser construidas o adecuadas dentro de una locación y cuyas especificaciones y diseños serán presentados en los respectivos Planes de Manejo Ambiental Específicos asociados a la construcción de locaciones y perforación de pozos.

❖ Contrapozo

Paralelamente con la conformación de la sub-rasante se construyen los contrapozos. El contrapozo es una estructura en concreto reforzado y/o elementos prefabricados, en estructura metálica o una combinación de estos, que permitan la transmisión de la carga dinámica del equipo de perforación hacia el terraplén de la localización. Se construye en el sitio alrededor del tubo conductor en las coordenadas de superficie del pozo (Figura 2.2.2-50 y Figura 2.2.2-51).

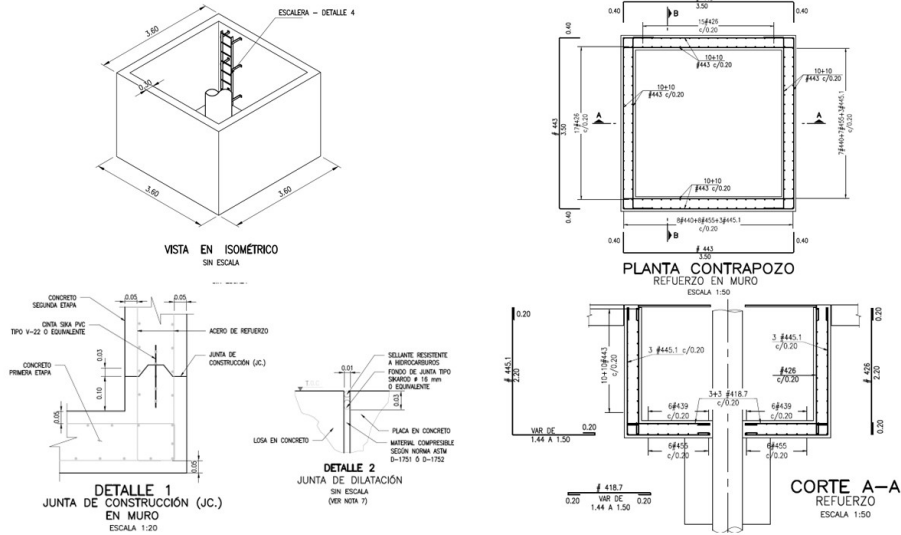
Figura 2.2.2-50 Construcción y detalles típicos de un contrapozo



Fuente: Anexo 2. Descripción del proyecto / 5.CIV / ECP-ULL-LLANOS141-IP01-0-CI-PL-001-D1; adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)



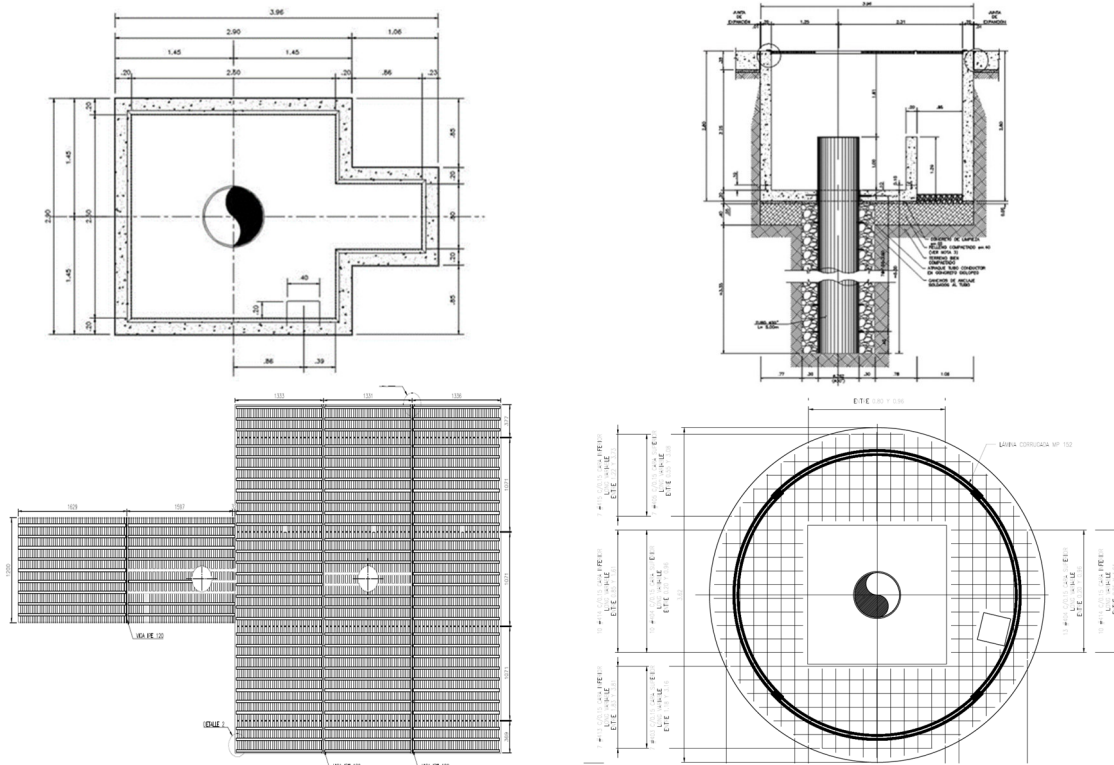
Figura 2.2.2-51 Diseños básicos de contrapozos



Fuente: Anexo 2. Descripción del proyecto / 5.CIV / ECP-ULL-LLANOS141-IP01-0-CI-PL-001-D1; adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

A continuación, en la **Figura 2.2.2-52** se exponen los diferentes tipos de contrapozo que se pueden construir.

Figura 2.2.2-52 Tipos de contrapozo



Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)



Se construirán contrapozos en concreto reforzado cuya resistencia dimensiones y detalles serán indicadas en los planos de diseño respectivos. En el fondo de dicha estructura se dejará un espacio con un tubo de acero, por donde bajará la tubería de perforación.

- ❖ Placa de concreto, materiales estabilizados (cemento, asfalto, etc.), geosintéticos u otros materiales sostenibles

Su finalidad específica es la de soportar la torre de perforación, al igual que algunos elementos necesarios para su funcionamiento como lo es el tanque diésel, los tanques de tratamiento, el almacenamiento de químicos, etc. Las dimensiones de las placas a conformar serán presentadas en los diseños que acompañan los Planes de Manejo Ambiental específicos asociados a las locaciones a construir (**Fotografía 2.2.2-8**).

**Fotografía 2.2.2-8 Construcción de placa de concreto**



Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

En la **Tabla 2.2.2-29** se listan los espesores teóricos estimados según la potencia del taladro a soportar.

**Tabla 2.2.2-29 Espesor de la placa**

Potencia del taladro (hp)	Espesor placa (m)
750 – 900	0,20
1.000 – 1.700	0,25
2.000 - 3.000	0,30

Nota (\*): El espesor final de diseño está en función de los análisis geotécnicos y de las cargas transmitidas por el equipo de perforación.

Fuente: ECOPETROL S.A., 2023; adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

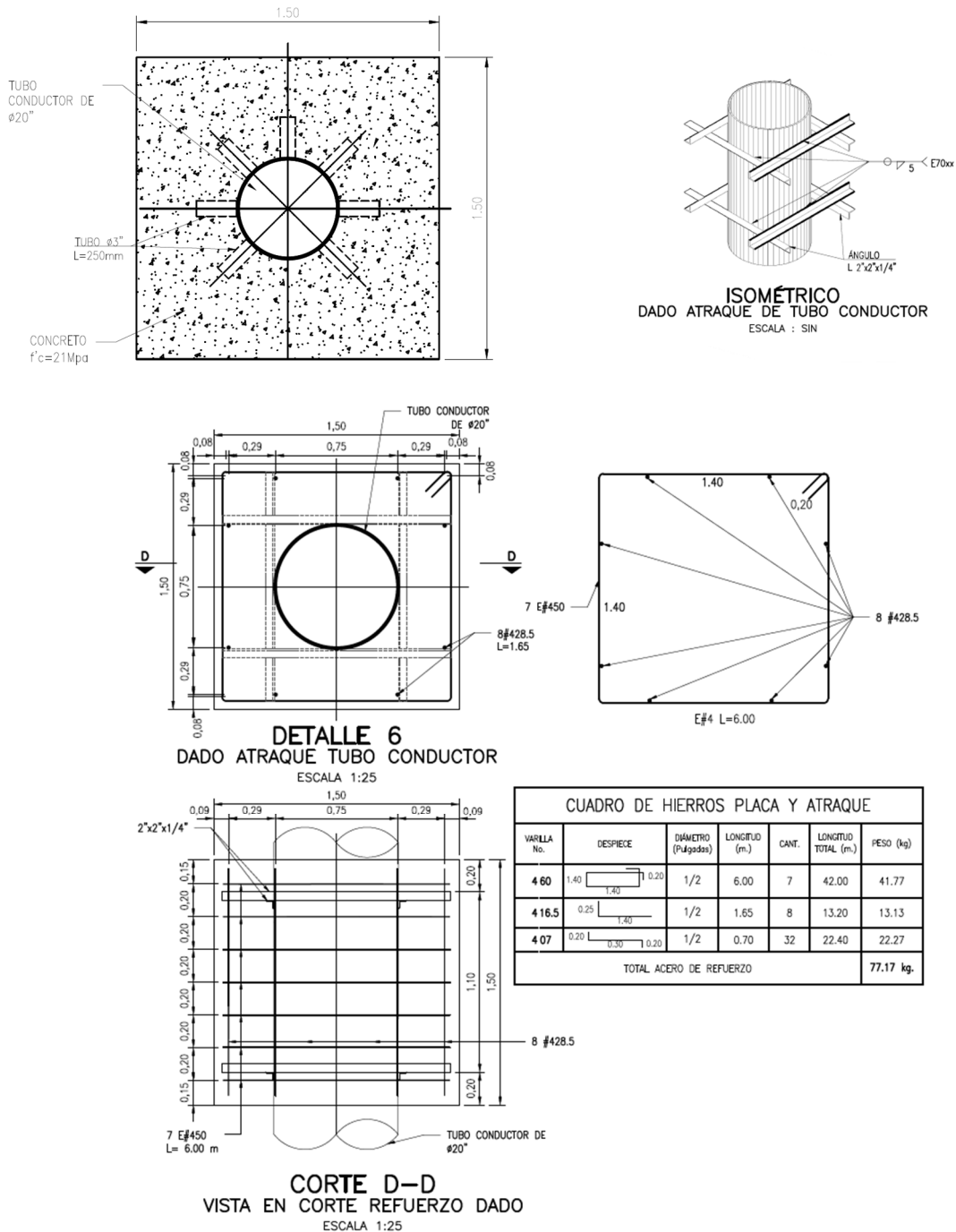
- ❖ Muertos de anclaje

Después de conformada la rasante se puede dar inicio con la construcción de esta estructura, realizando la excavación según la geometría del anclaje, se fija el amarre según el tipo (Regularmente se usan de tubería), finalmente se vacía el concreto de 3000 psi, dejándolo perfectamente nivelado con la rasante de la localización. Los anclajes forman un cuadrado centrado alrededor del contrapozo distanciados 180 pies y son el soporte de la torre de perforación una vez se iza el equipo se construirán cuatro anclajes en concreto reforzado con un tubo por cada contrapozo a construir y garantizar la verticalidad de la torre durante el tiempo que este el equipo en operación

En términos generales, son cajones fundidos en concreto distribuidos en la plataforma de acuerdo con la ubicación del equipo de perforación, con el propósito de amarre para los vientos (tensores en

cable de acero que dan estabilidad a la torre). Las dimensiones de estas cajas son comúnmente de 1,5m x 1,5m x 1,5m. Deben ser fundidas en concreto de 3000 psi y tienen en su parte inferior un tubo de acero al que se amarran los extremos de la guaya dejando un ojo que sobresalga de su superficie mientras las cajas van enterradas (**Figura 2.2.2-53**).

**Figura 2.2.2-53** Diseño típico de los muertos de anclajes

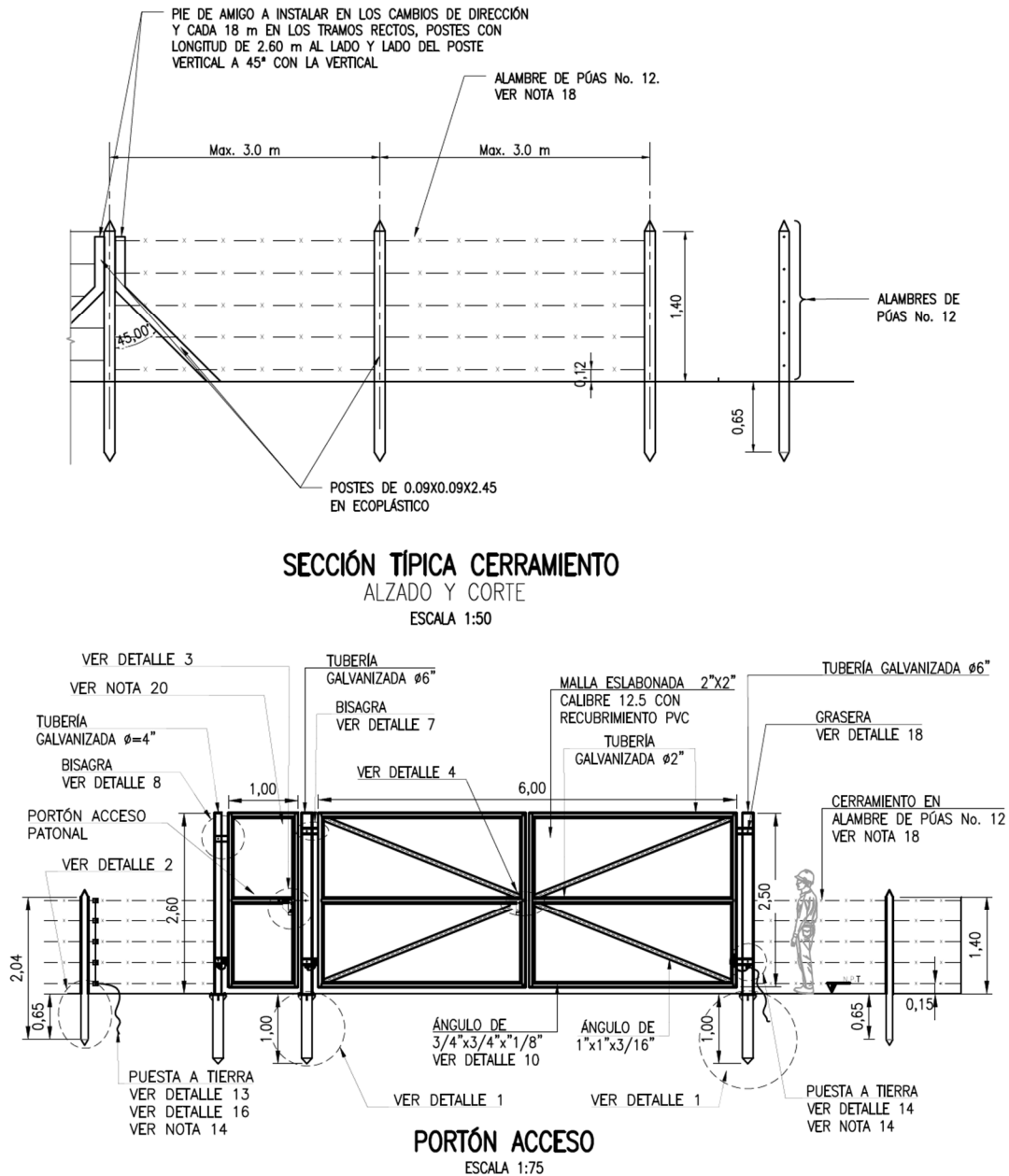


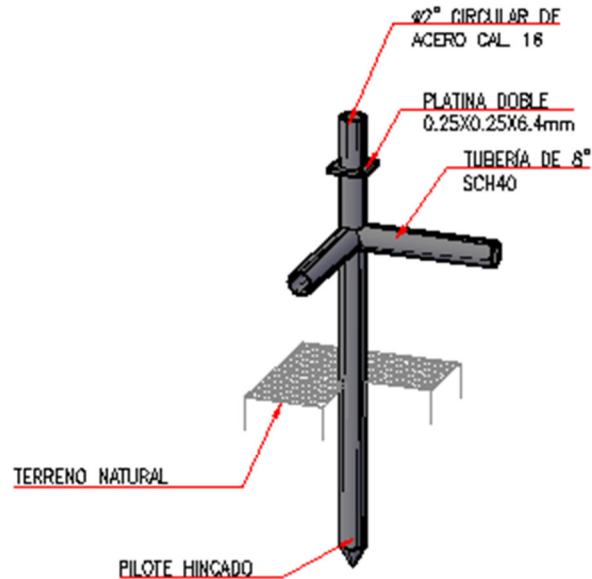
Fuente: Anexo 2. Descripción del proyecto / 5.CIV / ECP-ULL-LLANOS141-IP01-0-CI-PL-001-D1; adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

❖ Cerramiento

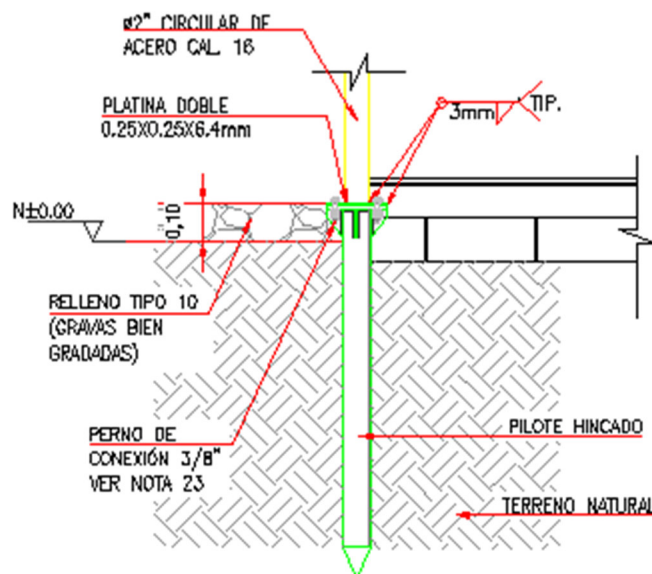
El cerramiento tiene la función de aislar el área de las personas ajenas a los trabajos que se puedan realizar dentro de la plataforma, a continuación, en la **Figura 2.2.2-54** se presentan lo diferentes tipos de cerramiento a implementar

**Figura 2.2.2-54 Tipos de cerramiento a implementar**





ISOMÉTRICO  
SIN ESCALA



DETALLE 1  
PILOTE HINCADO –DIMENSIONES

Fuente: Anexo 2. Descripción del proyecto / 5.CIV / ECP-ULL-LLANOS141-IP01-0-CI-PL-001-D1; adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

❖ Tanques y estructuras móviles

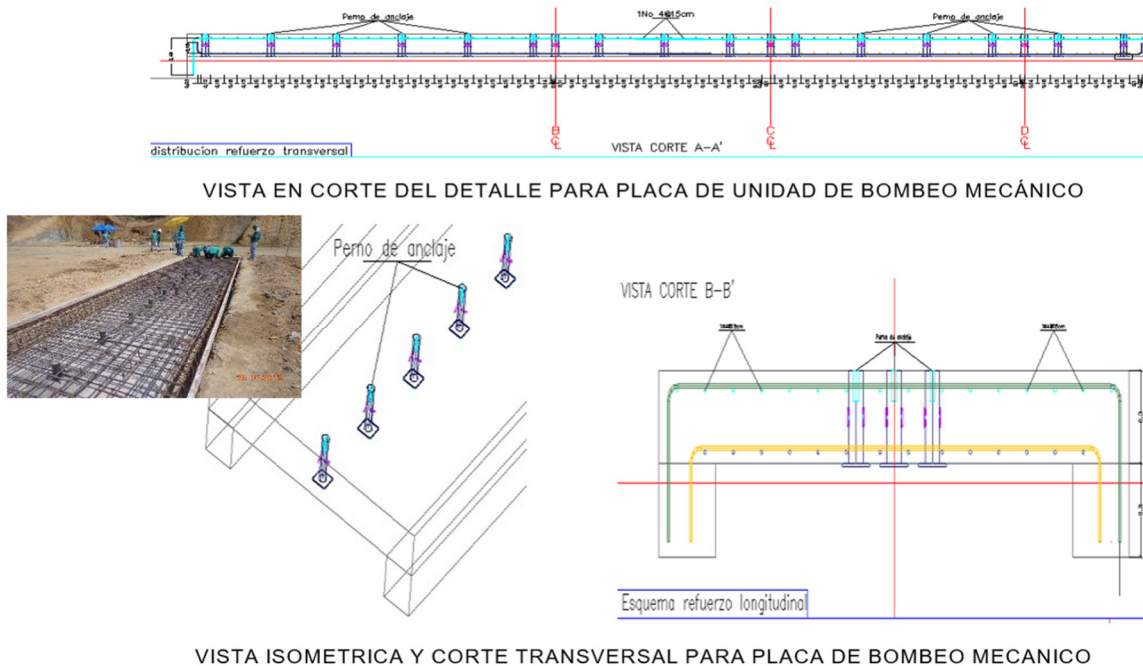
Estos sistemas están conformados por tanques y recipientes herméticos y portátiles que se pueden desplazar y ubicar en la Locación con bastante facilidad, requiriendo espacios y superficies adecuadas de acuerdo con sus dimensiones. Constituyen también una alternativa para el

almacenamiento y manejo de agua, lodos y cortes de perforación, agua de producción, hidrocarburos, entre otros, debido al material que los conforma y a la hermeticidad que tienen, sin embargo, algunos pueden presentar limitaciones de capacidad y disponibilidad en el mercado. Entre este tipo de sistemas, son ampliamente usados en la industria los fractanks, tanques verticales, tanques australianos, catch tanks, los tanques o sistemas modulares.

❖ Placas para unidades de bombeo mecánico

Se construyen placa para unidad de bombeo de acuerdo con la ubicación de pozos productores en cada localización, se construye teniendo en cuenta las dimensiones específicas para equipos de bombeo mecánico. Son construidas en concreto reforzado de 3000 psi, las dimensiones son 11 x 2,5 m y un espesor de 0,3 m (dimensiones variables); tiene 21 pernos embebidos en el concreto y distribuidos según los planos típicos. Se ejecutarán una vez se termine la construcción de la rasante de la localización.

**Figura 2.2.2-55 Diseño básico de placa para unidad de bombeo**



VISTA ISOMETRICA Y CORTE TRANSVERSAL PARA PLACA DE BOMBEO MECANICO

Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

❖ Piscinas

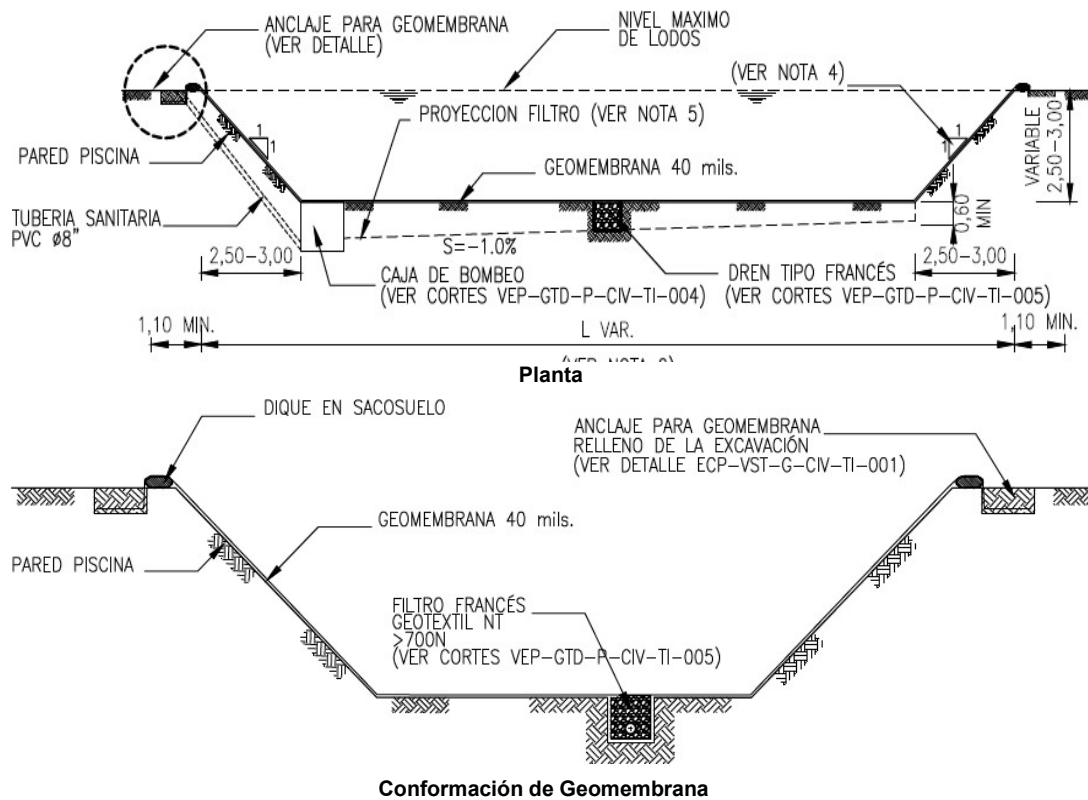
Se adecuarán áreas destinadas para la ubicación de piscinas o tanques donde se almacenarán agua, cortes de perforación entre otros. Algunas de las piscinas o tanques se utilizarán también para realizar el tratamiento de las aguas residuales industriales. Estas áreas se ubicarán al interior de la Locación o de acuerdo con restricciones de la zonificación de manejo se podrán ubicar en áreas aledañas.

Tienen como fin almacenar y manejar agua cruda, aguas industriales de la perforación, lodos y cortes de perforación base agua. Las piscinas corresponden a excavaciones realizadas en el área de la Locación o en zonas cercanas, las cuales se impermeabilizan con geomembranas a fin de evitar

posibles filtraciones del contenido que almacenan. Las características de estas instalaciones varían según los requerimientos y necesidades de las actividades operativas.

En general el proceso constructivo incluye: El replanteo y demarcación del área; la excavación y conformación con paredes inclinadas o taludes, los cuales tienen una pendiente de 1H:1V, o 2H:1H, etc.; la construcción de un filtro francés en la base; posteriormente se excava en superficie una zanja perimetral ubicada en promedio a una distancia de 1,0 m del borde de la piscina para anclar la geomembrana; entre la zanja y el borde de la piscina se conforma un dique con suelo o sacos rellenos de suelo para prevenir la entrada de flujos al interior de la piscina. Finalmente se instala la geomembrana con el propósito de impermeabilizar las superficies (**Figura 2.2.2-56**).

**Figura 2.2.2-56 Esquema típico de piscinas de tratamiento para lodos de perforación**

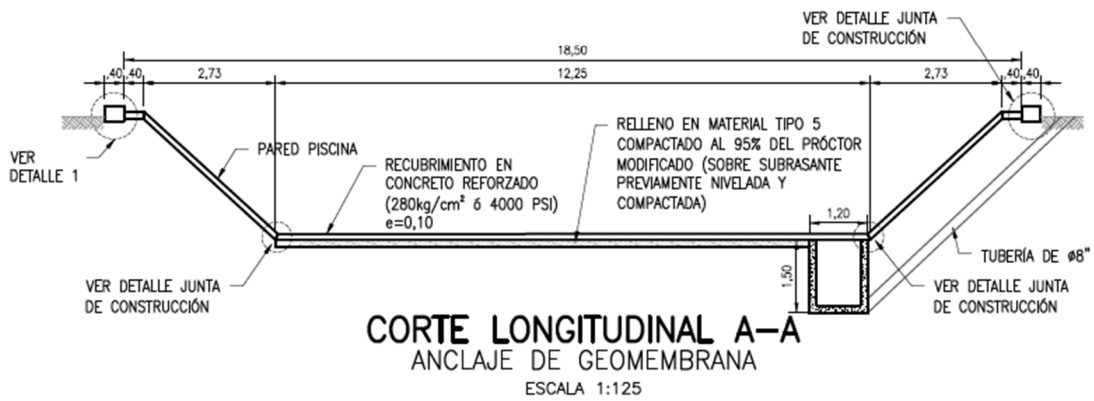
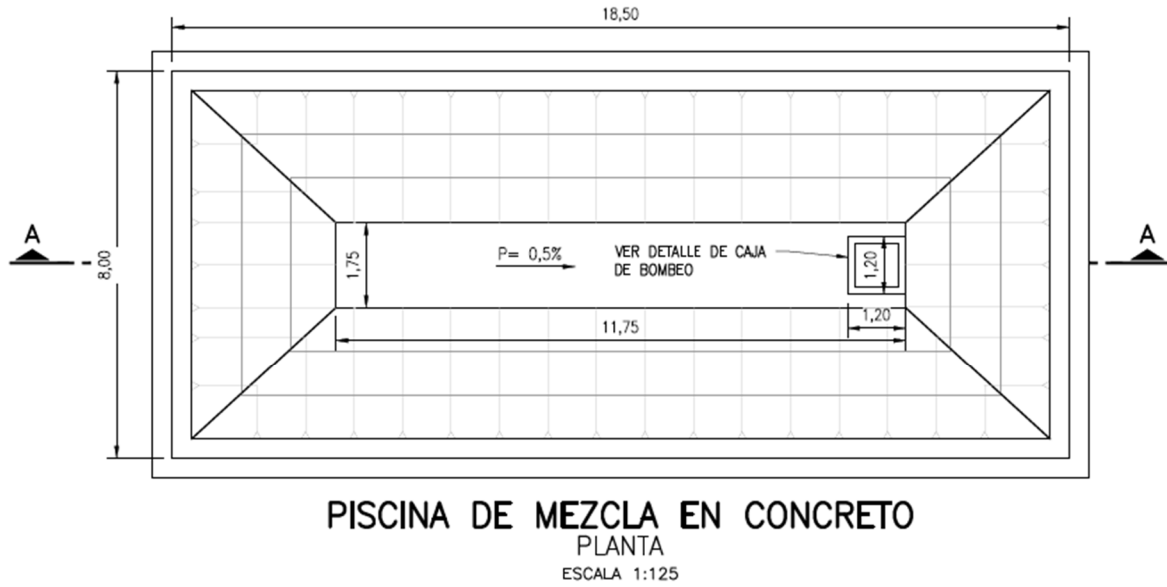


Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

En la **Figura 2.2.2-57** y **Figura 2.2.2-58** se presentan los diferentes tipos de piscinas a utilizar

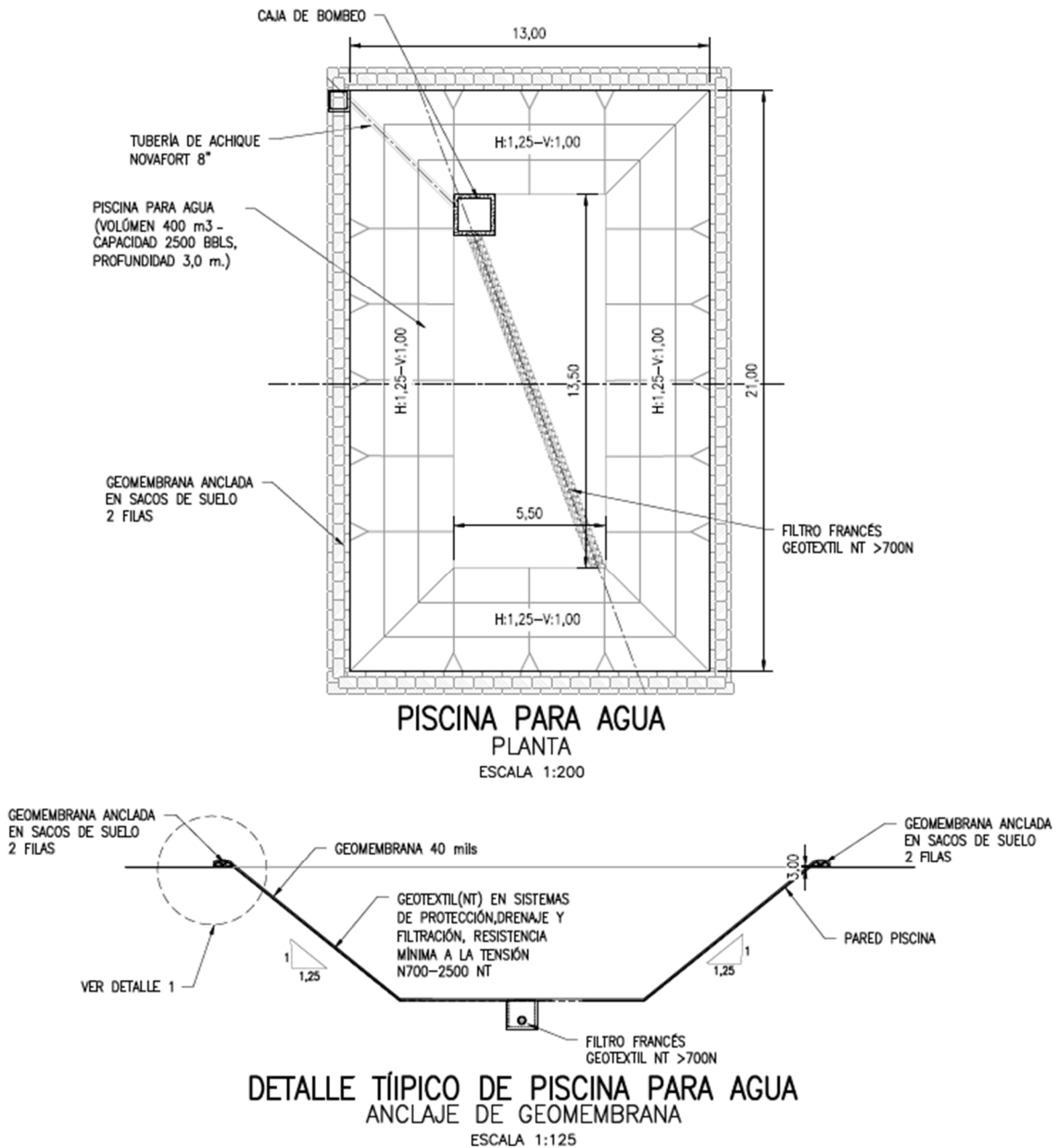


Figura 2.2.2-57 Piscina de mezcla en concreto



Fuente: Anexo 2. Descripción del proyecto / 5.CIV / ECP-ULL-LLANOS141-IP01-0-CI-PL-001-D1; adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

Figura 2.2.2-58 Piscina para agua



Fuente: Anexo 2. Descripción del proyecto / 5.CIV / ECP-ULL-LLANOS141-IP01-0-CI-PL-001-D1; adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

❖ Zona de combustibles

El área destinada al almacenamiento de los combustibles debe contar con las protecciones que prevean eventos que van desde un pequeño escape hasta el derrame total del mismo. Para tal efecto se han de contar con contenedores o estructuras de contención con el 110% de capacidad de los tanques de almacenamiento, con el fin de albergar la totalidad del líquido contenido.

El combustible se debe almacenar en tanques en buen estado, que no presenten fugas, ni corrosión, sobre soportes o estibas, suficientemente distanciados del suelo para evitar el contacto directo, en superficies de terreno natural (Suelo consolidado o roca), afirmado, suelo estabilizado, concreto, con recubrimiento de geomembrana impermeable o cualquier otro material que garantice la funcionalidad y estabilidad de la estructura.

❖ Zona de parqueaderos

Esta zona hace referencia a espacios destinados para el parqueo y mantenimiento de maquinaria y vehículos durante el desarrollo del Proyecto. Las áreas de mantenimiento donde exista posibilidad de fugas de aceites y combustibles deberán protegerse con materiales duros o impermeables como concreto, geomembranas y/o suelo cemento y deberán contar con un equipo y materiales (materiales absorbentes, estopas, canecas, otros) adecuados para la atención de dichas fugas.

❖ Zona de almacenamiento de residuos

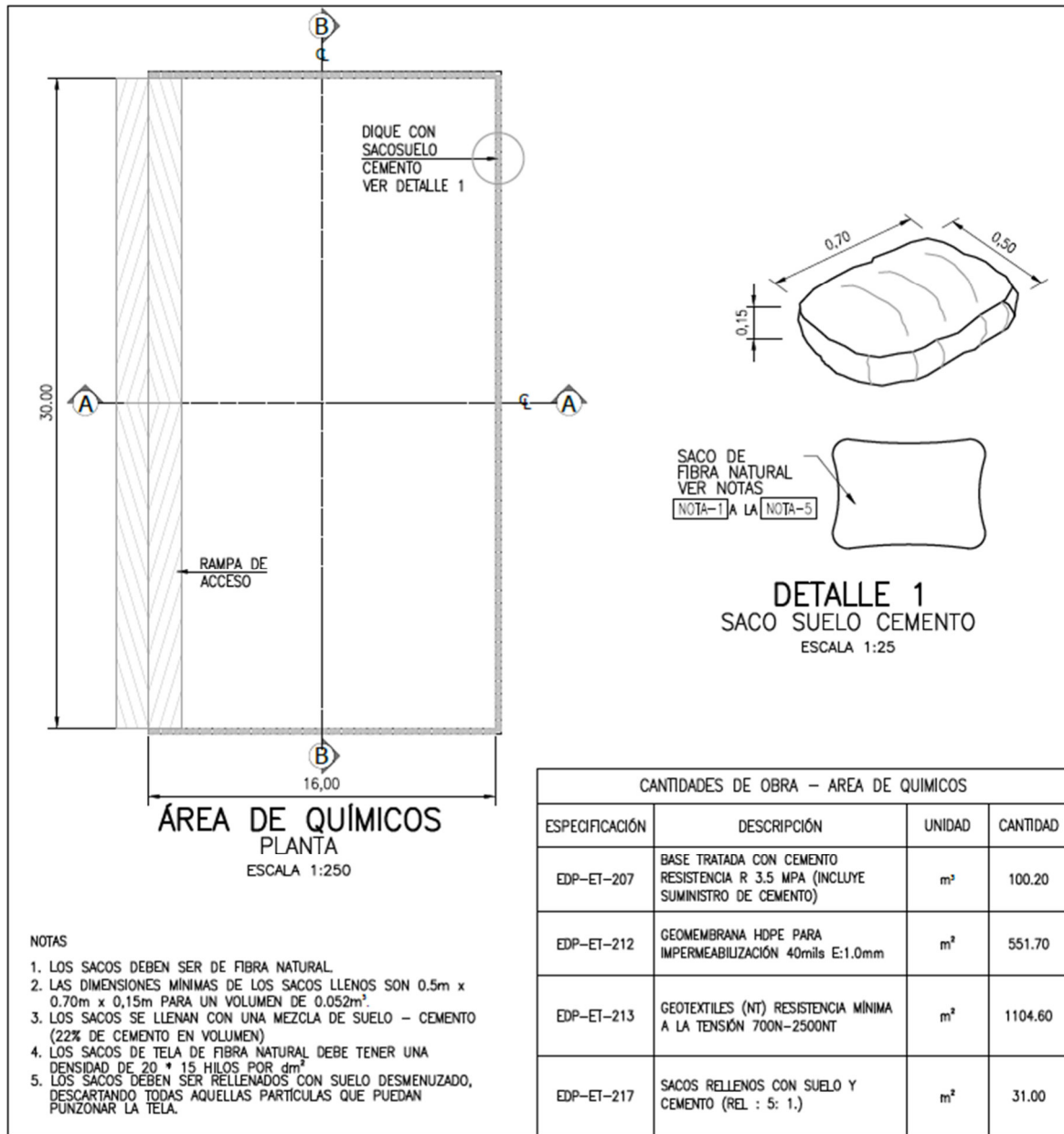
Hace referencia a un espacio para el acopio temporal de los residuos sólidos generados durante la etapa de perforación. La superficie del sitio al igual que las demás superficies de la Locación podrá estar ubicada sobre el terreno natural, afirmado, en suelo estabilizado con cemento o con productos químicos, concreto o con cualquier otro material, que garantice la estabilidad, funcionalidad y la protección del medio y sobre el cual se ubicarán estibas. La estructura de la caseta podrá ser:

Estructura de acopio transportable: corresponde generalmente a una estructura metálica con cubierta, que consta de varios compartimientos y que cuenta con una bandeja para la retención de eventuales lixiviados que puedan generarse. La estructura puede reutilizarse cuando ya no se necesite y una vez sea desmontada del sitio

❖ Zona para almacenamiento de Químicos

Destinada al acopio de las sustancias químicas y los aditivos requeridos para la preparación del lodo, para las operaciones de completamiento, toma de registros y pruebas de producción del pozo. Estos productos estarán protegidos de las lluvias y aislados del suelo para evitar afectación del mismo por derrames eventuales; en el caso de que el empaque de los productos que se almacenarán no sea resistente o se vea afectado por la acción de agentes externos, principalmente la lluvia se optará por la construcción de una caseta de almacenamiento para este tipo de insumos (**Figura 2.2.2-59**).

Figura 2.2.2-59 Detalle área de químicos



Fuente: Anexo 2. Descripción del proyecto / 5.CIV / ECP-ULL-LLANOS141-IP01-0-CI-PL-001-D1; adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

❖ Zona para Incineración Temporal de Gas

Al interior de la locación se contempla la conformación de un área al interior de la cual se instalarán los equipos y/o infraestructura necesaria que permite liberar de forma controlada y segura los gases residuales resultantes del proceso de perforación y pruebas de producción; de manera que se controle la presión del pozo y evitar explosiones, así como disminuir el impacto por gases inquemados. La combustión de estos gases se puede realizar de la siguiente manera. El tipo de

quemador será definido y presentado junto con los diseños asociados en los respectivos Planes de Manejo Ambiental Específicos asociados a la construcción de locaciones y perforación de pozos.

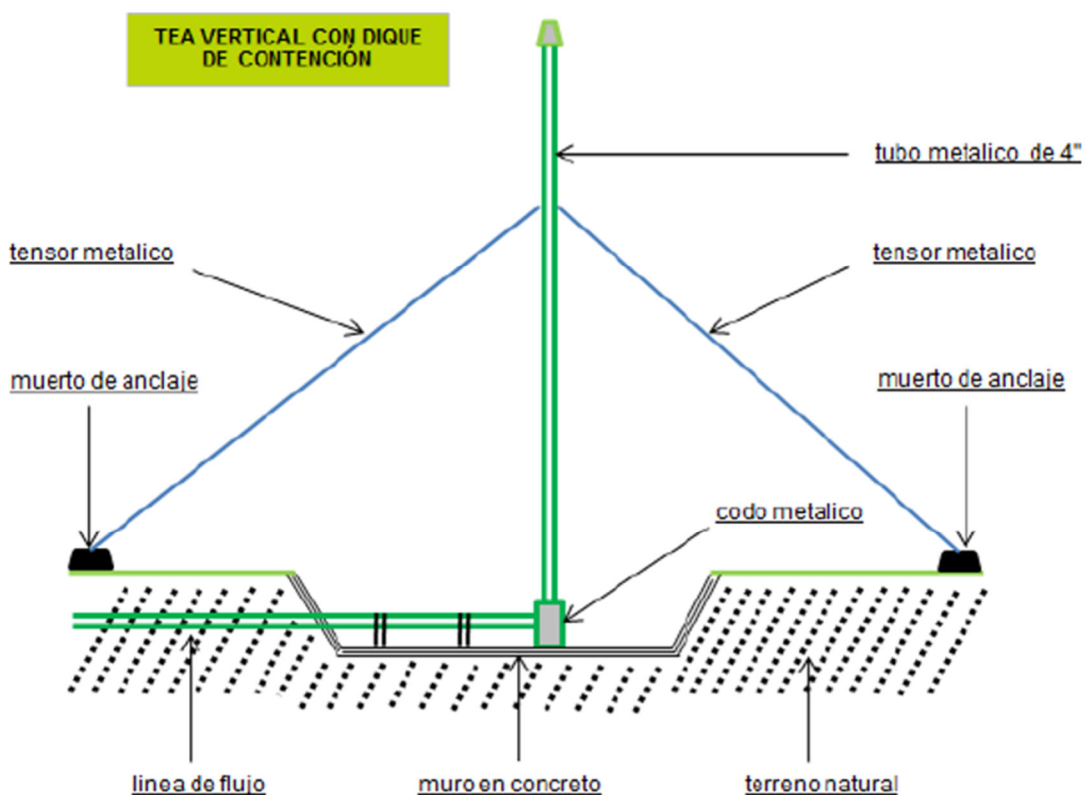
❖ Tea Vertical con Dique de Contención

En lo posible debe estar a una distancia mínima de 50 m a 80 m de los contrapozos y de las piscinas de corte para evitar que en caso de un influjo de gas el fuego se extienda hasta estas, su ubicación debe realizarse de maneras conjunta con un delegado del taladro. Esta área debe contar con un dique de contención el cual debe tener como mínimo las siguientes dimensiones 9,0m x 9,0m x 2,50 m de profundidad, adicionalmente en el piso del dique se construirá una caja de 0,5m X 0,5m X 0,5m, para recolectar alguna fuga de aceite o petróleo en caso de una emergencia.

El piso del dique de contención y los taludes debe estar recubiertos con una placa de impermeabilización de concreto de 1500 psi de (solado) de espesor de 10 cm. (la idea es que soporte el calor en caso de presentarse combustión). La conexión entre el pozo y la TEA se realizará con una tubería de 2” a 4” o la que requiera por diseño de facilidades de la Tea.

La Tea debe estar por dentro del área del cerramiento de la Localización y debe contar con un cerramiento. Para el anclaje de la Tea se deben implementar vientos o estructuras que aferren la tubería en caso de un evento. La altura de la Tea se define según los parámetros estipulados en el protocolo de monitoreo y seguimiento de la calidad del aire (**Figura 2.2.2-60**).

**Figura 2.2.2-60 Tea Vertical con Dique de Contención**

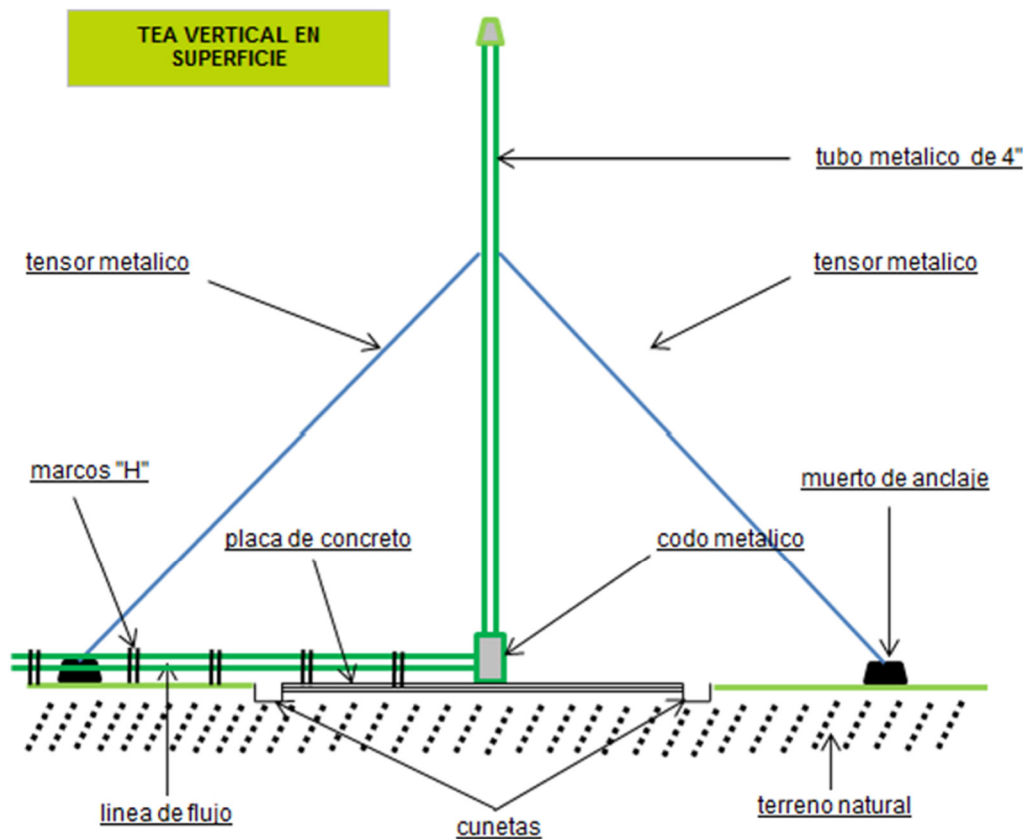


Fuente: Estudio de Impacto Ambiental -EIA- Área de Perforación Exploratoria – APE Recetor Norte, Ecopetrol S. A., 2023; adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

❖ Tea Vertical en superficie

Se recomienda utilizar el sistema de Tea Vertical con Dique de contención, porque adicional al control de las emisiones, se implementará un sistema para control de contingencias frente a una posible contaminación por hidrocarburos. La ubicación y características constructivas son similares a las descritas para la Tea Vertical con Dique de Contención, con la diferencia que el piso del dique de contención se construirá en material de afirmado, rodeado por cunetas para aguas aceitosas, del mismo tipo de las utilizadas en el confinamiento de las áreas de equipos, las cunetas entregarán a una trampa de aguas aceitosas (Skimmer), donde se realizará el respectivo control en caso de manchas o derrames (**Figura 2.2.2-61**). Para el anclaje de la Tea se deben implementar vientos o estructuras que aferren la tubería en caso de un evento. La altura de la Tea se define según los parámetros estipulados en el protocolo de monitoreo y seguimiento de la calidad del aire.

**Figura 2.2.2-61 Tipo de Tea Vertical en Superficie**



Fuente: Estudio de Impacto Ambiental -EIA- Área de Perforación Exploratoria – APE Recetor Norte, Ecopetrol S. A., 2023; adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

❖ Quemador horizontal portátil

En caso de requerirse se contempla el uso de quemadores horizontales portátiles. Se ubican casi a nivel de suelo, este equipo está conformado por varios quemadores pequeños, usualmente de 3" - 4" de diámetro o la que se requiera por diseño de facilidades del quemadero. Este sistema se usa en aplicaciones donde los gases a quemar son usualmente muy pesados y por lo tanto se necesitarían altos flujos de vapor para asistencia; también puede ser usados en conjunto con teas elevadas.



❖ Caseta de vigilancia

El área de la caseta será de dimensiones definidas, con piso en cualquiera de las alternativas planteadas para las demás superficies de la localización como concreto, afirmado, suelo estabilizado, estibas de madera, entre otros. Dentro del diseño normal, la estructura contará con muros en mampostería y cubierta con tejas, incluyendo su respectiva batería de baño. Las casetas de vigilancia también podrán ser construidas e instalarse mediante la utilización de casetas prefabricadas, realizadas en material acrílico o fibra de vidrio de fácil armado, transporte y desmonte, que le permitan ser cómodas, seguras y funcionales.

❖ Construcción e instalación de estructuras metálicas y/u otros materiales

Esta alternativa consiste en implementar sistemas en polímero polipropileno y láminas de acero las cuales disminuyen las construcciones y obras civiles. Los sistemas propuestos son de bajo costo vs concreto y materiales convencionales de construcción (reutilización de las estructuras en otras locaciones), son totalmente reciclables amigables y de mínimo impacto con el medio ambiente (operaciones limpias y eficientes). Adicionalmente, con estas alternativas se requieren mínimos permisos o licencias ambientales, se reducen los costos de transporte de material y el número de trabajadores y herramientas requeridos para su instalación es mínimo (instalación 100 % más rápida vs obras civiles convencionales) y presentan las siguientes bondades:


- Es reutilizable lo que evita la generación de escombros y operación logística especial para disponer de estos.
- Es resistente a todo tipo de ácidos y químicos (derivados del petróleo).
- Es resistente a solventes.
- Por ser fabricado en polipropileno con original no se pudre ni se oxida.
- Es liviano, especial para transporte a zona alejadas a las vías vehiculares
- Es aislante eléctrico y antichispa
- Su color es integral y no superficial lo que evita tener que estar aplicando pintura y todo el proceso adicional de lijado, anticorrosivo, etc.
- No requiere de ningún tipo de mantenimiento

Algunas de las alternativas en la construcción de plataformas se listan y describen a continuación:

◆ Tapetes modulares sintéticos

En las plataformas se podrán utilizar para la placa de taladro, retirándolos una vez salga el equipo de perforación del sitio. Estos podrán usarse según la necesidad, para cualquier equipo dentro de las plataformas y facilidades de los Bloques Llanito, Lizama y Centro. Para su instalación, se siguen los pasos indicados en la **Tabla 2.2.2-30**.

**Tabla 2.2.2-30 Procedimiento instalación paneles o tapetes modulares sintéticos**

N°	Descripción	Fotografía
1	Se debe nivelar y compactar el terreno hasta la cota de instalación del tapete.	

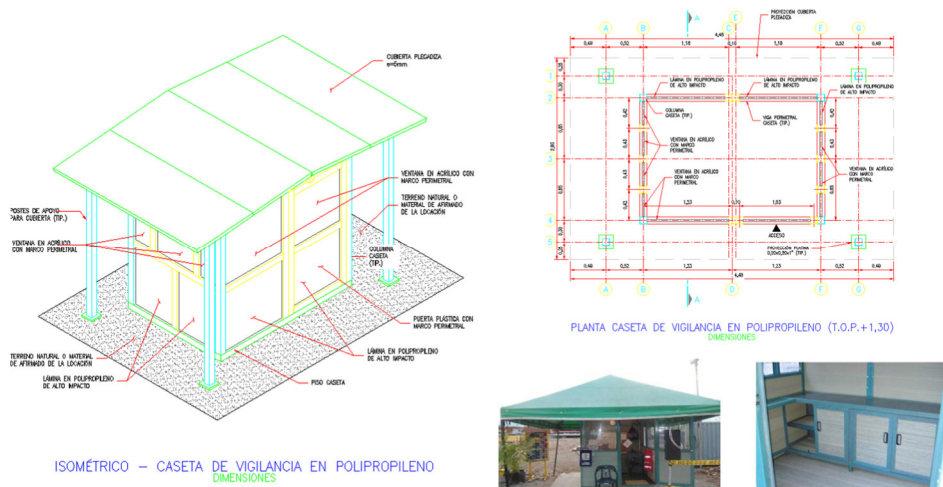
N°	Descripción	Fotografía
2	Se deben realizar la localización y replanteo del área de instalación, levantado el estacado necesario para delimitar el sitio de instalación. En caso de requerirse, se instalará un geotextil con las especificaciones indicadas en los diseños.	
3	Finalmente se realizar la instalación de los paneles, los cuales cuentan con lengüetas y ranuras que permiten acoplar unos con otro.	

Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2019)

◆ Caseta de vigilancia

Durante el proceso de construcción de las plataformas es necesaria la instalación de un puesto de control para vehículos y personal, para lo cual, se podrá utilizar una caseta en polímero polipropileno, la cual tiene un promedio de 10 usos

Figura 2.2.2-62 Diseño tipo Caseta de Vigilancia en polipropileno



Fuente: Anexo 2. Descripción del proyecto / 5.CIV / ECP-ULL-LLANOS141-IP01-0-CI-PL-001-D1; adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2019)

◆ Desarenador en polímero polipropileno

El desarenador en polímero polipropileno tiene en promedio 10 usos. Las medidas del desarenador en polímero son de 520 cm X 140 cm de profundidad X 130 cm de ancho (medidas internas) con 3 esclusas fijas y sistema de izaje, con un peso aproximado de 1450 kg. Adicionalmente, el desarenador contaría con una tapa plástica (polímero polipropileno) de 520 cm de largo X 140 cm de ancho (medidas internas del desarenador), la excavación requerida es de 16 cm<sup>3</sup> y el tiempo de montaje es de aproximadamente una (1) hora.

◆ Skimmer en polímero polipropileno

El skimmer en polímero polipropileno tiene en promedio 10 usos. Las medidas del skimmer en polímero son de 400 cm de largo X 130 cm de ancho X 140 cm de profundidad con sistema de izaje. Adicionalmente, el skimmer contaría con una tapa plástica de 440 cm de largo X 140 cm de ancho (medidas internas) con una exclusiva fija, la excavación requerida es de 15,6 m<sup>3</sup> y el tiempo de montaje es de aproximadamente una (1) hora

◆ Placa para área de químicos

La placa para el área de químicos en polímero polipropileno tiene en promedio de 30 usos. Las medidas de la placa son 15 m X 15 m y e= 10 cm

◆ Placa de taladro en polímero polipropileno

Los paneles en polímero polipropileno tienen en promedio 10 usos. Son utilizados para soportar la placa del taladro con un espesor de 25 cm y la utilización de láminas de acero ASTM 588.

◆ Ecobodegas

Con el objetivo de solucionar el déficit de la infraestructura de bodegas temporales para materiales al interior de las plataformas o en sectores aledaños, se plantea el uso de bodegas temporales. Las ecobodegas consisten en una estructura metálica desmontable con cubierta en lona plástica de alta resistencia y opcionalmente cortinas elaboradas en el mismo material. Mediante este sistema se busca una solución rápida y versátil para el almacenamiento de materiales en espacios abiertos (**Fotografía 2.2.2-9**).

**Fotografía 2.2.2-9 Tipo de bodega temporal**



Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2019)

- ◆ Cunetas de agua lluvia en alviódren

Como alternativa de los sistemas de drenajes de aguas lluvias tradicionales (cunetas en concreto), representan un 99% menos en transporte, peso y un menor costo.

- ◆ Rejillas

Como alternativa a los sistemas de rejillas metálicas (acero), el uso de polímero polipropileno para la fabricación de las rejillas, ofrece una alternativa con bajo costo, mayor tiempo de uso y de bajo impacto para el ambiente.

- ❖ Señalización

































































En el proyecto se utilizan señales verticales cuya función es prevenir a los usuarios sobre la existencia de peligros y su naturaleza, reglamentar las prohibiciones o restricciones respecto del uso de las vías y áreas, así como brindar la información necesaria para guiar a los usuarios de estas.

- ◆ Señales preventivas

Advierten a los trabajadores sobre un eventual peligro en la zona donde están laborando, deben situarse cercanas al posible lugar del incidente y en la cantidad que se considere necesario, de acuerdo con la situación (**Figura 2.2.2-63**).



Figura 2.2.2-63 Señales preventivas











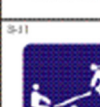


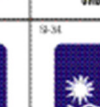




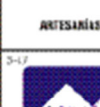
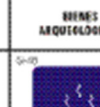
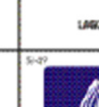


SP-01  CURVA PELIGROSA A LA IZQUIERDA	SP-12  CURVA PELIGROSA A LA DERECHA	SP-03  CURVA PRONUNCIADA A LA IZQUIERDA	SP-04  CURVA PRONUNCIADA A LA DERECHA	SP-05  CURVA Y CONTRACURVA PELIGROSA IZQ-DER	SP-06  CURVA Y CONTRACURVA PELIGROSA DER-IZQ	SP-37  CURVA SUCCESIVA PRIMERA - IZQUIERDA	SP-08  CURVA SUCCESIVA PRIMERA - DERECHA
SP-09  CURVA Y CONTRACURVA PRONUNCIADA IZQ-DER	SP-10  CURVA Y CONTRACURVA PRONUNCIADA IZQ-DER	SP-11  VÍA LATERAL IZQUIERDA	SP-12  VÍA LATERAL IZQUIERDA	SP-31  VÍA LATERAL DERECHA	SP-14  BIFURCACIÓN EN "T"	SP-15  BIFURCACIÓN EN "T"	SP-16  BIFURCACIÓN IZQUIERDA
SP-11  BIFURCACIÓN DERECHA	SP-18  BIFURCACIÓN ESCALONADA IZQ-DER	SP-19  BIFURCACIÓN ESCALONADA DER-IZQ	SP-20  OVERTAKING	SP-21  INCORPORACIÓN DE TRÁNSITO IZQUIERDA	SP-22  INCORPORACIÓN DE TRÁNSITO DERECHA	SP-23  SEMAFORO	SP-24  SUPERFICIE RESACA
SP-25  RESALTO	SP-26  DEPRESIÓN	SP-27  DESCENSO PELIGROSO	SP-28  REDUCCIÓN SIMÉTRICA DE LA CALZADA	SP-29  PREVENCIÓN DE PARE	SP-30  REDUCCIÓN ASIMÉTRICA DE LA CALZADA IZQ	SP-31  REDUCCIÓN ASIMÉTRICA DE LA CALZADA DER	SP-32  ENSANCHE SIMÉTRICO DE LA CALZADA
SP-33  PREVENCIÓN DE CEDA EL PASO	SP-34  ENSANCHE ASIMÉTRICO DE LA CALZADA IZQ	SP-35  ENSANCHE ASIMÉTRICO DE LA CALZADA DER	SP-36  PUENTE ANGOSTO	SP-37  PESO MÁXIMO TOTAL PERMITIDO	SP-38  TUNEL	SP-39  CIRCULACIÓN EN DOS SENTIDOS	SP-40  FLECHA DIRECCIONAL
SP-41  CIRCULACIÓN EN DOS SENTIDOS	SP-42  ZONA DE DENOMINACIÓN	SP-43  TRES CARRILES (DOS CONTRAFLEJOS)	SP-44  SUPERFICIE DESLIZANTE	SP-45  MAQUINARIA AGRÍCOLA EN LA VÍA	SP-46  PEATROS EN LA VÍA	SP-47  ZONA ESCOLAR	SP-48  ZONA DEPORTIVA
SP-49  ANIMALES EN LA VÍA	SP-50  ALTURA LIBRE	SP-51  ANCHO LIBRE	SP-52  CRUCE A NIVEL CON EL FERROCARRIL	SP-53  BARRERA	SP-54  PASO A NIVEL	SP-55  INICIACIÓN DE SEPARADOR (DOS SENTIDOS)	SP-55A  INICIACIÓN DE SEPARADOR (UN SENTIDO)
SP-56  TERMINACIÓN DE LA VÍA CON SEPARADOR (DOS SENTIDOS)	SP-56A  TERMINACIÓN DE LA VÍA CON SEPARADOR (UN SENTIDO)	SP-57  FIN DEL PAVIMENTO	SP-60  CICLISTAS EN LA VÍA	SP-61  RIESGO DE ACCIDENTE	SP-59  TRABAJOS EN LA VÍA	SP-62  FRONTERO	SP-63  MAQUINARIA EN LA VÍA

Fuente: Conducir Colombia, 2018; adoptado por (ECOPETROL S.A., 2023)

#### ◆ Señales informativas

Las señales informativas se ubican en los sitios pertinentes para guiar al personal que se encuentre en los frentes de trabajo, indicando la dirección y sentido de cada ruta, también se indicará alguna información adicional para indicar la ubicación en el lugar donde se encuentre cada persona, en especial los visitantes y en general todo el personal que recorra el área; esta señales también son instaladas para informar acerca de las especificaciones de uso de determinados elementos de protección personal, según el riesgo identificado en el área de trabajo y otro tipo de información, como asentamientos humanos, horarios de circulación, teléfonos de quejas y sugerencias, entre otras (Figura 2.2.2-64).

Figura 2.2.2-64 Señales informativas

S-05C  DESCRIPCIÓN DE BUSES	S-06  CONFIRMATIVA DE DESTINO INFORMACIÓN DE KILOMETRAJE	S-07  SEÑAL DE PARQUEO	S-07A  ZONA ESPECIAL PARQUEO	S-08  PARADERO DE BUSES	S-09  ESTACIONAMIENTO DE TAXIS	S-10  TRANSCORRAJER	S-11  VÍA PARA CICLISTAS
S-12  MONUMENTO NACIONAL	S-13  ZONA MILITAR	S-14  AEROPUERTO	S-15  HOSPEDAJE	S-16  PRIMEROS AUXILIOS	S-17  SERVICIOS SANITARIOS	S-18  RESTAURANTE	S-19  TELÉFONO
S-20  IGLESIA	S-21  TALLER	S-22  ESTACIÓN DE SERVICIO	S-23  MONTAÑANTAS	S-24  CRUCE PEATONAL	S-25  DISCAPACITADOS	S-26  NOMENCLATURA VIAL	S-27  SEGURO VIAL
S-28  GEOGRÁFICA	S-29  TRANSPORTE FERROVIARIO	S-30  TRANSPORTE MARÍTIMO	S-31  ZONA RECREATIVA	S-32  CAMBIO DE MONEDA	S-33  ZONA DE CAMPING	S-34  PLAYA	S-35  MUSEO
S-36  INVERTE	S-37  ZOOLOGICO	S-38  PUNTO DE INFORMACIÓN TURÍSTICA	S-39  ARTESANÍAS	S-40  BIENES ARQUEOLÓGICOS	S-41  LAGO	S-42  POLIDEPORTIVO	S-43  MIRADOR
S-44  ALQUILER DE AUTOS	S-45  ATRACTIVO NATURAL	S-46  VOLCÁN	S-47  BEBIDA	S-48  TERMAL	S-49  CASCADA	S-50  PECUA	S-51  OBRA EN LA VÍA A 100 M
S-52  INFORMACIÓN INICIO DE OBRA	S-53  INFORMACIÓN FIN DE OBRA	S-54  CARRIL CERRADO (DER-SENT-IZQ)	S-55  DESVÍO A 100 m	S-56  INFORMACIÓN PREVIA DE DESTINO EN CICLISTAS	S-57  CICLISTAS	S-58  FIN DE LA CICLOVÍA	

Fuente: Conducir Colombia, 2018; adoptado por (ECOPETROL S.A., 2023)

◆ Señales reglamentarias

Tiene por objeto indicar al usuario de la vía las limitaciones, prohibiciones o restricciones sobre su uso, y cuya violación constituye falta. En las señales circulares los colores distintivos son: anillos y líneas oblicuas en rojo, fondo blanco y símbolos negros (Figura 2.2.2-65).



Figura 2.2.2-65 Señales reglamentarias

SR-01  PARE	SR-02  CEDA EL PASO	SR-03  SINA DE FRENTE	SR-04  NO PASE	SR-05  GIRO A LA IZQUIERDA SOLAMENTE	SR-06  PROHIBIDO GIRAR A LA IZQUIERDA	SR-07  GIRO A LA DERECHA SOLAMENTE
SR-08  PROHIBIDO GIRAR A LA DERECHA	SR-09  PROHIBIDO GIRAR 180	SR-10  DOBLE VIA	SR-11  TRES CARRILES (UNO EN CONTRAFLEJO)	SR-12  TRES CARRILES (DOS EN CONTRAFLEJO)	SR-13  PROHIBIDO EL CAMBIO DE CALZADA	SR-14  CIRCULACION PROHIBIDA DE VEHICULOS AUTOMOTORES
SR-15  VEHICULOS PESADOS A LA DERECHA	SR-16  CIRCULACION PROHIBIDA DE VEHICULOS DE CARGA	SR-17  PEATONES A LA IZQUIERDA	SR-18  CIRCULACION PROHIBIDA DE PEATONES	SR-19  CIRCULACION PROHIBIDA DE CABALGANTES	SR-20  CIRCULACION PROHIBIDA DE BICICLETAS	SR-21  CIRCULACION PROHIBIDA DE MOTOCICLETAS
SR-22  CIRCULACION PROHIBIDA DE MAQUINARIA AGRICOLA	SR-23  CIRCULACION PROHIBIDA DE VEHICULO DE TRACCION ANIMAL	SR-24  PROHIBIDO ASELANAR	SR-25  PROHIBIDO PARQUEAR	SR-26  NO PARQUEAR NI DETENERSE	SR-27  PROHIBIDO PITAR	SR-28  VELOCIDAD MAXIMA
SR-29  PESO MAXIMO TOTAL PERMITIDO	SR-30  ACTUA MAXIMA PERMITIDA	SR-31  ANCHO MAXIMO PERMITIDO	SR-32  ZONA DE ESTACIONAMIENTO DE TAXIS	SR-33  CIRCULACION CON LUCES BAJAS	SR-34  PAREN	SR-35  CICLOVIA
SR-36  SENTIDO UNICO DE CIRCULACION	SR-37  SENTIDO DE CIRCULACION DOBLE	SR-38  PARADERO	SR-39  PROHIBIDO DEJAR O RECIBIR PASAJEROS	SR-40  ZONA DE CARGO Y DESCARGO	SR-41  PROHIBIDO EL CARGAR Y DESCARGAR	SR-42  ESPACIAMIENTO
SR-43  INDICACION DE SEPARADOR DE TRANSITO A LA IZQUIERDA	SR-44  INDICACION DE SEPARADOR DE TRANSITO A LA DERECHA	SR-45  VIA CERRADA	SR-46  DESVIO	SR-47  PASE LIBRO A UNO	SR-48  CONSERVE SU DERECHA	SR-49  DESCENSO OBLIGADO

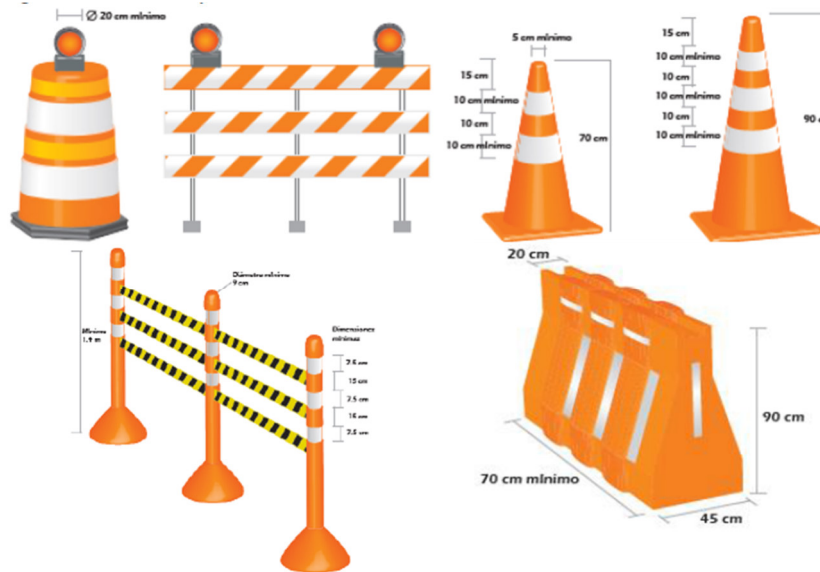
Fuente: Conducir Colombia, 2018; adoptado por (ECOPETROL S.A., 2023)

◆ Señales temporales

Este tipo de señales, como lo dice su nombre, son de carácter temporal, ya que son instaladas durante las obras de adecuación y construcción de las vías de acceso y localización para evitar

incidentes en los diferentes frentes de trabajo por la apertura de zanjas, cerramiento temporal de carriles, etc.; están comprendidas por barricadas (para identificación de desvíos), conos de guía, iluminación de obra (en el caso de requerirse), delineadores y cintas de demarcación, entre otras, y son diseñadas de manera que puedan ser fácilmente transportadas e instaladas durante la ejecución de las obras hacia las distintas zonas donde se requieren (Figura 2.2.2-66).

**Figura 2.2.2-66 Señales y elementos temporales empleados para la canalización del tránsito**



Fuente: Ministerio de Transporte, 2015; adoptado por (ECOPETROL S.A., 2023)

◆ Señales restrictivas

Este tipo de señales se caracterizan por determinar un área con alto riesgo de afectación, son tableros fijados en postes con símbolos y/o leyendas que tiene por objetivo indicar en este caso al operario, la existencia de limitaciones físicas o prohibiciones reglamentarias que regulan dada una actividad en particular, que para este caso serían las actividades que impliquen el uso de elementos u equipos que generen emisiones radioactivas, empleados para determinar la calidad de la soldadura empleada en las uniones de las líneas de flujo, donde se deberá exigir el adecuado equipo de protección personal por parte de la empresa contratista (Figura 2.2.2-67).

**Figura 2.2.2-67 Señales para determinar un área con alto riesgo de afectación**



Fuente: Concejo Colombiano de Seguridad – CCS. 2013; adoptado por (ECOPETROL S.A., 2023)

◆ Señales ambientales

Las señales ambientales se pueden dividir en función de su aplicación en:

✓ Señales de prohibición

Prohíben un comportamiento susceptible de provocar un impacto ambiental (**Figura 2.2.2-68**). Estas señales tendrán forma circular, de colores negro sobre fondo blanco y bordes rojos con una banda oblicua diametral de izquierda a derecha (45°).

**Figura 2.2.2-68** Señales para determinar un área con alto riesgo de afectación



**PROHIBIDO FUMAR**



**NO TALAR**



**NO CAZAR**



**NO HACER RUIDO**

Fuente: (ECOPETROL S.A., 2023)

✓ Señales de prevención o advertencia

Advierten un posible daño al entorno de provocar un impacto ambiental (**Figura 2.2.2-69**). Estas señales tendrán forma triangular con vértices redondeados, de colores negro sobre fondo amarillo y bordes negros.

Figura 2.2.2-69 Ejemplos de señales de prevención ambiental



CUIDE LOS ARBOLES



CUIDEMOS NUESTRA UNICA FUENTE DE AGUA POTABLE



RECICLE

Fuente: (ECOPETROL S.A., 2023)

✓ Señales de obligación

Señalan el cumplimiento u obligación de un comportamiento ambiental (Figura 2.2.2-70). Estas señales tendrán forma circular, de colores blanco sobre fondo azul y borde azul

Figura 2.2.2-70 Ejemplos de señales de obligación ambiental



PONGA LA BASURA EN SU LUGAR



RESPETE LAS SEÑALES AMBIENTALES

Fuente: (ECOPETROL S.A., 2023)



✓ Señales de información

Proporcionan una indicación o directriz ambiental de importancia (**Figura 2.2.2-71**). Estas señales tendrán forma rectangular, de colores blanco sobre fondo verde y bordes verdes.

**Figura 2.2.2-71 Ejemplos de señales de información ambiental**



**BOMBA DE AGUA**



**ESTACION DE BOMBEO**



**PLANTA DE TRATAMIENTO**

Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

○ **Estabilización y revegetalización de taludes (A10)**

Esta actividad se refiere a la protección de las superficies expuestas de los taludes de corte o terraplén, luego de conseguir su acabado geométrico, ante procesos erosivos generados por agentes como la lluvia, aguas de escorrentía, viento y sol. La estabilización de estos taludes se puede realizar con la implementación de barreras protectoras a lo largo de la cara expuesta del talud, las mismas pueden ser de origen vegetal (i.e: biomantos, hidrosiembra, entre otros) o corresponder a la instalación de obras geotécnicas (i.e: mallas eslabonadas, geomallas, pernos de anclaje, muros de gaviones o de concreto, sub drenes horizontales, obras de arte como cunetas, descoles, zanjas de coronación, entre otras), la selección de unas u otras será definida a partir de las características geotécnicas del área, las cuales serán definidas a partir de estudios geotécnicos realizados específicamente para el área. Es de señalar que las especificaciones y diseños definitivos de las obras a implementar serán presentados en los respectivos Planes de Manejo Ambiental Específicos asociados a la construcción de locaciones y perforación de pozos.

❖ **Métodos más usados para estabilización de taludes**

Algunos de los métodos más usados para estabilizar taludes son:



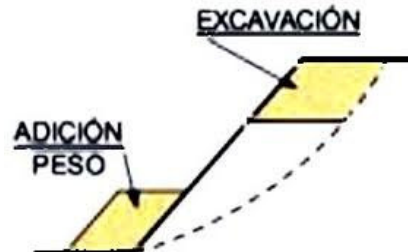
◆ Modificación de la geometría

Con la modificación de la geometría del talud se logra redistribuir las fuerzas relacionadas al peso de los materiales y se obtiene una nueva configuración más estable. Para la consecución de este objetivo se puede considerar alguna de las siguientes opciones, disminuir la inclinación del talud, eliminar el peso en la parte alta del talud (descabezamiento), incrementar el peso en la pata del talud (tacones, rellenos, escolleras), y por la construcción de bancos y bermas (escalonamiento del talud); en la **Figura 2.2.2-72** se presentan esquemas típicos de estos tipos de obras.

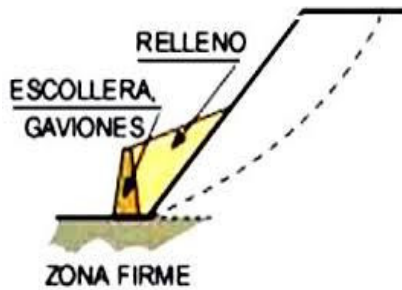
**Figura 2.2.2-72 Estabilización de taludes por modificación de su geometría**



Disminución de la inclinación del Talud (Perfilado)

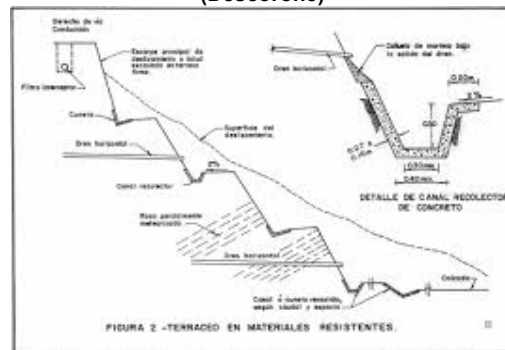


Eliminación de carga en la parte alta del talud (Descorone)



Incremento del peso al pie del talud (tacones, rellenos, escolleras)

Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

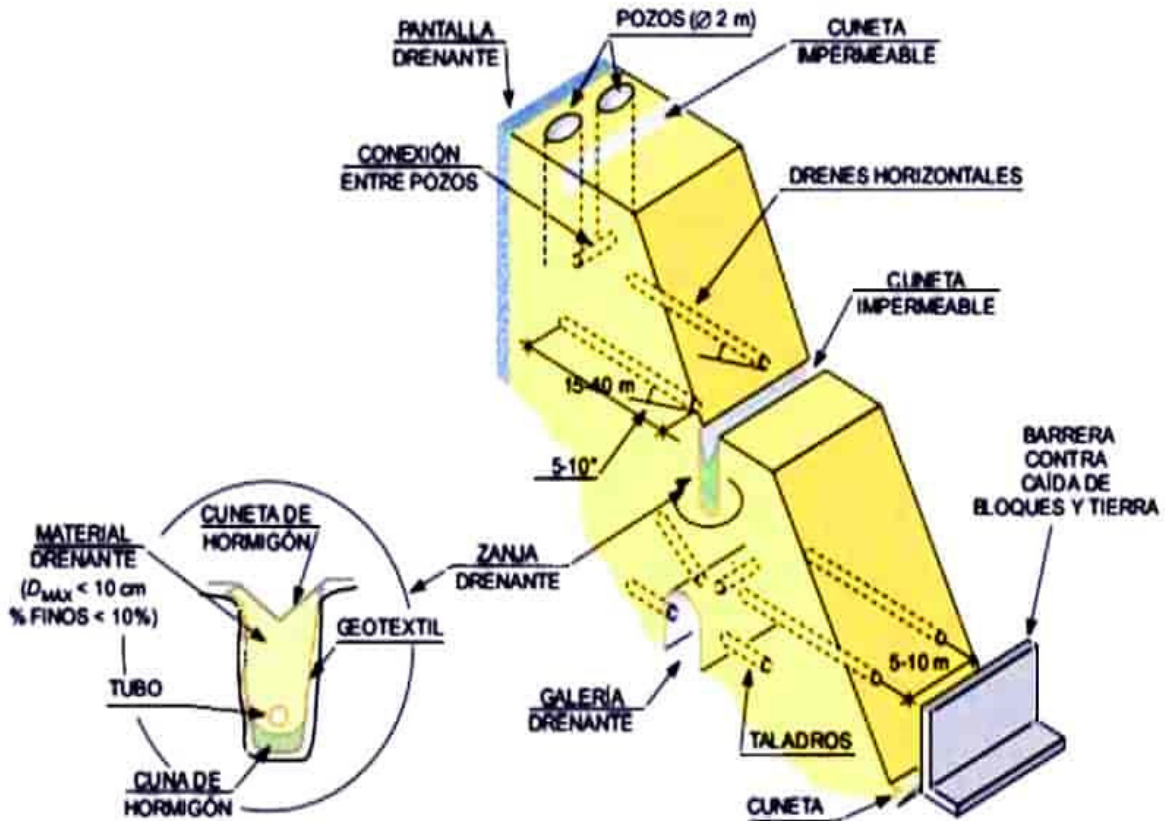


Escalonamiento del talud

◆ Manejo de drenajes

El agua es el principal agente desencadenante de los problemas de inestabilidad en taludes debido a que aumenta el peso de la masa inestable, eleva el nivel freático, aumenta las presiones intersticiales en los materiales, empujes hidrostáticos, erosiona el pie del talud, etc. La estabilidad de taludes mediante medidas de drenaje tiene por objetivo disminuir o eliminar el agua superficial o profunda que se encuentra afectando el talud, y por lo tanto trata de disminuir las presiones intersticiales que actúan como factor desestabilizador en las superficies de rotura y grietas de tracción. Este método suele ser el más empleado debido a que representa costos muy reducidos en comparación con otras medidas de estabilización de taludes. Las medidas de drenaje pueden ser superficiales o profundas y las mismas son presentadas en la **Figura 2.2.2-73**.

Figura 2.2.2-73 Medidas de drenaje y protección en taludes (Uriel. 1991)

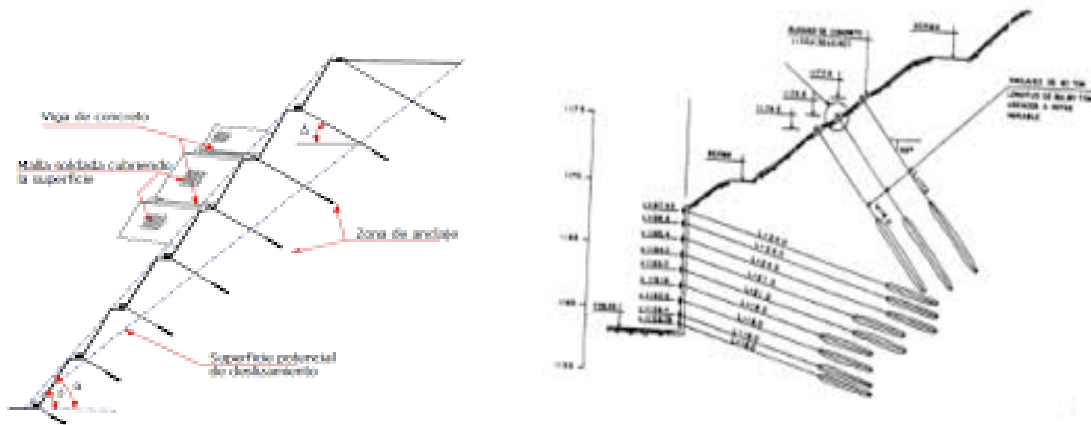


Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

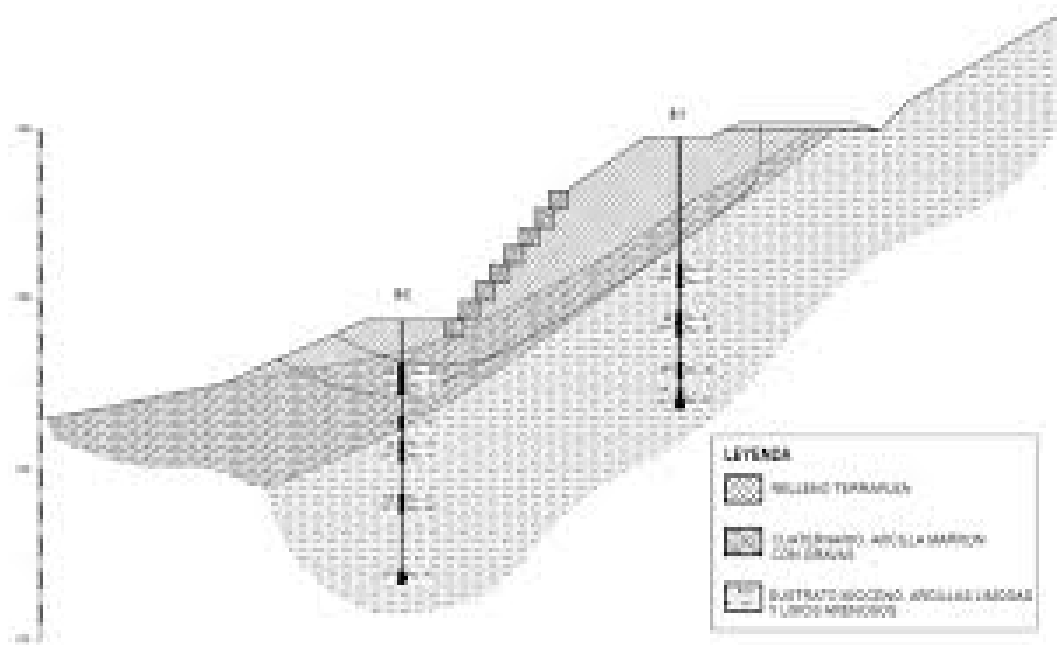
◆ Elementos estructurales resistentes

Tiene como objetivo aumentar la resistencia al corte del material mediante el uso de elementos que incrementan la resistencia del terreno en la superficie de rotura (pilotes o micropilotes) y/o, elementos que incrementan las fuerzas tangenciales de rozamiento en la superficie de rotura (anclajes y muros anclados); en la **Figura 2.2.2-74**, se presentan algunos tipos de elementos estructurales.

Figura 2.2.2-74 Estabilización de taludes por instalación de elementos estructurales resistentes



Diferente disposición de anclajes en un talud



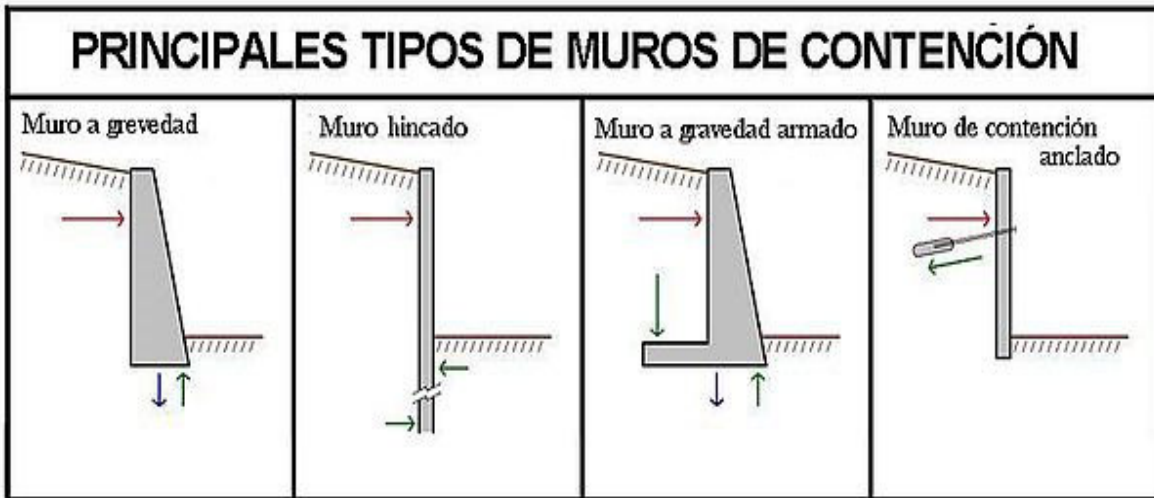
Pilotes para estabilizar taludes

Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

◆ Muros u otros elementos de contención

La construcción de muros o estructuras de contención tienen como objetivo reforzar la zona que se encuentra al pie de los taludes, evitando, además, la erosión y generando un ambiente estable; algunos de estos elementos son: Muros de contención, Muros de gaviones, Paredes de concreto y hormigón proyectado, Muros de tierra armada, Muros anclados entre otros (**Figura 2.2.2-75**).

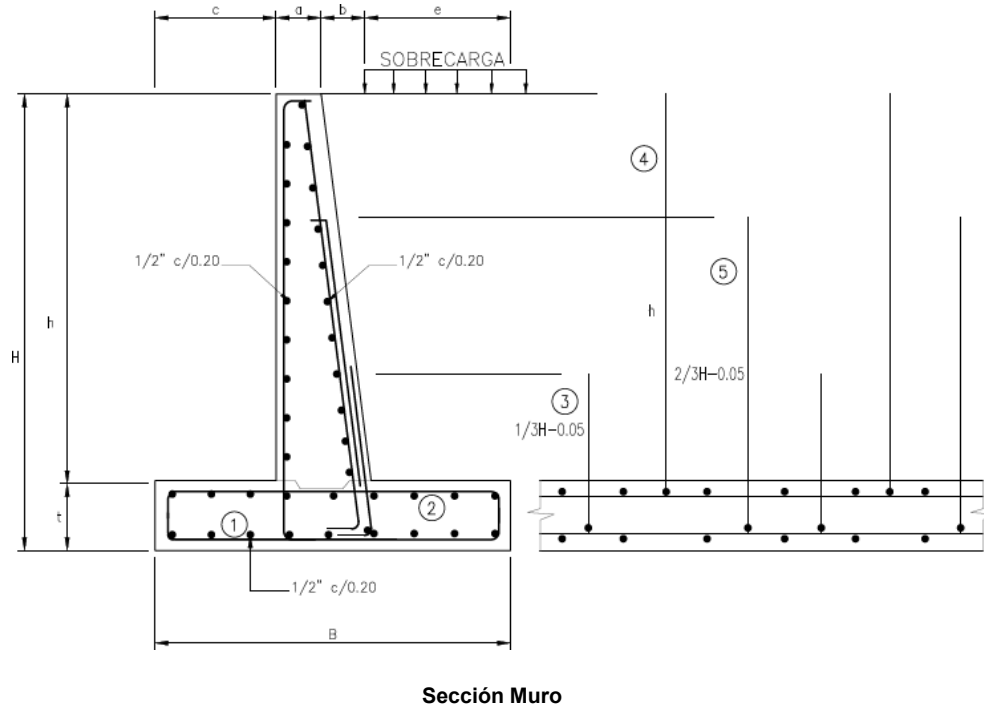
Figura 2.2.2-75 Tipos de Muros

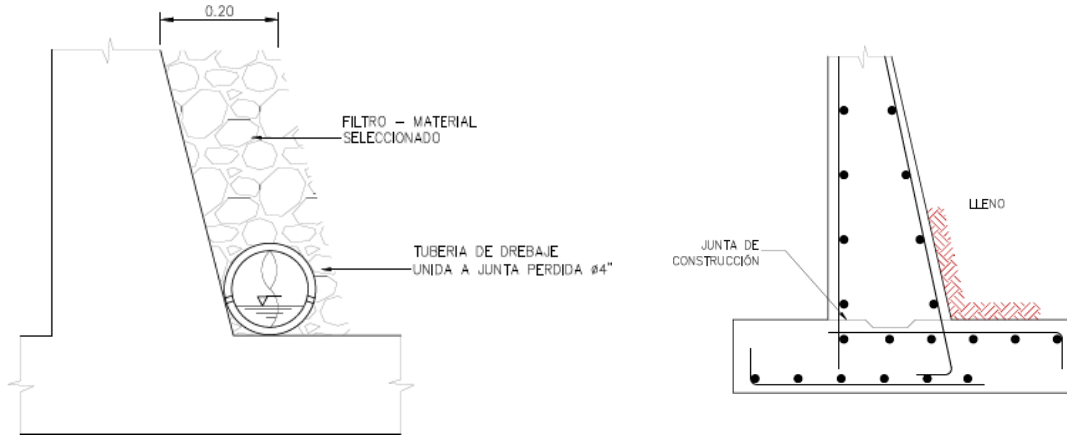


Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

Los muros de contención se utilizan para detener masas de suelo u otros materiales sueltos manteniendo pendientes que naturalmente no pueden conservar. Estas condiciones se presentan cuando el ancho de una excavación, corte o terraplén está restringido por condiciones de propiedad. En la **Figura 2.2.2-76** se presenta el esquema típico contemplado para Muros de Contención en concreto y en la **Figura 2.2.2-77** el esquema típico para un Muro en suelo reforzado.

Figura 2.2.2-76 Esquema Típico Muros de Contención



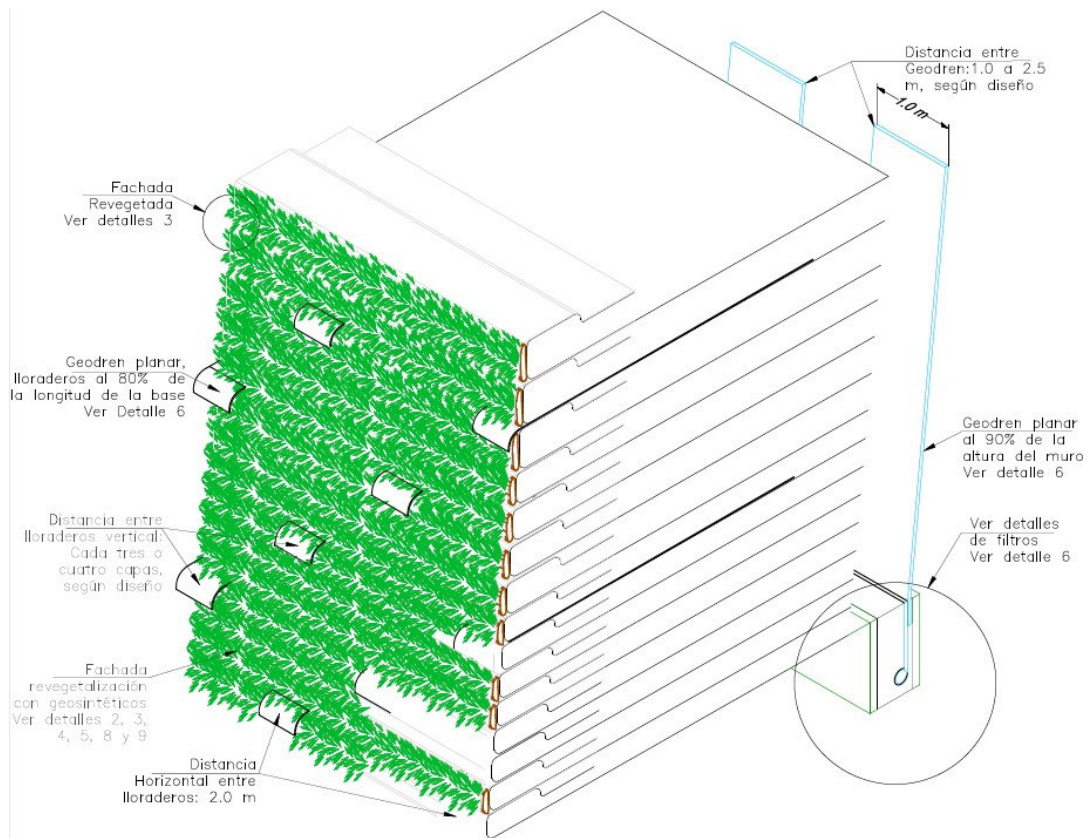


Filtro y Tubería de Drenaje

Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

Muro de Concreto Reforzado

Figura 2.2.2-77 Esquema Típico Muros en Suelo Reforzado



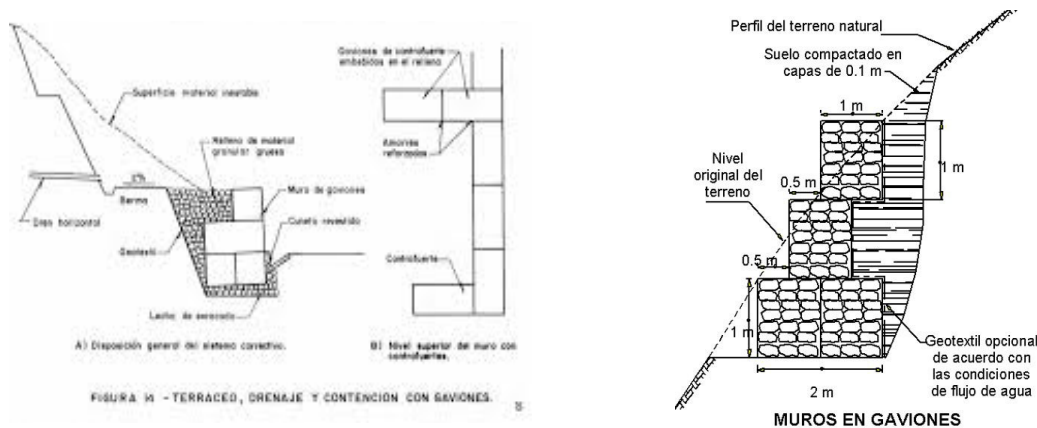
Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)



◆ Gaviones

Se construyen gaviones a manera de contención y soporte para los taludes de relleno para contener el material y garantizar que materia del relleno no se desplace hacia los cuerpos de agua, de igual manera sirve para evitar los terracedos sucesivos, se arma en módulos de 2 metros de largo por 1 metro de alto y un metro de ancho se construyen dejando una parte enterrada a manera de soporte o fundación (**Figura 2.2.2-78**), también se utilizan para evitar sedimentación sobre los cuerpos de agua en los ZODMEs.

**Figura 2.2.2-78 Esquema Típico Gavión**



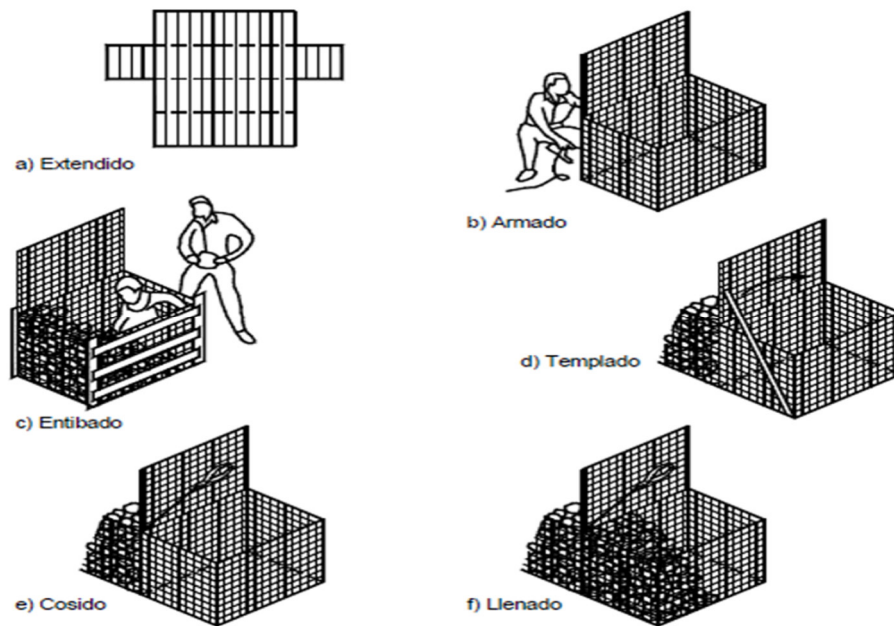
Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

Los componentes principales de un muro de gavión son:

- Alambre: Acero dulce recocido, galvanizado en caliente con zinc puro y exento de escamas, grietas corrosión u otros defectos. Los alambres utilizados en el cocido de los gaviones, los tirantes inferiores y las uniones entre unidades deben ser del mismo diámetro y calidad del alambre de la malla.
- Malla: Para la construcción de la canasta de los gaviones se emplean los siguientes tipos de mallas: Malla hexagonal de triple torsión, Malla hexagonal de doble torsión, Malla de eslabonado simple.
- Malla electrosoldada: Se recomienda el uso de mallas hexagonales de triple torsión debido a que permiten tolerar esfuerzos en varias direcciones sin producir rotura. Las características indispensables que deberá tener el tipo de red a utilizar son las siguientes:
  - No ser fácil de destejer o desmallar.
  - Poseer una elevada resistencia mecánica y contra fenómenos de corrosión.
  - Facilidad de colocación.
  - La abertura de malla puede ser tipo ocho (8) por diez (10) centímetros
- Material de relleno: La dimensión de cada fragmento de roca debe estar entre 0,1 y 0,3 m, no se recomienda utilizar fragmentos de lutitas, arcillolitas o pizarras, a menos que cumplan con requerimientos de durabilidad y resistencia. El relleno debe efectuarse de manera que los fragmentos más pequeños queden en la parte central del gavión y los fragmentos más grandes queden dispuestos en contacto con la canasta, para reducir la deformación del gavión, deben colocarse tirantes horizontales en los tercios medios de la altura en los gaviones de cuerpo y en la mitad de los gaviones de base, estos tirantes deben estar espaciados cada 0,5 m en sentido horizontal procurando alternar la posición de las hiladas. Finalmente, en los gaviones de base se deben colocar tirantes verticales que unan la tapa con la base. Adicionalmente, pueden colocarse tirantes diagonales en las esquinas de los gaviones que ocupan los extremos de cada hilera.

El proceso constructivo de un gavión se refleja en la **Figura 2.2.2-79** mientras las etapas principales de conformación del mismo se resumen a continuación.

**Figura 2.2.2-79 Proceso para Armado de Gavión**



Fuente: (Suarez - Erosión - Capítulo 7 - Los Gaviones, 1998); adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

**Fundación del gavión:** Una vez aprobada la excavación y adecuación del terreno, se deberá conformar la pendiente de cabeceo hacia adentro de la estructura con una inclinación máxima del 5%, a menos que los planos o la Interventoría indiquen algo diferente. Previo a la colocación y armado de las canastas de los gaviones, el suelo de fundación debe estar adecuadamente conformado, libre de materiales sueltos y orgánicos.

**Armado de la canasta:** La canasta, armada con la malla gavión, debe estar formaleteada sobre el suelo de fundación o sobre los otros gaviones ya construidos y amarrada a las demás mallas de gaviones con alambre, de iguales características, para evitar deformaciones del gavión durante su construcción.

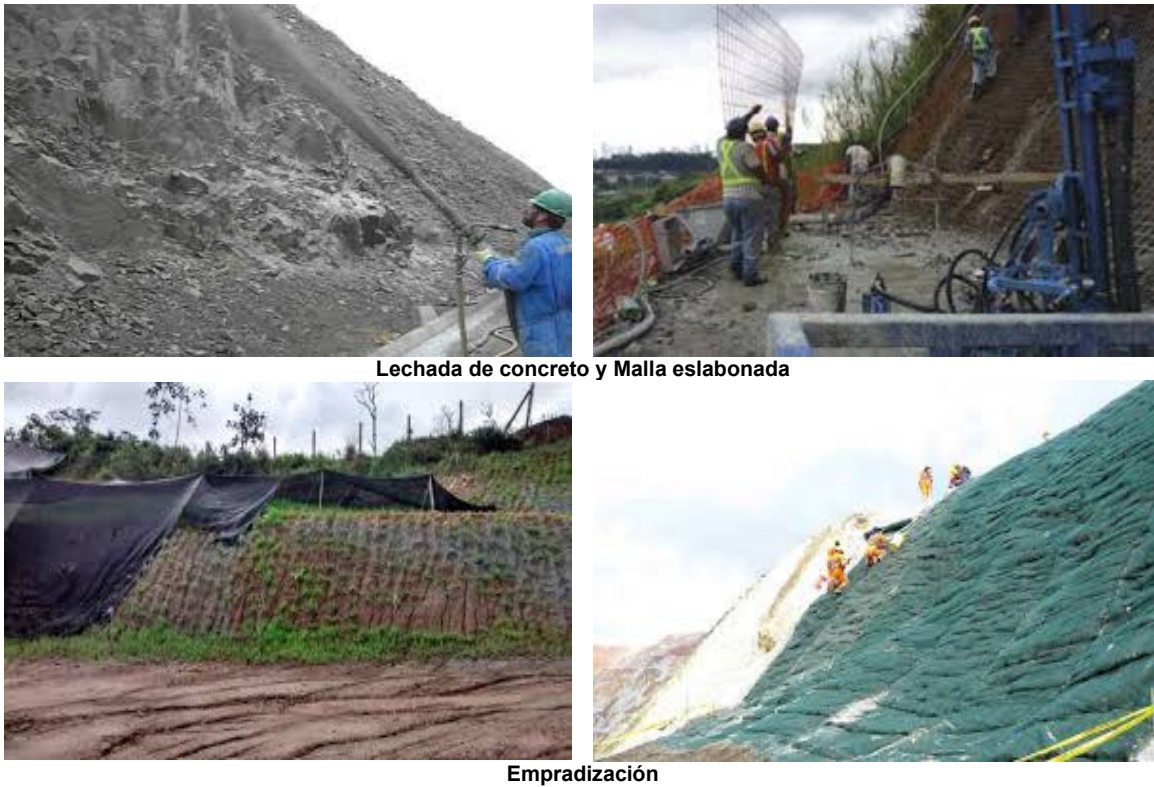
**Colocación de gaviones en sacos suelo- cemento:** En caso de utilizar gaviones en sacos suelo – cemento se debe compactar adecuadamente los sacos, los cuales podrán ser en fique y nuevos.

**Costuras y tirantes:** Tanto las aristas verticales como las horizontales de cada gavión, deberán amarrarse firmemente con las correspondientes de los gaviones adyacentes.

◆ Medidas de protección superficial

Tienen como objetivo el reducir el riesgo a caída de rocas, la estabilización de zonas fracturadas mediante la aplicación de mallas metálicas a doble o triple torsión, ancladas a las rocas, la eliminación de bloques mediante voladura controlada, cemento expansivo, fragmentación mediante martillo picador, eliminación manual mediante palancas y la revegetación y aplicación de mallas sintéticas escenarios presentados en la **Figura 2.2.2-80**.

**Figura 2.2.2-80 Medidas de protección superficial**



Lechada de concreto y Malla eslabonada

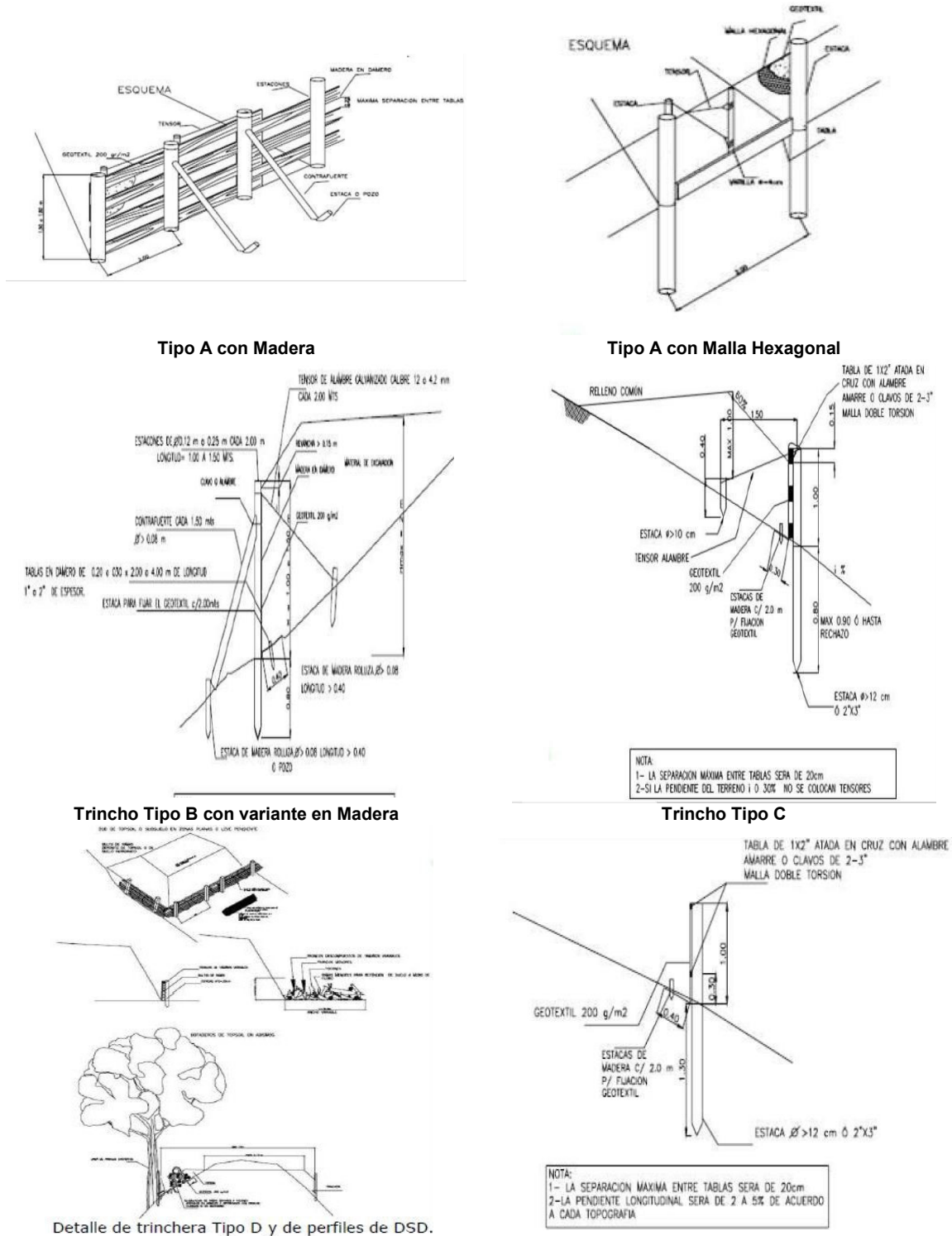
Empradización

Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

◆ Trinchos

Los trinchos son estructuras que cuyo objetivo es el sedimentar y contener el material de excavación que, por las condiciones topográficas y la lluvia, pueda rodar por los taludes durante la construcción de una obra o de servir de protección de los cuerpos de agua. Los trinchos se pueden construir con madera, con estructura metálica, mediante el uso de Geosintéticos o con sacos en material biodegradable rellenos con mezcla de suelo. De acuerdo con las características del terreno y con las necesidades de los diseños, pueden actuar de manera temporal o permanente. En la mayoría de los casos, los trinchos van siguiendo una curva de nivel y su forma puede ser en L, en U o en V (Figura 2.2.2-81).

Figura 2.2.2-81 Tipo de trinchos



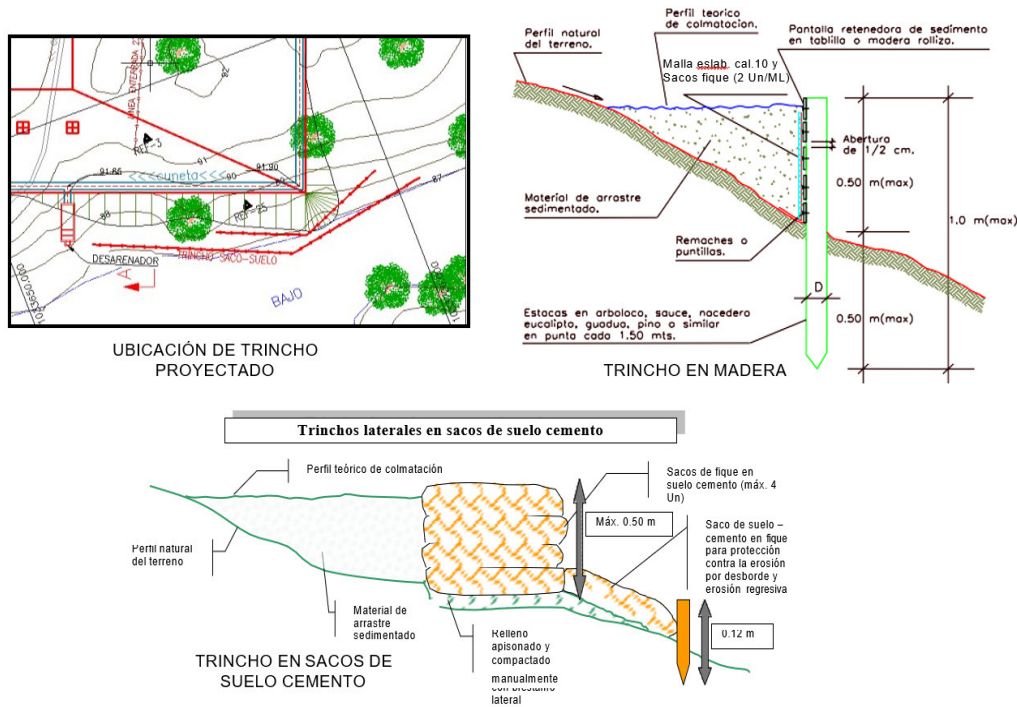
Fuente: ECOPETROL S.A - EDP-ET-221 especificación Técnica de Construcción para Suministro y Construcción de Trinchos y Barreras con Geotextil, 2017; adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)



La longitud de los trinchos, la disposición y el espaciamiento, entre otros, estará de acuerdo con lo indicado en los planos de diseño respectivos y serán presentados dentro de los respectivos Planes de Manejo Ambiental Específicos asociados a la construcción de locaciones y/o de líneas de flujo. Pero en términos generales deben seguir las siguientes recomendaciones:

- Hincar o instalar los estacones a lo largo del trincho y dejarlos enterrados como mínimo 60 u 80 cm de su longitud, dependiendo del tipo de trincho a construir.
- Una vez hincados los estacones, se fijarán a éstos tablas como elementos de contención.
- Los sacos de suelo se construyen con sacos en material biodegradable con mezcla de suelo proveniente de la excavación se mezcla en una relación de 1 parte de cemento por 4 partes de suelo clasificado y se colocan sobre un área descapotada y afirmada trenzados hasta una altura de 0,6 m del nivel existente (**Figura 2.2.2-82**).
- Por ningún motivo se deben ejecutar talas de zonas de bosque para la obtención de estacones como único fin y sin licenciamiento previo

**Figura 2.2.2-82 Ubicación y sección de Trinchos**



Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

### • Operación de maquinaria y equipos

Las diferentes actividades asociadas a la adecuación de áreas de intervención, construcción de infraestructura, y posterior mantenimiento de las mismas requiere el uso de una variedad de equipos y maquinaria especializada que puede ser, entre otros, la siguiente: grúas, retroexcavadoras, cargadores frontales, montacargas, rodillos compactadores (Vibrocompactadores), camiones, volquetas, carretanques y de igual manera el equipo de equipos menores según la actividad a ejecutar (i.e: constructiva, mecánica, soldadura, medición, nivelación, entre otros). Ejemplos de maquinaria a utilizar para el desarrollo de esta estrategia se presentan y reúnen en la **Figura 2.2.2-83**.



Figura 2.2.2-83 Ejemplos de maquinaria a utilizar



Fuente: <https://es.vecteezy.com/arte-vectorial/>; adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

Adicionalmente se incluye el transporte del personal, equipos, materiales y maquinarias necesarios para el desarrollo de las actividades. El transporte a utilizar será de tipo terrestre, el cual se realizará en vehículos que cumplan con las necesidades de los objetos a transportar, dentro de los cuales se pueden utilizar tracto camiones cama baja o cama alta, volquetas de hasta 20 m<sup>3</sup> de capacidad, camiones 350 o turbos (materiales y equipos), para el caso del personal este será transportado en busetas, vans y camionetas 4x4, dichos vehículos se movilizarán por las vías que se identificaron dentro del área de intervención asociada al proyecto

- **Otras actividades**

Como se señalaba al comienzo del ítem Métodos constructivos, se tienen otra serie de actividades que si bien no son parte del proceso constructivo, son complementarias a este proceso, en este sentido se contemplan actividades preoperativas, desmantelamiento y abandono, y finalmente actividades transversales la relación de este compendio de actividades se listan en la **Tabla 2.2.2-31** mientras la descripción de las mismas y en aras de no ser repetitivos en la información presentada se encuentran descritas de manera general en la **Tabla 2.2.2-2**.

**Tabla 2.2.2-31 Actividades preoperativas; desmantelamiento, abandono y restauración; y actividades trasversales**

ETAPA	SUBETAPA	ESTRATEGIAS DE DESARROLLO ASOCIADAS	ACTIVIDAD (***)	ID
PRE-OPERATIVA (**)		Aplica para la ejecución de todas las estrategias que involucren la construcción, adecuación y/o mantenimiento de infraestructura	Gestión social y participación comunitaria e institucional	A1
			Adquisición de predios y derechos de servidumbre	A2

ETAPA	SUBETAPA	ESTRATEGIAS DE DESARROLLO ASOCIADAS	ACTIVIDAD (***)	ID
DESMANTELAMIENTO, ABANDONO Y RESTAURACIÓN (**)		Aplica para la ejecución de todas las estrategias de desarrollo	Desmantelamiento de instalaciones, retiro de infraestructura, equipos y salida del área	A42
			Cierre de piscinas y abandono de áreas para manejo de lodos y cortes de perforación	A43
			Cierre y abandono del pozo y contrapozo	A44
			Desmante y demolición de infraestructura	A45
			Limpieza de áreas	A46
			Reconformación del terreno, empradización y/o revegetalización	A47
			Cierre de compromisos sociales y ambientales	A48
ACTIVIDADES TRANSVERSALES (**)		Aplica para la ejecución de todas las estrategias de desarrollo	Transporte del material, equipo, maquinaria, insumos y personal	A49
			Manejo de Productos químicos y combustibles	A50
			Contratación de mano de obra, bienes y servicios	A51
			Instalación y operación de campamentos temporales	A52
			Generación de energía temporal y uso de combustibles	A53
			Captación, transporte, almacenamiento y distribución de agua superficial y/o subterránea para uso doméstico e industrial	A54
			Manejo, tratamiento y disposición final de agua residual doméstica e industrial	A55
			Manejo y disposición de residuos sólidos domésticos, industriales y especiales	A56
			Transporte helicoportado	A57
			Reubicación de infraestructura de servicios públicos	A58
<p>Nota (**): Las etapas: preoperativa; desmantelamiento, abandono y restauración; y transversal no hacen parte de estrategias específicas, pero se deben considerar ya que agrupan actividades que son necesarias y complementarias de ejecución para el desarrollo de las diferentes estrategias a desarrollar dentro del presente EIA</p> <p>Nota (***): Para cada una de las etapas y estrategias asociadas se listan las actividades generales a ejecutar, pero es de señalar que no necesariamente para cada una de las estrategias asociadas se deben realizar la totalidad de las actividades listadas.</p>				

Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

- **Instalaciones de apoyo**

Las actividades a desarrollar se ejecutarán en áreas que sean objeto de intervención, en este orden de ideas se emplearán carpas modulares en estructura metálica armable, cubierta en tela de poliéster recubierta de PVC resistente al agua y al sol y/o contenedores metálicos, que servirán como puesto de trabajo para el ingeniero y profesional HSE; el almacenamiento de materiales que requieran estar protegidos del agua y/o el sol serán dispuestos en áreas acondicionadas para este fin; se contará con un “punto ecológico” donde se localizarán las canecas para la disposición de residuos; de igual manera se contará con baños temporales y un sitio de descanso para los trabajadores, adicionalmente se habilitará una zona demarcada para el parqueo de maquinaria.

No se contempla la instalación de talleres, pero de ser necesario, el mantenimiento menor de maquinaria y/o equipos este se podrá realizar en el sitio, en el caso de intervenciones de mayor complejidad se realizarán en talleres cercanos al área (i.e: cabecera municipal de Cumaral, Restrepo, Villavicencio, entre otras). En la **Figura 2.2.2-84** se presentan algunos ejemplos de diferentes tipos de instalaciones de apoyo a emplear.

Figura 2.2.2-84 Tipos de diferentes instalaciones de apoyo



Fuente: Autor (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

Fuente: <https://www.multycasetas.com/wp-content/uploads/2015/08/residencia-de-obra-05.jpg>;  
Adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)



Fuente: Autor (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

#### ➤ Volumen estimado de cortes y rellenos

El proceso de construcción de nuevos clústeres existentes se realizará por medio de excavaciones y conformación de rellenos que definen la ejecución de la actividad identificada como Movimiento de tierras (excavación, cortes y rellenos) (A6) que hace parte del proceso constructivo. El desarrollo de la actividad mencionada busca en lo posible, si las características físicas y geomecánicas de material son adecuadas para su uso, mantener una compensación en el movimiento de tierras (Material de excavación = Material de relleno), de manera que se minimice o se reduzca significativamente el volumen de material sobrante de excavación a ser dispuesto en tanto en las –ZODME – contempladas como parte integral de cada locación como en aquellas que serán objeto de solicitud para el Área de Desarrollo Llanos 141 y que encuentran habilitadas y disponibles al momento de realizar las excavaciones (hasta dos (2) zonas (ZODME) cuya extensión en conjunto suma hasta las ocho (8 ha) a solicitar).

Los volúmenes estimados de los movimientos de tierra asociados a construcción de hasta veinticinco (25) nuevos clústeres y hasta 6 plataformas para pozos NFE se relacionan en la **Tabla 2.2.2-32**.

**Tabla 2.2.2-32 Volúmenes de movimiento de tierra estimados para la ampliación de clústeres existentes**

Tipo de actividad	Locaciones proyectadas	Área máxima por Locación (ha)	Área total a solicitar para esta estrategia (ha)	Área total a solicitar para esta estrategia (m <sup>2</sup> )	Espesor Descapote (m)	Espesor promedio excavación (m)	Espesor afirmado y relleno (m)	Volumen Descapote (m <sup>3</sup> )	Volumen Excavación (m <sup>3</sup> ) (*)	Volumen Afirmado y relleno (m <sup>3</sup> )
Construcción de Locaciones	10	5,00	50,00	500000,00	0,20	1,50	2,00	100000,00	750000,00	1000000,00

**Nota general:** Las cantidades presentadas son estimadas y se ajustarán en función de los diseños presentados en los PMAE con base en las especificaciones técnicas que apliquen

**Nota (\*):** Se estima que del volumen total de excavación se contempla reutilizar hasta el 60% del material y hasta un 40% del mismo podrá ser dispuesto en las ZODME autorizadas

Fuente: Autor (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

Como se aprecia en la tabla anterior, el volumen total de excavación 2.610.000,00 m<sup>3</sup> es menor que el requerido para la conformación de rellenos 3.480.000,00 m<sup>3</sup> lo que permite señalar que no se podrá manejar una compensación de materiales pero que si se podría aprovechar la totalidad o gran parte del material de excavación (se contempla reutilizar hasta el 60% del material). sí y solo si, las características físicas y geomecánicas de material son adecuadas para su uso, lo cual será definido en el momento de la realización de los diseños específicos para cada clúster y presentados en los respectivos PMAE donde se considere la ejecución de esta.

➤ **Asentamientos humanos e infraestructura social, económica y cultural a intervenir**

Las actividades a desarrollar al ser de carácter puntual generan un bajo impulso en el marco social El proyecto para el Área de Desarrollo Llanos 141 determinó una Zonificación de Manejo Ambiental -ZMA- a partir de la cual se proyectaría la ubicación de las diferentes estrategias de desarrollo en función de las exclusiones y/o condiciones que esta ZMA establece; en este sentido, los asentamientos humanos no serían intervenidos con ocasión del proyecto. Sin embargo, en función de las condiciones que desde el diseño se visualizan, de los procesos y métodos constructivos y demás premisas para la intervención en el área con las diferentes estrategias de desarrollo y sus actividades particulares, enmarcado siempre en la Jerarquía de la Mitigación (como enfoque estratégico para abordar los impactos ambientales desde la prevención y minimización de estos), es factible la intervención en áreas que cuenten con algún tipo de infraestructura social que pueda ser trasladada o construida de nuevo prestando el servicio para el cual fue inicialmente concebida (v.g aljibes y/o pozos profundos). Por su parte, las unidades familiares que eventualmente presenten algún tipo de afectación, con ocasión de las actividades del proyecto, serían objeto de un traslado temporal que no implica la reubicación de la unidad familiar.

En virtud de lo anterior, se reitera que los asentamientos humanos no serán objeto de intervención y que en todos los casos (y para todas las estrategias de desarrollo contempladas) en el presente EIA se incluye, como parte del Programa de Compensación Social, la ficha de Manejo de la infraestructura social potencialmente afectada, cuyo objetivo es el de “Garantizar el restablecimiento de infraestructura social afectada por las estrategias de desarrollo del proyecto” y para ello cuenta las acciones tendientes a implementar las medidas necesarias para que la infraestructura social y comunitaria eventualmente afectada sea restablecida.

➤ **Fuentes de emisiones atmosféricas que se generarán en cuanto a gases o partículas**

Las emisiones atmosféricas (gases, material particulado y ruido ambiental) son consideradas en la evaluación de impactos ambientales con ocasión del proyecto; en este sentido, fueron identificados



y evaluados los impactos “Alteración a la calidad del aire[1]” y “Alteración en los niveles de presión sonora[2]” y, en consecuencia, se planteó en el presente EIA el Programa de manejo del recurso aire con las correspondientes fichas de manejo de fuentes de emisiones atmosférica y manejo de fuentes de ruido, cuyos objetivos son:

- Establecer las medidas de manejo ambiental que permitan prevenir y mitigar las emisiones de contaminantes a la atmósfera, que se puedan generar por el desarrollo del proyecto.
- Implementar las acciones de manejo para los impactos asociados a la calidad de aire mediante el control de material particulado y emisiones en fuentes móviles y fijas que así lo requieran.

En virtud de lo anterior, las fichas propenden, entre otros, por el uso de maquinaria con bajas emisiones (con motores modernos, eficientes y mantenidos que cumplen con las normativas en materia de emisión y ruido); por la implementación de sistemas de reducción de emisiones (como catalizadores, filtros u otros que sean técnica y económicamente viables y permitan disminuir la cantidad de gases emitidos); sistemas y/o programas de riego para el control de material particulado, en conjunto con barreras y/o cubiertas que eviten la dispersión; barreras acústicas, maquinarias con niveles de ruido reducidos, entre otros.

#### ➤ **Emisiones de ruido por fuentes fijas o móviles**

Las emisiones atmosféricas (gases, material particulado y ruido ambiental) son consideradas en la evaluación de impactos ambientales con ocasión del proyecto; en este sentido, fueron identificados y evaluados los impactos “Alteración a la calidad del aire[1]” y “Alteración en los niveles de presión sonora[2]” y, en consecuencia, se planteó en el presente EIA el Programa de manejo del recurso aire con las correspondientes fichas de manejo de fuentes de emisiones atmosférica y manejo de fuentes de ruido, cuyos objetivos son:

- Controlar y atenuar los niveles de presión sonora generada durante todas las etapas del proyecto con el fin de no aportar más niveles de ruido de los ya registrados en línea base.

En virtud de lo anterior, las fichas propenden, entre otros, por el uso de maquinaria con bajas emisiones (con motores modernos, eficientes y mantenidos que cumplen con las normativas en materia de emisión y ruido); por la implementación de sistemas de reducción de emisiones (como catalizadores, filtros u otros que sean técnica y económicamente viables y permitan disminuir la cantidad de gases emitidos); sistemas y/o programas de riego para el control de material particulado, en conjunto con barreras y/o cubiertas que eviten la dispersión; barreras acústicas, maquinarias con niveles de ruido reducidos, entre otros”.

#### ➤ **Estimativos de maquinaria, equipos y mano de obra**

El requerimiento de Maquinaria, equipos y personal estos son similares a los presentados en el literal  **Estimativos de maquinaria, equipos y mano de obra**, descritos dentro de la Estrategia de Desarrollo **Construcción de nuevas vías** del presente Estudio de Impacto Ambiental.

En lo referente a la mano de obra requerida es necesario contar con una cantidad de cuarenta y seis (46) personas distribuidas entre mano de obra formada y no formada, cantidad que podrá variar de acuerdo con los requerimientos del proyecto. En la **Tabla 2.2.2-33** se relaciona el personal estimado para la construcción de la locación y vía asociada. La cantidad de personal es estimada y podría variar según el proyecto a ejecutar, por imprevistos en el desarrollo de las obras o variación de las condiciones del entorno, entre otros casos.



**Tabla 2.2.2-33 Personal requerido para la construcción de locaciones**

Actividad	Cargo	Cantidad	Mano de obra
ADMINISTRACIÓN Y HSE	Director de obra	1	Director de obra
	Ingeniero Civil, residente general de obra	1	Ingeniero Civil, residente general de obra
	Profesional HSE / Social / Seguridad industrial	1	Profesional HSE / Social / Seguridad industrial
REPLANTEO Y CONTROL TOPOGRÁFICO	Topógrafo	2	Profesional
	Cadenero	4	No Profesional
	Estaquero o ayudante	4	No Profesional
OBRAS CIVILES ASOCIADAS A LA CONSTRUCCIÓN DE CLÚSTERES	Ingenieros	2	Profesional
	Maestro de obra	2	Profesional
	Oficiales	4	Profesional
	Obreros	16	No Profesional
MOVIMIENTO DE TIERRAS Y COMPACTACIÓN	Operador retroexcavadora	2	Profesional
	Operador motoniveladora	1	Profesional
	Operador compactador	1	Profesional
MOVILIZACIÓN Y ACARREO	Conductor Volquetas	2	Profesional
	Conductor carro-tanques	1	Profesional
	Conductor camionetas	2	Profesional
<b>CANTIDAD APROXIMADA</b>		<b>46</b>	

Nota: El personal indicado es estimado, el número dependerá de los requerimientos propios del proyecto y de la actividad específica que se lleve a cabo. Por tal razón, el personal podrá variar según lo presentado  
Fuente: Autor (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

➤ **Duración de las obras, etapas y cronograma de actividades**

A continuación, en la **Tabla 2.2.2-34** y **Tabla 2.2.2-35** se presentan las fases de desarrollo del campo en las que se contempla la perforación de pozos y la duración de las actividades a desarrollar durante el proceso de perforación para un pozo de producción tipo.

**Tabla 2.2.2-34 Fases de desarrollo del campo en donde se contempla la construcción de Locaciones**

ID	ESTRATEGIA DE DESARROLLO	CICLO ASOCIADO AL DESARROLLO DEL CAMPO	ED	ESTRATEGIAS DE DESARROLLO	CANTIDADES A SOLICITAR	CANTIDADES PROYECTADAS POR FASE	0			1																
							EXPLORACIÓN			DESARROLLO - PRODUCCIÓN																
							ANOS																			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15												
1	Vías de acceso al área y locaciones	Estrategias asociadas a la producción de hidrocarburos	ED3	Construcción de locaciones	Cantidad: hasta 10 Locaciones	Hasta 2 Locaciones Hasta 8 Locaciones																				

Nota (\*): A partir de concluida la construcción, las fases siguientes corresponderán a la operación asociada a este tipo de infraestructura  
Fuente: ECOPEPETROL S.A., 2023; adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

**Tabla 2.2.2-35 Duración estimada para la construcción de una locación**

Estrategia de desarrollo	Actividades	SEMANA								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Construcción locaciones nuevas	Localización y replanteo									
	Desmonte, descapote, rocería y limpieza									
	Cuneteo, extendido, nivelación y compactación									
	Movimiento de tierras (excavación, cortes y rellenos)									
	Construcción de obras para cruces de drenajes (ocupaciones de cauce)									
	Obras para manejo de drenajes, aguas superficiales y aguas aceitosas									
	Construcción de estructuras en concreto									
	Estabilización y revegetalización de taludes									
	Construcción e instalación de estructuras metálicas y/u otros materiales									
Operación de maquinaria y equipos										

Nota (\*): Tiempos estimados que podrán variar en función de las necesidades y condiciones del proyecto  
Fuente: ECOPEPETROL S.A., 2023; adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

### ➤ **Actividades de mantenimiento**

Las actividades de mantenimiento comprenderán a las labores correspondientes a mantener en buen estado y asegurar la integridad funcional y operativa de los diferentes elementos que hacen parte de la locación; en este orden de ideas, las actividades a ejecutar estarán definidas en dos componentes principales, el primero enfocado en la ejecución de labores que cobijaran las obras civiles sobre plataforma, placas, obras para manejo de aguas lluvias y aceitosas, cerramiento, entre otros) en las que la intervención estará enfocada en la limpieza, reparación y o remplazo de elementos constitutivos de las estructuras mencionadas anteriormente; y el segundo cobijara el mantenimiento y/o remplazo de equipos (i.e: eléctricos, mecánicos) que se encuentren al interior de cada locación.

El mantenimiento se realizará de manera programada y será definido en función de manera individual para cada locación en función de las características propias del mismo y será reportado vía ICA.

### ➤ **Desmantelamiento y restauración de áreas intervenidas**

El abandono del área implica el retiro de la infraestructura instalada de las áreas de intervención asociadas a la presente estrategia de desarrollo que en este caso corresponden a la zona donde se realizaran las actividades asociadas a la construcción de clústeres, así como áreas al interior de estos y en donde se realice algún tipo de actividad asociada a esta estrategia según lo definido en los respectivos diseños que se generen para la ampliación de cada clúster.

Una vez realizadas las labores de limpieza, para las áreas cuyo material no vaya a ser reutilizado se procederá a la recuperación del área intervenida mediante su revegetalización y/o reforestación ya sea con siembra de árboles con especies propias de la zona, inducción de la revegetalización natural o serán entregadas a las comunidades aledañas.

Los procedimientos para la recuperación del área intervenida serán los siguientes:

- Retiro de infraestructura instalada.
- Recolección de todos los residuos sólidos y disposición adecuada.
- Restauración morfológica del área de ubicación de los clústeres.

Se revisarán los drenajes y se asegurará que no estén taponados. En las zonas donde se hayan instalado alcantarillas se evaluará la opción de retirarlas dejando un canal abierto en el lugar donde éstas se encontraban. Estas actividades se presentan de forma detallada en el Capítulo 10 Plan de Desmantelamiento y Abandono, del Estudio de Impacto Ambiental Área de Desarrollo Llanos 141.

### ➤ **Impactos ambientales asociados**

Los impactos generados por el desarrollo de estas subactividades se presentan en el Capítulo 5, Evaluación Ambiental, del presente documento.

#### **2.2.2.2 Perforación y operación de pozos**

Dentro de esta subetapa se reúnen la ejecución de las estrategias de desarrollo asociadas a la perforación de diferentes tipos de pozos (según su objetivo); en este sentido se consideran cuatro (4) estrategias de desarrollo enfocadas en la Perforación de pozos productores, Perforación de pozos de inyección de agua para recobro, Perforación de pozos Disposal y la Perforación de pozos Near Field Exploration -NFE-. Las estrategias agrupadas se listan a continuación en la **Tabla 2.2.2-36**.

**Tabla 2.2.2-36 Estrategias de desarrollo contempladas dentro de la subetapa de Perforación y operación de pozos**

Estrategias Definidas en los HI-TER-1-03	ID	Estrategias de desarrollo
Perforación de pozos	ED4	Perforación de pozos productores
	ED5	Perforación de pozos de inyección de agua para recobro
	ED6	Perforación de pozos Disposal
	ED7	Perforación de pozos Near Field Exploration -NFE-

Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

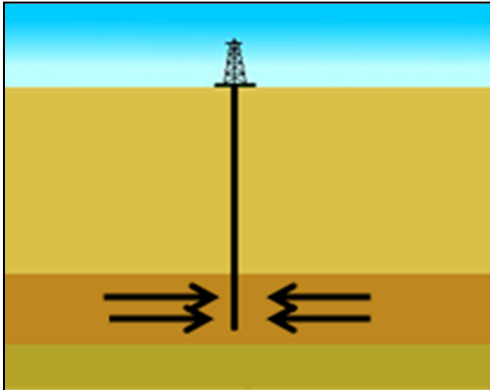
### 2.2.2.2.1.1 Perforación de pozos productores (ED4)

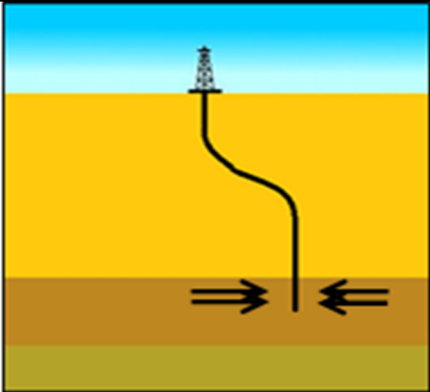
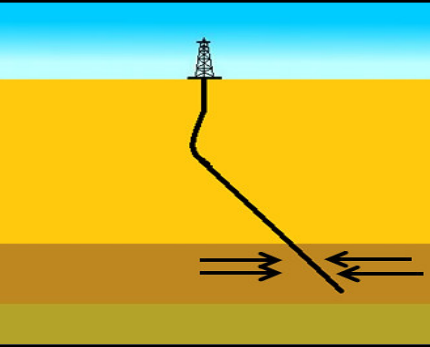
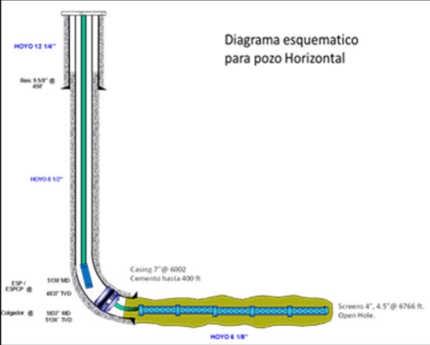
La perforación realizada en el subsuelo, con el objetivo de hallar o extraer fluidos de interés (petróleo, agua y gas), se le conoce como pozo; esta se lleva a cabo en un sitio donde bajo investigación geológica, se propone la localización de posibles acumulaciones de hidrocarburos en diferentes yacimientos, en donde se realiza la exploración y posterior posible desarrollo. Esta actividad aplica para pozos inyectoros y/o pozos productores.

El tipo de perforación utilizado convencionalmente es la perforación rotacional, la cual tiene dos características principales, la rotación y la circulación del fluido de perforación o mejor conocido como lodo, este fluido al ser inyectado tiene las siguientes funciones, remover los cortes de perforación hasta la superficie, enfriar y lubricar la broca, transmitir potencia hidráulica a la broca, soportar las paredes del pozo para evitar su derrumbe, evitar la invasión de fluidos de la formación hacia el pozo y viceversa, crear un medio adecuado para la toma de registros eléctricos, mantener los sólidos en suspensión durante los viajes y las conexiones, evitar la filtración en las formaciones productoras creando un revoque (cake) de baja permeabilidad, soportar parte del peso de la tubería que baja al pozo y del revestimiento, proporcionar la mayor información sobre las formaciones perforadas, y ayudar a controlar la presión en superficie y la corrosión.

La perforación de los pozos podrá seguir diferentes trayectorias, en caso de que las condiciones de la perforación y redefinición de objetivos así lo ameriten; por lo tanto, al sistema de perforación se le puede incorporar la tecnología direccional para la desviación requerida de los pozos (**Tabla 2.2.2-37**), durante el desarrollo de la perforación se tomarán registros eléctricos, los cuales ayudarán a diferenciar los tipos de formación por donde está pasando la broca, al igual que las características físicas tales como densidad, porosidad y contenidos de agua, aceite y gas.

**Tabla 2.2.2-37 Clasificación de pozos según su trayectoria**

CLASIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN	FIGURA
Vertical	Son aquellos pozos cuya desviación vertical se mantiene a ángulos de valores muy pequeños, llevando el control de la desviación de la verticalidad del hoyo durante la perforación.	

CLASIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN	FIGURA
Direccional tipo S	Son aquellos cuya trayectoria ha sido desviada para alcanzar un objetivo determinado. Estos pozos inician su desviación casi desde superficie manteniendo una inclinación, seguido de una reducción del ángulo de desviación para volver a la vertical y llegar al objetivo.	
Direccional tipo J	Son aquellos cuya trayectoria ha sido desviada para alcanzar un objetivo determinado. Son pozos con desviación tangencial relativamente alta, manteniendo esta hasta el objetivo; comienza a desviarse a mayores profundidades que los pozos tipo S.	
Horizontales	Pozos perforados horizontalmente o paralelos a los planos de estratificación de un yacimiento con la finalidad de tener mayor área de producción. También se denominan pozos horizontales aquellos con un ángulo de inclinación no menor de 86° respecto a la vertical. La longitud de la sección horizontal depende de la extensión del yacimiento y del área a drenar en el mismo. La finalidad de perforar este tipo de pozos es apuntar a unidades de flujo que por los patrones de inyección de los pozos verticales no han podido ser drenados.	 <p>Diagrama esquemático para pozo Horizontal</p>

Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

La perforación de los pozos corresponde a pozos direccionales realizados de manera convencional, para su desarrollo se tiene proyectado la utilización de un equipo que se encuentra entre 1000 y 3.000 HP y una profundidad hasta de 18000 ft, se empleará lodo base-agua. Una vez alcanzada la profundidad del objetivo establecido, se llevarán a cabo trabajos complementarios (limpieza y completamiento) con el fin de realizar las pruebas de producción requeridas.

Para la ejecución de esta Estrategia es necesaria la realización de actividades asociadas a las siguientes Estrategias de Desarrollo, mientras la descripción de cada una de estas se consigna en el respectivo literal:

- Adecuación, mantenimiento y/o ampliación de vías existentes (Estrategia de Desarrollo ED1)
- Construcción de nuevas vías (Estrategia de Desarrollo ED2)
- Construcción de Locaciones (Estrategia de Desarrollo ED3)
- Construcción y operación de líneas de flujo (Estrategia de Desarrollo ED9)

➤ **Cantidades requeridas para el Área de Desarrollo Llanos 141**

Se solicita la perforación de pozos hasta cincuenta (50) pozos productores, los que podrán perforarse para operar como productores o inyector y estarán ubicados en un máximo hasta de cinco (5) pozos por Locación, pero sin superar el máximo número de pozos a perforar (**Tabla 2.2.2-38**).

**Tabla 2.2.2-38 Cantidad de pozos productores a perforar**

Tipo de actividad	Numero de pozos a perforar
Perforación de pozos productores	Hasta 50 pozos, que podrán localizarse en un máximo de hasta 5 pozos por Locación sin superar la cantidad total de pozos a solicitar

Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

Los fluidos mencionados hacen referencia a aquellos extraídos durante las pruebas y evaluaciones del pozo, que generalmente tienen contenidos no solamente de crudo, sino de sedimentos, agua y gas.

De acuerdo con los fluidos extraídos en pozos de la región, se definen preliminarmente unas características y propiedades, según se indica en la **Tabla 2.2.2-39** para el crudo, en la **Tabla 2.2.2-40** para el gas y en la **Tabla 2.2.2-41** para el agua.

**Tabla 2.2.2-39 Propiedades Esperadas del Crudo**

Propiedad	Valor / rango
Gravedad API	7 – 9
Viscosidad a 86°F	390 577 cP
Asfaltenos	15 %w
Carbón Conradson	18.57 %w
Azufre	3.4 %w
Níquel	121.26 ppm
Vanadio	525.95 ppm
Sodio	95 ppm
NN (mg KOH/g)	0.164
Ceras	2.1 %w
Punto de chispa	30-85°F
Punto de burbuja @ 186 °F	622 Psia
Corte de agua	10 – 30 % Vol
Agua Libre	50 – 70 % Vol
Agua Emulsionada	10 – 20 % Vol
GOR @ Cond. Estándar (14.7 psia & 60°F)	50-300 SCF/STB

Fuente: PLAN DE MANEJO AMBIENTAL POZO EXPLORATORIO LORITO-1; adaptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

**Tabla 2.2.2-40 Propiedades Esperadas del Gas**

Propiedad		Valor / rango	
Peso Molecular		22.88	
Densidad @ P y T		0.229 lb/ft <sup>3</sup>	
Factor de compresibilidad @ P y T		0.9903	
Viscosidad @ P y T,		0.013 cP	
Poder Calorífico inferior @ P y T		348.000 BTU/lbmol	
Composición	Fracción molar	Composición	Fracción molar
Nitrógeno	0.022173	n-Decano	0.000153
CO2	0.130273	n-C11	0.000074
Metano	0.750876	n-C12	0.000048
Etano	0.044844	n-C13	0.000030
Propano	0.020172	n-C14	0.000013
i-Butano	0.006070	n-C15	0.000008
n-Butano	0.010618	n-C16	0.000004
i-Pentano	0.004367	n-C17	0.000002



Propiedad		Valor / rango	
Peso Molecular		22.88	
Densidad @ P y T		0.229 lb/ft <sup>3</sup>	
Factor de compresibilidad @ P y T		0.9903	
Viscosidad @ P y T,		0.013 cP	
Poder Calorífico inferior @ P y T		348.000 BTU/lbmol	
Composición	Fracción molar	Composición	Fracción molar
n-Pentano	0.003491	n-C18	0.000001
n-Hexano	0.003180	n-C19	0.000001
n-Heptano	0.002053	n-C20	0.000000
n-Octano	0.000660	Benceno	0.000195
n-Nonano	0.000362	Tolueno	0.000331

Fuente: PLAN DE MANEJO AMBIENTAL POZO EXPLORATORIO LORITO-1; adaptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

Tabla 2.2.2-41 Propiedades Esperadas del Agua

Parámetro	Valor	Parámetro	Valor
Temperatura °C	20	Cl mg/l	4455
pH	7,7	Sodio Na+ mg/l	2431
Resistividad ohm@25°C	0,73	Potasio K+ mg/l	154,6
Conductividad mS/cm@25°C	13,75	Calcio Ca++ mg/l	501,5
Sólidos Totales Disueltos mg/l	8540	Magnesio Mg++ mg/l	76,3
Salinidad mg/l NaCl	8048	Bario Ba++ mg/l	3,4
CO2 mg/l	< 10	Estroncio Sr++ mg/l	17,4
HCO3- mg/l	752	Hierro Fe++ mg/l	0,4
CO3-- mg/l	0	SiO2 mg/l	53,26
SO4-- mg/l	95	H2S mg/l	No detectado

Fuente: PLAN DE MANEJO AMBIENTAL POZO EXPLORATORIO LORITO-1; adaptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

### ➤ Equipos, maquinaria, sistemas y procesos de perforación

Los equipos con mayor incidencia dentro de una operación de perforación se pueden dividir en temporal o permanente, debido a su duración dentro de la operación, los mismos se listan en la

- Equipos de carácter temporal: Aquellos empleados en trabajos que por su naturaleza y necesidad se utilizarán una sola vez (ejemplo: preparación de fluidos de desplazamiento) o periódicamente (ejemplo: operaciones de cementación).
- Equipos de carácter permanente: Son aquellos involucrados directamente en la perforación.

Tabla 2.2.2-42 Equipos a utilizar para la perforación de pozos

TIEMPO	EQUIPO	ACCESORIOS
PERMANENTE	Equipo de levantamiento	Torre
		Piso de perforación
		Malacate
		Corona
		Bloque viajero
		Tambor de malacate
		Polea fija o viajera
		Gancho y brazos del elevador
		Línea de Izaje / Catline boom & Hoist Line
		Rampa de tubería /Pipe Ramp / V-Door
	Equipo de rotación	Mesa rotaria
		Buje principal
		Buje de manejo

TIEMPO	EQUIPO	ACCESORIOS
PERMANENTE	Equipo de rotación	Vástago de rotación
		Substituto de desgaste
		Buje del vástago
		Top Drive
		Kelly o cuadrante
		BHA o ensamblaje de pozo
	Equipo de circulación	Tanques de lodo
		Líneas de succión
		Bombas de lodo
		Línea de descarga
		Standpipe
		Unión giratoria
		Bombas centrífugas
		Generadores
	Equipo de potencia	Motores
		Tanques de combustible
		Tanques de lodo
	Equipo de perforación	Bombas de lodo
		Unidad de mando (Caseta del Perro)
		Sarta de perforación
		Motor de fondo (opcional)
		Tubería de perforación
		Collares de perforación
		Broca
	Equipo de control de reventones	Quemador
		Indicadores de flujo
		Indicadores de volumen en los tanques de lodo
		Indicadores de hueco lleno
		Preventoras:
		Preventora anular
		Arietes de tubería
		Arietes ciegos
		Arietes de corte
Línea de llenado		
Acumulador de presión - KOOMEY UNIT (Equipo que permite acumular presión para operar los componentes del BOP como preventoras, válvulas, reguladores y múltiple de distribución)		
Equipo de manejo y tratamiento de cortes y lodo	Zarandas	
	Desarenador	
	Deslimador	
	Mud cleaner	
Equipo de tratamiento de agua	Centrífugas	
	“Red fox” (agua residual doméstica)	
	Unidad de <i>Dewatering</i>	
Equipo de Control de Incendios o de Contingencias	Kit de muestreo para pruebas fisicoquímicas	
	Balanza	
Unidad de geología	Equipo de Control de Incendios o de Contingencias	
	Laboratorio	
	Área de Logging	
Unidad de perforación direccional	Área Well Site	
	Área de control del direccional	

TIEMPO	EQUIPO	ACCESORIOS
TEMPORAL	Equipo para corazonar	Broca de Corazonamiento Barril Interno Junta de cambio de rosca Junta de seguridad Martillo de perforación
	Equipo de cementación	Bombas de desplazamiento positivo Tanques de almacenamiento de cemento Cabeza de cementación Zapato guía o flotador Tapón de tope Tapón de fondo
	Equipo para toma de registro de pozo	Camión de registro Sondas de registro Herramientas para manipulación de equipos Unidad de Mudlogging (Cabina de Mudlogging, Sensores, equipos Recogemuestras) Motores de fondo Herramientas direccionales (Conjunto de herramientas que permiten orientar la perforación direccional y la toma de registros de dirección - inclinación & azimut y transmitir los datos a superficie)
	OTROS EQUIPOS	Colgador del revestimiento Equipo de soldadura Brocas, equipos de flotación Equipo para el transporte interno de material (cargador) y transporte externo para personal y carga


Fuente: ECOPETROL S.A., 2022; adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

- **Requerimiento de maquinaria**



La movilización del equipo de perforación para el presente proyecto usará cama-bajas y cama-altas, dependiendo de la carga a transportar movilizándose como se describió en el numeral **2.2.1.1.1 Vías de acceso al área**, del presente capítulo; en algunos casos puede requerirse el uso de tractocamiones para transportar carga extra dimensionada, adicionalmente para armar el equipo de perforación se utilizarán grúas. Antes de iniciar las labores todos los vehículos deben ser revisados tanto por el supervisor de la empresa como por el supervisor del taladro, con el respectivo seguimiento de HSE.

Es necesario contar como mínimo con un cargador y una grúa en la locación, como apoyo logístico; durante la perforación como apoyo logístico es recurrente tener a disposición una volqueta, una retroexcavadora y un carrotanque; el traslado de personal de staff y obreros debe realizarse en los vehículos que cuenten con todos los requerimientos de seguridad exigidos por Ecopetrol S.A. En la **Tabla 2.2.2-43** se listan la maquinaria requerida para la movilización durante la etapa de perforación.

**Tabla 2.2.2-43 Estimativo de la maquinaria requerida para movilizaciones y labores durante la etapa de perforación**

MAQUINARIA	CANTIDAD ESTIMADA	USO/FUNCIÓN	IMAGEN DE REFERENCIA
Grúa telescópica	1	Izaje de cargas, movimientos cortos de grandes equipos, armado de equipo de torre de perforación.	

MAQUINARIA	CANTIDAD ESTIMADA	USO/FUNCIÓN	IMAGEN DE REFERENCIA
Montacargas	1	Movilización de tubería, pequeños equipos y herramientas	
Winche (Carromacho)	1	Izaje de cargas y equipos medianos para su transporte en cama-baja y cama alta	
Cargador	1	Nivelación de zonas, movimiento de cargas densas e irregulares.	
Volqueta	2	Transporte de carga de escombros, residuos y materiales	
Retrocargador/retroexcavadora	1	Remoción de material, apertura de surcos y excavaciones	
Carrotanque	1	Transporte de sustancias líquidas en general	

MAQUINARIA	CANTIDAD ESTIMADA	USO/FUNCIÓN	IMAGEN DE REFERENCIA
Cama-baja	2	Transporte de equipos y maquinaria pesada, de gran dimensión y con centro de gravedad alto	
Cama-alta	2	Transporte de carga básica, materiales y equipos medianos	
Camioneta doble cabina y Busetas	Según estimación por parte de los contratistas de la perforación	Transporte de herramientas menores, equipos pequeños, personal y escolta de transporte de carga larga y ancha.	

Fuente: ECOPETROL S.A., 2022; adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

- **Sistemas de perforación**

Los equipos utilizados para la perforación de pozos se dividen en seis (6) sistemas básicos así: Potencia, levantamiento, rotación, sistema de circulación, sistema de control de pozo y sistema de guía y monitoreo. En la **Tabla 2.2.2-44** se describe los sistemas mencionados.

**Tabla 2.2.2-44 Descripción y función de los sistemas requeridos para la perforación**

Sistemas	Descripción
<b>Potencia</b>	La función del sistema de potencia es transmitir energía a todos los componentes del equipo que están realizando el trabajo. Por ejemplo, al mismo tiempo que suministra energía a la mesa rotaria para rotar y descender la broca, también suministra la energía requerida a las bombas de lodo, para poder circularlo por la tubería.
<b>Levantamiento</b>	Está compuesto por el malacate, cable de perforación, bloque de corona, bloque viajero, gancho, polea fija en el tope de la torre, polea móvil que sube y baja durante la operación, línea muerta, carrete de suministro de cable, cuñas, elevadores, indicadores de peso y torre de perforación. El principal punto de control de la perforación lo constituye el malacate, con enroscaado y tomos auxiliares de desenroscado en corona, cuenta con dos monturas para proporcionar la entrada de fuerza y un freno neumático. La función básica de este equipo es soltar o recobrar el cable de acero que sirve para bajar y sacar la sarta.
<b>Rotación</b>	Este sistema le transmite la rotación a la broca. Está conformado básicamente por un motor eléctrico de "corona" ("Top Drive") o una mesa rotaria los cuales se encargan de transmitirle directamente la rotación a la tubería de perforación. Las partes del sistema de rotación principales son una unión giratoria "SWIVEL": soporta el peso de la sarta de perforación y permite su rotación, un vástago de rotación "KELLY": primera sección de tubería después de la Swivel. Es un tubo de área transversal cuadrada o hexagonal, el buje del vástago "KELLY BUSHING": Pieza de igual sección transversal a la Kelly que le transmite torque y el buje maestro "MASTER BUSHING": Parte que contiene la Kelly Bushing y al mismo tiempo es contenido por la mesa rotaria.

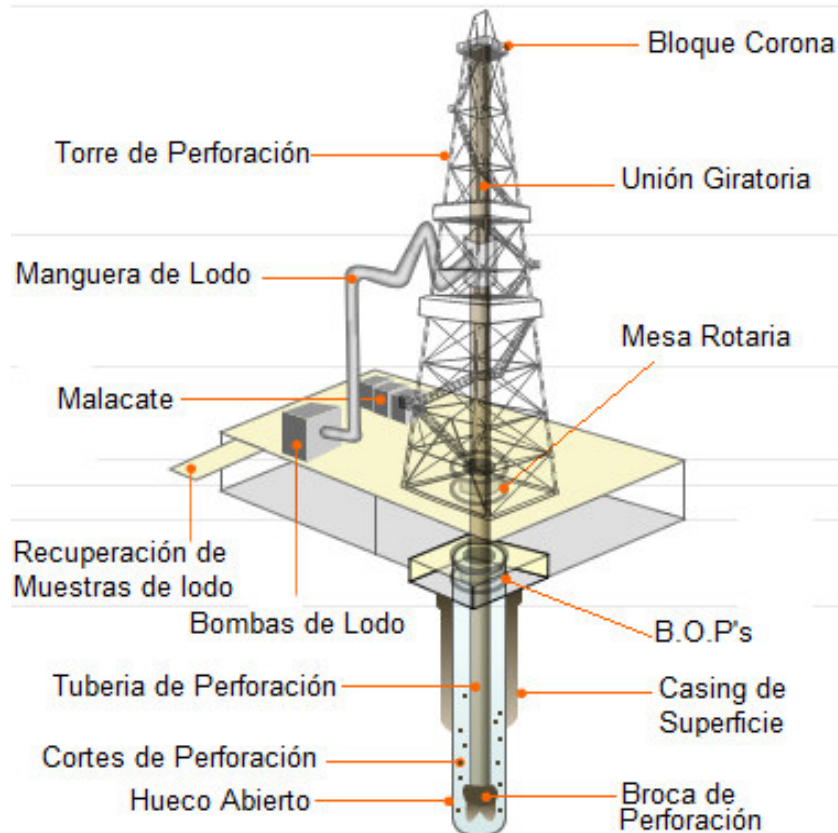


Sistemas	Descripción
<b>Sistema de circulación de fluidos de perforación</b>	<p>La principal función del sistema de circulación es mantener el fluido de perforación en un circuito cerrado (superficie – fondo del pozo – superficie). El fluido de perforación en un comienzo se encuentra almacenado en tanques metálicos para posteriormente ser succionado por las bombas de lodo (bombas triplex de desplazamiento positivo), que lo envía a la tubería de perforación a través de conexiones de alta presión ubicadas en superficie. De la tubería de perforación pasa a la broca y sale por las boquillas, para luego subir por el espacio anular entre la tubería de perforación y el hueco hasta superficie, arrastrando los cortes de perforación y por último pasar por el control de sólidos para su limpieza. El sistema de bombas triplex es el más usado, ya que se pueden obtener altas eficiencias volumétricas y son de fácil operación y mantenimiento.</p> <p>Para la perforación del pozo, se empleará lodo base agua, eventualmente se pueden utilizar lodos base aceite o nitrato de potasio sólo en el caso que se requiera.</p> <p>Otra unidad importante dentro del sistema de circulación es el sistema de control de sólidos, que se encarga de retirar tanto los sólidos de baja y alta gravedad específica, de acuerdo con las características que se deseen para el fluido de perforación (lodo pesado o no pesado). Está compuesto principalmente por: zarandas vibratorias, desarenador, deslimador y limpiador de lodo.</p>
<b>Sistema de control de pozo</b>	<p>Es un equipo de seguridad (BOP, Blow Out Preventer) ubicado en la superficie debajo de la subestructura, en caso de presentarse un amago de reventón (patada de pozo), este sellará y estrangulará la tubería si es necesario, impidiendo el paso de fluido del pozo hacia la superficie en forma abrupta. También permite circular el lodo por el anular para controlar el pozo, de tal forma que la formación de presión anormal sea controlada por el lodo con una densidad mayor, mediante procesos de ingeniería debidamente implementados.</p>
<b>Sistema de guía y monitoreo</b>	<p>Existen dos sistemas de monitoreo durante la operación de perforación, que son el operado por el perforador en los paneles especiales ubicados al lado de la mesa rotaria, y los medios en la caseta electrónica de registro de lodo. En dichos sitios se controlan parámetros como profundidad, rata de perforación, velocidad de la rotaria, torque de la rotaria, peso en el gancho, presión de la bomba, densidad del lodo, tasa de bombeo, temperatura de lodo, gas en el lodo, gas libre, entre otros.</p>

Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

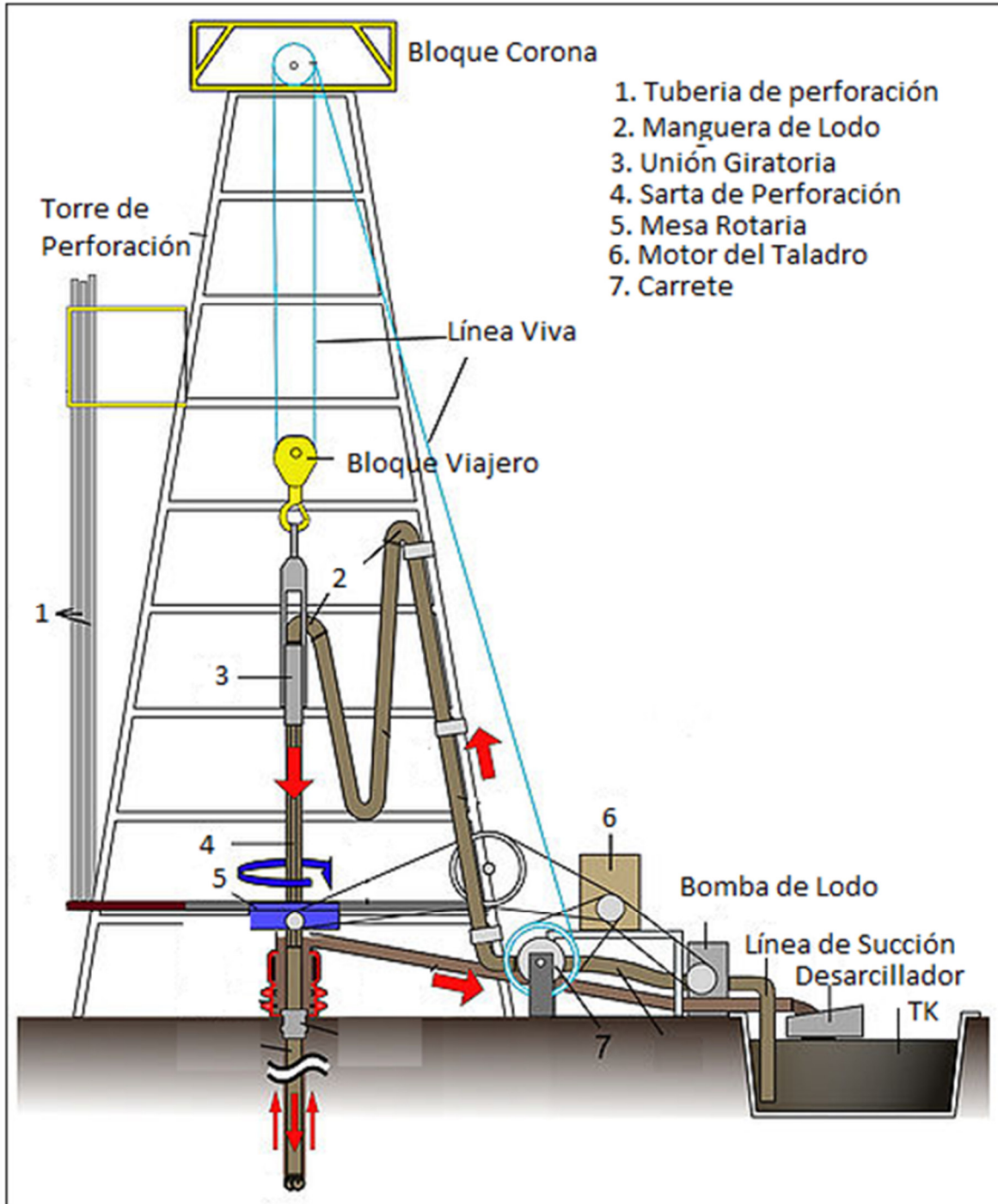
A continuación, se presentan esquemas de algunos de los sistemas referidos anteriormente (Figura 2.2.2-85 a la Figura 2.2.2-87).

**Figura 2.2.2-85 Sistema de Sistema de Control y Rotación del pozo**



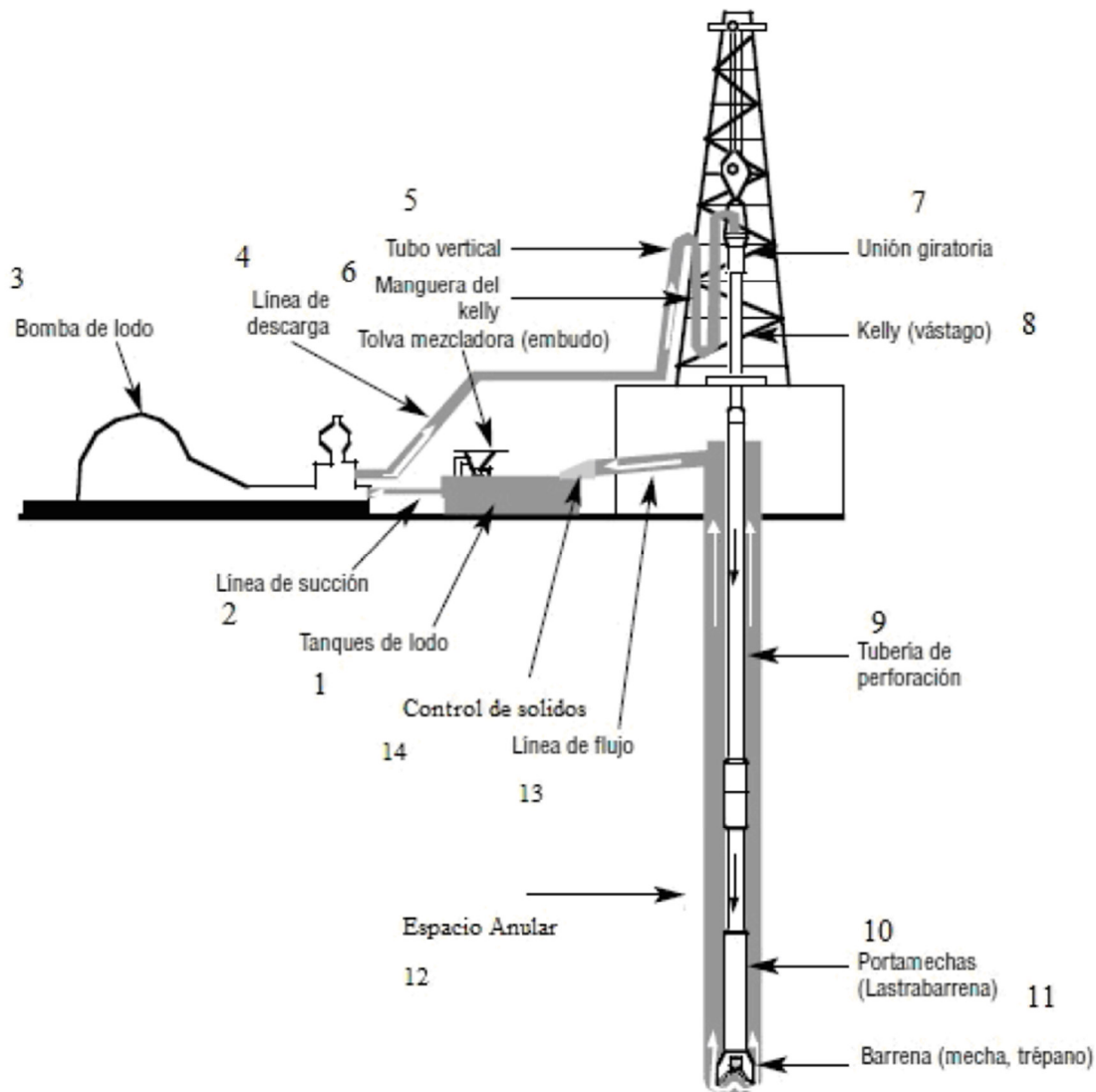
Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

Figura 2.2.2-86 Sistema de Sistema de Potencia y Levantamiento del pozo



Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

Figura 2.2.2-87 Sistema de Sistema de Circulación de fluidos de perforación



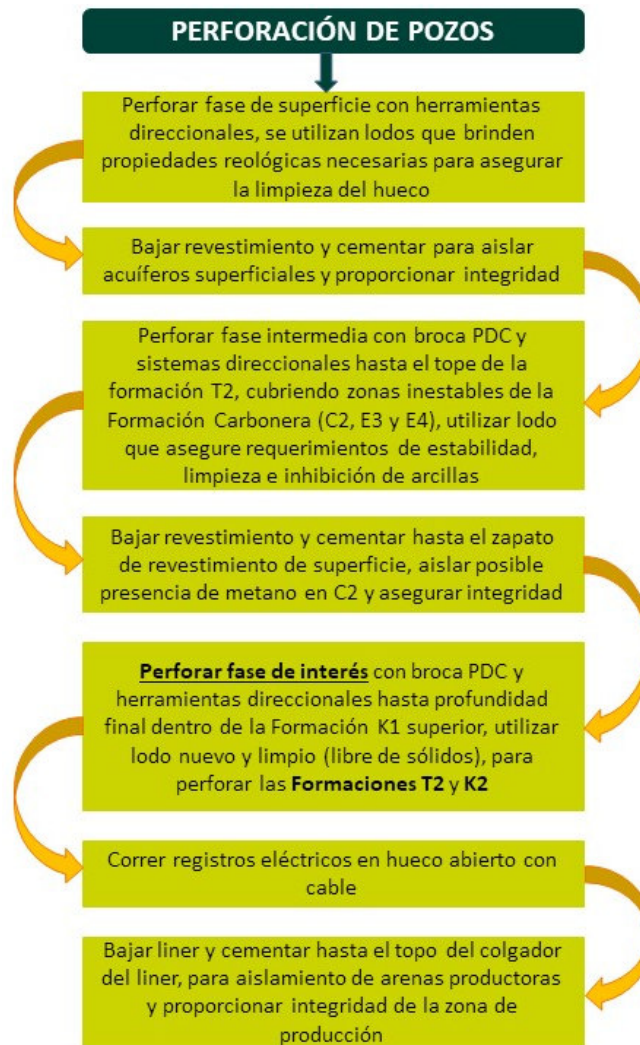
Fuente: Schlumberger; Adaptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

• **Proceso de perforación**

El tipo de perforación es convencional, dirigida por rotación empleando un impulso de tope (top drive) o convencional (Kelly); que consisten en imprimir rotación y peso para hacer girar la sarta de perforación (tubería de perforación extrapesada) y la broca, con la finalidad de penetrar la roca y en conjunto con la circulación de fluidos dentro del pozo, transportar los ripios o cortes originados a superficie a través del espacio anular; en superficie, estos son separados y el lodo comienza de nuevo su ciclo. Adicionalmente la perforación de un pozo dispone de otros, sistemas que proporcionan la potencia, energía y apoyo a las diferentes actividades y que involucran equipos tales como: el taladro, poleas, malacate, motores de combustión interna), equipos de control de sólidos, tuberías, bombas y zarandas, entre otros.

A lo largo de cada una de las etapas de la perforación se baja al pozo la tubería de revestimiento, la cual se asegura a las paredes del este con cemento bombeado a través del espacio anular. Con este proceso se busca evitar el derrumbe del pozo, las infiltraciones, inlfujos y problemas que se podrían generar en las tuberías de los diferentes procesos posteriores. Una vez terminado, o durante la perforación del pozo, se hace toma de registros eléctricos para perfilar las formaciones y determinar propiedades de las mismas en función de la profundidad. Finalmente, terminada la perforación del pozo, se realiza el completamiento y cañoneo del mismo para iniciar la producción y medición del potencial de producción (pruebas de producción). En la **Figura 2.2.2-88** se presenta de manera esquemática y general el proceso de perforación de un pozo convencional.

**Figura 2.2.2-88 Procedimiento general para la perforación de un pozo**



Fuente: ECOPETROL S.A., 2022; adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

- **Tecnología de perforación**

Para esta actividad, se utilizará la técnica de perforación convencional por rotación directa de la sarta de perforación y la circulación de lodo a base de agua. El hueco se perfora mediante la rotación de una broca conectada a la sarta, a la cual se le aplica una fuerza en sentido descendente, a través

del sistema de levantamiento y rotación. Esta fuerza se aplica por medio de secciones de tubería pesada llamada collares de perforación (Drill Collars, y heavy weight Drill pipes), los cuales hacen parte de la sarta de perforación y se encuentran muy cerca de la broca. La torre de la subestructura sostiene el peso de la sarta de tubería. Internamente por la tubería circula el lodo, el cual es inyectado a presión, sale por las boquillas de la broca y retorna a superficie por el espacio anular con los rípios o cortes de perforación. En superficie se separan los cortes del lodo mediante un equipo de control de sólidos y el lodo inicia un nuevo ciclo.

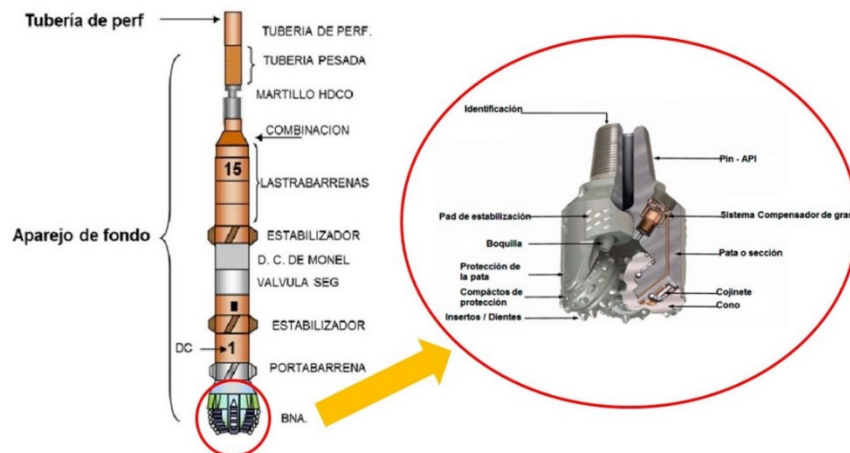
Para proteger las paredes del pozo de derrumbes, filtraciones o cualquier otro problema inherente a las actividades de perforación, el hueco será revestido con tubos de acero denominados casings de tamaño adecuados que se cementarán por secciones de acuerdo con el diseño realizado en el programa de perforación; el cemento será desplazado en ascenso por el espacio anular, donde finalmente se solidificará. De esta forma, los revestimientos quedarán adheridos a las paredes del hueco. La descripción detallada de los sistemas requeridos para la perforación de pozos se presentó anteriormente en la **Tabla 2.2.2-44**.

A lo largo de cada una de las etapas de la perforación se baja al pozo la tubería de revestimiento, la cual se asegura a las paredes del este con cemento bombeado a través del espacio anular. Con este proceso se busca evitar el derrumbe del pozo, las infiltraciones, influjos y problemas que se podrían generar en las tuberías de los diferentes procesos posteriores. Una vez terminado, o durante la perforación del pozo, se hace toma de registros eléctricos para perfilar las formaciones y determinar propiedades de estas en función de la profundidad. Finalmente, terminada la perforación del pozo, se realiza el completamiento y cañoneo de este para iniciar la producción y medición del potencial de producción (pruebas de producción). A continuación, se realiza una descripción de los pasos principales del proceso de perforación de un pozo.

❖ Rotación de la broca

La rotación se efectuará directamente sobre la sarta a través de un sistema de transmisión mecánica e hidráulica, la fuerza de los motores del equipo de perforación se transmite a la mesa rotaria instalada sobre el piso de la plataforma de perforación y ésta por medio de una cuña apropiada la transmite a la sarta de perforación y a la broca (**Figura 2.2.2-89**), de otra parte, en la **Figura 2.2.2-85** se aprecia un esquema del sistema de control y rotación del pozo.

**Figura 2.2.2-89 Componentes de la sarta de perforación y de la broca**



Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)



❖ Descenso de la broca

El punto principal de control de la perforación lo constituye el freno del malacate que suelta o recobra el cable de acero que sirve para sacar o descender la sarta. El cable se enrolla en el tambor del malacate, de allí sube al juego de poleas fijas que se encuentran en la parte superior de la torre de perforación, desciende al bloque de poleas móviles, asciende nuevamente a las poleas fijas y así sucesivamente hasta completar un aparejo de 4 o 6 poleas, de gran solidez y capacidad, que sostienen todo el tiempo la sarta durante la perforación y sirven, tanto para izarla como para descenderla. Por medio del freno que actúa sobre el tambor del malacate, se gradúa el peso que debe imprimirse a la broca. A medida que ésta corta la roca, se va soltando el freno y la sarta desciende. Por medio del indicador de peso sobre la broca, se sabe hasta qué punto se suelta cable para que la sarta descienda y aumente el peso sobre la broca. En la **Figura 2.2.2-86** se aprecia un esquema del sistema potencia y levantamiento del pozo.

❖ Circulación de lodo

El tipo de lodo a utilizar en lo posible será base agua o en caso excepcional lodos base aceite, la composición de los lodos base agua, serán compuestos orgánicos e inorgánicos, en el caso de los compuestos orgánicos está principalmente la Bentonita que es una arcilla de origen natural y los inorgánicos serán a base de diferentes clases de polímeros. El lodo o fluido de perforación cumple con las siguientes funciones: arrastrar hasta superficie los cortes de perforación, contrarrestar las presiones de las formaciones atravesadas, evitar derrumbes en el hueco, refrigerar y lubricar la broca y la tubería de perforación.

A continuación, se presenta una breve descripción de los diferentes tipos de lodo existentes; es de señalar que el lodo a utilizar será definido según los requerimientos propuestos en el diseño, de acuerdo con la profundidad y al tipo de formaciones geológicas por atravesar.

- Fluidos Gas – Aire: Usando como fluido de perforación aire, gas natural, gases inertes o mezclas con agua, se han obtenido grandes ventajas económicas en secciones de rocas consolidadas donde difícilmente se encontrarían grandes cantidades de agua, ya que un aporte adicional de líquido contribuiría a formar lodo, embotando la sarta, especialmente la broca; el aire o gas seco proveen la mayor rata de penetración de los diferentes fluidos de perforación, los cortes son usualmente reducidos a polvo al mismo tiempo que se dirigen a la superficie, al ser bombardeados a alta velocidad contra los tool joints.
- El transporte de los cortes depende de la velocidad en el anular, al no poseer propiedades que garanticen por sí mismas la suspensión de los cortes o sólidos transportados; siendo no recomendable su uso ante paredes de pozo inestables, formaciones productoras de agua, formaciones con alta presión de poro y adversos factores económicos.
- En general el uso de este tipo de fluidos resulta en una rata de perforación más rápida, mayor footage para la broca, mayor posibilidad para tomar pruebas de las formaciones, limpieza de los corazones, mejores trabajos de cementación y mejores completamientos.
- Lodos espumosos: Fabricados mediante la inyección de agua y agentes espumantes dentro de una corriente de aire o gas creando un espuma estable y viscosa o mediante la inyección de una base gel conteniendo un agente espumante, su capacidad de acarreo es dependiente más de la viscosidad que de la velocidad en el anular. En cuanto a los lodos aireados en una base gel, tienen el propósito de reducir la cabeza hidrostática y prevenir pérdidas de circulación en zonas de baja presión, además de incrementar la rata de penetración.
- Lodos base agua: La bentonita es usada para tratar lodos de agua fresca para satisfacer las necesidades reológicas del lodo, así como para controlar las pérdidas de fluido; obtiene su mejor desempeño en lodos que contengan menos de 10,000 ppm (partes por millón) de cloruro de sodio, al afectar grandemente sus propiedades. Los fosfatos (siendo el pirofosfato ácido de sodio

(SAPP) el más usado) son químicos inorgánicos usados para dispersar estos lodos cuyas viscosidades aumentan mediante la contaminación con cemento o con sólidos perforados, sin embargo, no reducen la pérdida de fluido y no son estables a temperaturas superiores a los 150°F. Es de señalar que rara vez un lodo formado a partir de solo bentonita es usado, gracias a su facilidad a ser contaminado.

- Lodos no dispersos: Utilizados para perforar pozos poco profundos o los primeros metros de pozos profundos (lodos primarios), en la mayoría de los casos compuesto de agua dulce, bentonita y cal apagada (hidróxido de calcio), donde primero se hidrata la bentonita y luego se agrega cal para aumentar el valor real de punto de cedencia, que le da la capacidad de transportar recortes, a bajas tasas de corte (shear rate). Las cantidades requeridas de bentonita y cal dependen del punto de cedencia deseado (en muchos pozos se puede usar entre 15 y 25 lbm/bbl de la primera y entre 0.1 y 1 lbm/bbl de la segunda). El objetivo de este sistema es reducir la cantidad total de sólidos arcillosos, resultando en una tasa de penetración alta. No son muy estables a altas temperaturas, aproximadamente 400°F. Para el control de pérdidas de filtrado en estos lodos se recomienda agregar a la mezcla, un polímero no iónico tal como el almidón o el XC que respeten el punto de cedencia logrado por la cal. No es recomendado el uso de CMC que actúa como adelgazante a tasas de corte bajas. Pero a altas velocidades de corte (común en la tubería de perforación y en las boquillas de la broca) aumenta la viscosidad efectiva del lodo, elevando la resistencia friccional requiriéndose mayores presiones de bombeo. No contienen adelgazantes.
- Lodos dispersos: Muy útiles cuando se perfora a grandes profundidades o en formaciones altamente problemáticas, pues presentan como característica principal la dispersión de arcillas constitutivas, adelgazando el lodo. Compuestos por bentonita, sólidos perforados y bajas concentraciones de agentes dispersantes, tales como los lignosulfonatos y lignitos; el PH de este lodo está entre 8.5 y 10.5 para mantener estable el NaOH que es requerido para activar el agente dispersante usado. Estos lodos pueden ser similares en aplicabilidad a los lodos con fosfato, pero pueden ser usados a mayores profundidades gracias a la estabilidad del agente dispersante, los lignitos son más estables que los lignosulfonatos a temperaturas elevadas y son más efectivos como agente de control de pérdida de circulación, aunque los lignosulfonatos son mejores agentes dispersantes, el carácter reductor de filtrado para el lignosulfonato se degrada a 350°F. Esta combinación de aditivos ha sido una de las mayores razones para perforar a altas presiones y por lo tanto a altas temperaturas, no obstante, estos lodos desestabilizan shales que contienen arcillas de montmorillonita e incluso en arcillas illíticas, cloríticas y caoliníticas. La valiosa propiedad del lignosulfonato, para deflocular y dispersar arcillas, se convierte en responsable de daños en la formación (reducción en la permeabilidad) altamente significativos a medida que invade zonas potencialmente productoras que contengan arcillas, estas permeabilidades pueden reducirse de tal manera, que intervalos potencialmente productores pueden inicialmente pasarse por alto o incluso después de probar para mirar el potencial de productividad, dejarlos abandonados.
- Lodos de calcio: Altamente tratados con compuestos de calcio, catión divalente que inhibe el hinchamiento de las arcillas de las formaciones perforadas, muy utilizados para controlar shales fácilmente desmoronables. También aplicados en la perforación de secciones de anhidrita de considerable espesor y en estratos con flujos de agua salada. Estos lodos difieren de los otros, base agua, en que las arcillas base sodio de cualquier bentonita comercial o la bentonita que aporta la formación es convertida a arcillas base calcio mediante la adición de cal o yeso, tolerando altas concentraciones de sólidos arcillosos con bajas viscosidades a comparación de los otros fluidos base agua fresca. Estos sistemas son referidos como lodos base cal o base yeso dependiendo cuál de estos químicos es usado para convertir el sistema a base calcio. Normalmente se obtienen por la adición de cal apagada, de tal forma que la arcilla sódica (bentonita), se convierta en arcilla cálcica, manteniéndose usualmente concentraciones en exceso de cal, para no aceptar los que puedan aportar las formaciones, inalterándolas, previniendo formar cavernas.

- Lodos bajos en sólidos: Son aquellos lodos en los cuales la cantidad y tipos de sólidos son estrictamente controlados. Estos no deben presentar porcentajes en volumen de sólidos totales por encima de 10% y la relación de sólidos perforados a bentonita, debe ser menor que 2:1. La composición básica de estos lodos es: agua dulce o agua de mar, cloruro de potasio, un polímero para inhibición (poliacrilamida generalmente), un polímero generador de viscosidad (tipo XC con frecuencia), bentonita prehidratada, almidón estabilizado o CMC, soda cáustica, y otros aditivos como lubricantes.
- Lodos saturados con sal: Nombre común para un lodo de perforación en el que la fase agua está saturada (mínimo 189,000 ppm) de cloruro de sodio (inclusive 315,000 ppm @ 68°F). El contenido salino puede provenir propiamente del agua, mediante adición en la superficie o aporte de las formaciones perforadas; varias sales pueden ser usadas según el propósito específico, como las de sodio, calcio, magnesio y potasio. La base convencional de estos lodos es la atapulguita o bentonita prehidratada y los compuestos de starsh o almidón y carboximetilcelulosa (CMC) que son usados para el control de pérdidas de fluido.
- Sin embargo, es de reseñar que este tipo de lodos se hacen casi inmanejable cuando se permite que el conjunto de sólidos de gravedad específica baja se vuelva alto. Después de los lodos base aceite y de los preparados con cloruro de potasio (excluyendo los preparados con materiales poliméricos), los lodos saturados con sal son de los mejores para perforar “shales” problemáticos. No obstante, muchas veces se opta por no usar los lodos saturados con sal por dos razones: 1) requieren cantidades mayores de materiales para controlar sus pérdidas de filtrado, debido a que son sistemas inhibidos (presentan aditivos que impiden o limitan su reacción con las formaciones perforadas), con grandes cantidades de sal común. 2) dificultad para controlar sus propiedades reológicas, por su facilidad de dispersar en el lodo los recortes de la formación, situación debida, principalmente a la caída de la concentración de sal por debajo del punto de saturación o al aumento por encima de los niveles máximos, de sólidos de baja gravedad específica, así el agua permanezca saturada de sal.
- Lodos con materiales poliméricos: Son aquellos base agua dulce o salada, que tienen incorporados compuestos químicos de cadena larga y peso molecular alto, que pueden contribuir: (1) al control de pérdidas de filtrado y de propiedades reológicas, (2) a la estabilidad térmica, (3) a la resistencia ante contaminantes, (4) a la protección de zonas potencialmente productoras, (5) a mantener la estabilidad de las formaciones atravesadas, (6) a dar lubricación a la sarta, prevenir pegas y corrosión, (7) a mejorar la perforabilidad, (8) a mantener un ambiente limpio, etc. Sin embargo, es de reseñar que este tipo de lodos se hacen casi inmanejable cuando se permite que el conjunto de sólidos de gravedad específica baja se vuelva alto. Entre los materiales poliméricos más usados están: el almidón, las gomas de “Guar”, “Xanthan” y de algarrobo, CMC, el lignito, la celulosa polianiónica, los poliacrilatos, el copolímero de vinil amida/vinil sulfonato, la poliacrilamida parcialmente hidrolizada, los ácidos poliaminados y la metilglucosa, entre otros. La desventaja relativa más prominente de los lodos con materiales poliméricos parece ser su alto costo siendo superados en costo por lodos base aceite y base material sintético.
- Lodos base aceite: Estos se clasifican en dos tipos:
  - Lodos de aceite: que contienen menos del 5% en agua y contiene mezclas de álcalis, ácidos orgánicos, agentes estabilizantes, asfaltos oxidados y diésel de alto punto de llama o aceites minerales no tóxicos. Uno de sus principales usos es eliminar el riesgo de contaminación de las zonas productoras. Los contaminantes como la sal o la anhídrida no pueden afectarlos y tiene gran aplicación en profundidad y altas temperaturas, también son especiales para las operaciones de corazonamiento.
  - Emulsiones invertidas: estos sistemas contienen más del 50% en agua, que se encuentra contenida dentro del aceite mediante emulsificantes especiales; este lodo es estable a diferentes temperaturas.

- El uso de estos dos tipos de lodos requiere cuidados ambientales debido a su elevado poder contaminante. Pueden pesar 7.5 ppg (libras por galón) sin el uso de materiales pesantes. Estos lodos han sido empleados con éxito para muchas tareas de perforación con: pozos profundos con condiciones extremas de presión y temperatura; problemas de pega de tubería y de estabilidad de pozo; necesidad de atravesar zonas que contienen sales, yeso o anhidrita; presencia de sulfuro de hidrógeno hallazgo de formaciones potencialmente productoras; gran necesidad de minimizar la fricción y los torques (en pozos altamente desviados). Lastimosamente su carácter contaminante ha restringido su uso.

El lodo de perforación es preparado inicialmente en los tanques de lodo (mud tanks), y desde allí bombeado por medio de una línea-manguera a alta presión (dicharge line-stand pipe) al interior de los tubos de la sarta de perforación (drill pipe) hasta la broca (drill bit), en donde retorna hasta la superficie por el espacio anular existente entre la tubería de perforación y la pared del hueco (annulus), llegando a superficie, donde es descargado por medio de una tubería (return line) hasta un conjunto de tres zarandas (shale shaker) donde los cortes de perforación son separados del lodo para ser recogido nuevamente en el tanque de lodo. De esta manera se puede tener un lodo limpio que puede ser involucrado nuevamente dentro del sistema y formar un circuito semicerrado. El proceso de perforación se realiza mediante los siguientes elementos:

- La Broca: Es el elemento de corte de las formaciones a perforar. Esta es escogida de acuerdo con el diámetro, dureza y clase de rocas a atravesar.
- La Sartá: Está compuesta por:
- Tubería de peso (Drill Collars, HW DP): Se conectan, el primero a la broca y luego unos con otros sucesivamente según se requiera para dar peso a la broca y obtener la rata de perforación adecuada.
- Tubería de perforación (Drill Pipes): Instalada en la mesa del taladro en paradas de 2 o 3 juntas, dependiendo de la altura de la torre.
- Estabilizadores: Tubería corta que centraliza la perforación para mantener la verticalidad del pozo.
- Martillo de Perforación: Herramienta que se incluye en la primera sección de la tubería de peso. En caso de tener pegas entre las paredes del pozo y la tubería que al activarse con peso y/o tensión libera la sarta.
- Quema de gas en quemador: Esta actividad consiste en realizar los controles necesarios de quema durante el proceso de perforación y la operación del gas metano que se encuentre en los pozos proyectados para su disposición final, según las especificaciones de los diseños, garantizando la seguridad de los trabajadores y la operación del pozo.

Es de señalar que en la **Figura 2.2.2-87** se aprecia un esquema del sistema de circulación del pozo.

El fluido de perforación a utilizar durante las actividades de perforación de los pozos es base agua y este varía según la sección del pozo, como se ilustra a continuación:

- La sección de superficie: se perfora con sistema de lodo tipo Spud mud, este sistema proporciona la viscosidad que se requiere para asegurar una buena limpieza del hueco, las características necesarias para lograr la estabilidad del hueco y una buena capacidad de acarreo de cortes hasta la superficie. Se bombean píldoras de limpieza en tándem según se establezca el intervalo o cuando se requiera para asegurar limpieza adicional al hueco.
- La sección intermedia: se perfora con un fluido polimérico de alto desempeño. El diseño del fluido se realiza para asegurar la perforación exitosa del intervalo manteniendo una Etapa de control para cada uno de los siguientes factores:

- Densidad: Se utiliza barita API para mantener la densidad del fluido
  - Inhibición: Para minimizar el hinchamiento de arcillas y asegurar su control se utiliza un inhibidor tipo poliamina que a su vez reduce la incorporación de sólidos perforados en el sistema.
  - Estabilidad: Para asegurar la estabilidad de las paredes del hueco de las formaciones lutíticas y arcillosas mediante la acción mecánica del asfalto sulfonado y el polímero sellante y las nano partículas.
  - Antiacreción: Con el fin de minimizar la acreción de partículas en el BHA y posible embotamiento de la broca se utilizará el producto Mejorador de ROP.
  - Etapa de Sello: Para garantizar el sello adecuado de las formaciones arenas se utilizará una mezcla de Carbonatos de Calcio de diferentes granulometrías para el puenteo adecuado de los tamaños de gargantas de poro.
  - Limpieza de Hueco: Se realiza el plan de bombeo de píldoras de baja/alta reología, para asegurar la limpieza del hueco. Así mismo se mantiene un monitoreo continuo de los parámetros de torque, arrastre y ECD con el fin de asegurar el uso de la tasa de flujo adecuada y realizar las prácticas operativas recomendadas.
- La sección de interés: se perfora utilizando el sistema de fluido drill in polimérico, debido a la necesidad de un fluido de perforación estable, con capacidad para sellar formaciones permeables y que proteja el yacimiento minimizando el daño de formación para maximizar la producción de este. Se mantiene la densidad del fluido lo más bajo posible y una adición constante de material de puenteo Carbonato de Calcio de diferente granulometría con el fin de minimizar los efectos de presión diferencial en las secciones arenosas y así evitar pérdidas de circulación y/o pegas de tubería.

#### ❖ Sistema de Control de Sólidos

Los lodos una vez salen del pozo aumentan su porcentaje de sólidos por lo que se pasan por el sistema de control de sólidos, luego el lodo se reincorpora al sistema y la descarga sólida cae en un catch tank, de donde son sacados con retroexcavadora a una volqueta que los transporta a piscinas construidas como instalaciones temporales dentro de localizaciones existentes para ser tratados y estabilizados con Cal viva y luego ser llevados y dispuestos en zonas adecuadas y aprobadas para tal fin en las ZODMEs autorizadas. Los volúmenes de cortes estimados para un pozo de 19.000 ft de profundidad en condiciones normales son de aproximadamente 15.000 bbl. Finalmente se realiza un análisis de los cortes estabilizados por un laboratorio acreditado por el IDEAM, para verificar el cumplimiento del Decreto 4741 de 2005 y la norma Luisiana 29B (contenidos de los lixiviados y concentración de metales dentro de los límites permisibles).

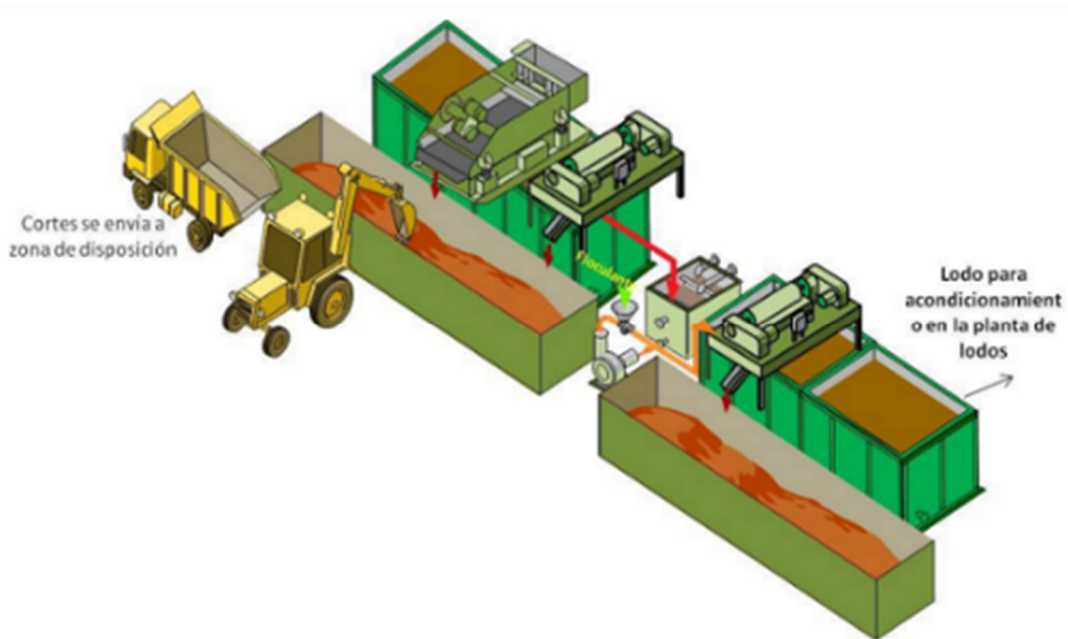
En este orden de ideas, el lodo de perforación al llegar a superficie pasa a través de un sistema de tratamiento compuesto por scalpers, desilter, desarenador (desander), limpiador de lodo (mud cleaner), centrifugas y un desgasificador (degasser), donde son separados los sólidos finos y gruesos, de allí pasa nuevamente a los tanques de almacenamiento (mud tanks) donde son ajustadas las propiedades reológicas, mediante la adición de productos químicos para volverlo a circular por el sistema impulsado por la línea de succión (suction line) a las bombas de lodos (mud pumps) usadas de acuerdo a las necesidades de circulación.

De otra parte, en los sistemas de deshidratación mejorados químicamente, las centrifugas disminuyen en gran medida los volúmenes de descarga de líquidos y mejoran palpablemente la eficiencia del sistema de control total de sólidos. Es un instrumento usado para la separación mecánica de sólidos de elevado peso específico (arcillas y limos generalmente) suspendidos en el fluido de perforación y para reducir la densidad del lodo, evitando adicionar líquidos o generar incrementos en el volumen.



En la actualidad el sistema de bombas dúplex tripex, es más utilizado debido a que con ellas se obtienen altas eficiencias volumétricas, son fáciles de operar al igual que su mantenimiento y trabajan en un amplio rango de presión a diferentes tasas de flujo con tan sólo cambiar las camisas de las bombas o los cambios de velocidad. Los equipos destinados para el mantenimiento del fluido de perforación, estará conformado por centrifugas decantadoras cuya cantidad, diámetro, longitud y caudal dependerán de los requerimientos de cada pozo a perforar. En la **Figura 2.2.2-90** se presenta un esquema del proceso de manejo y tratamiento de las aguas residuales generadas por el desarrollo de la Etapa de perforación.

**Figura 2.2.2-90 Esquema de manejo de lodos de perforación**



Fuente: ECOPETROL S.A., 2022; adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

Las recomendaciones generales para garantizar un funcionamiento óptimo del sistema de control de sólidos que permite realizar la separación de los cortes y el lodo son:

- Inspeccionar continuamente el sistema de control de sólidos, con el fin de mantener sus condiciones técnicas y operativas.
- Verificar que los tiempos de retención en las unidades de control de sólidos sean suficientes para que se produzca la remoción deseada.

❖ Sistema de Deshidratación (Dewatering)

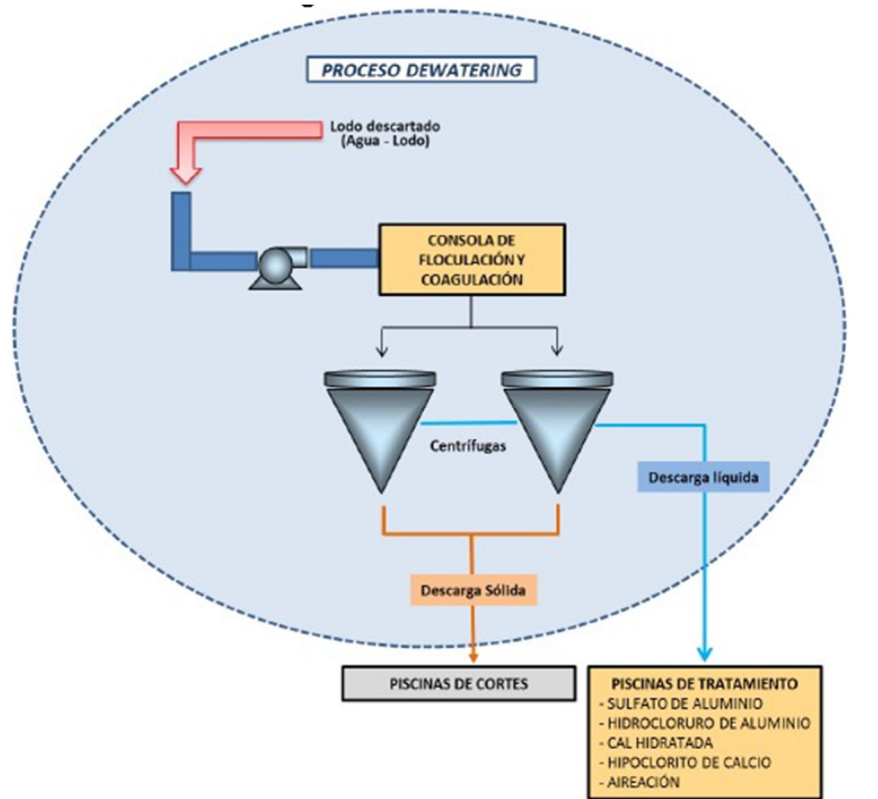
Este proceso, se usará para separar las fases sólido-líquido del lodo base agua descartado, fluidos residuales acuosos provenientes del contrapozo, skimmer, remanentes del sistema de control sólidos y sistema activo de lodos. En el proceso dewatering, resultan dos corrientes de residuos: el efluente o agua del proceso y los sólidos descartados en la deshidratación del desecho. El agua separada se reciclará en la preparación de la solución del polímero, para el mismo proceso dewatering o hacia el sistema de lodo base agua como dilución o como fluido base para la preparación de lodo nuevo; para esto el agua del dewatering debe cumplir la prueba de compatibilidad con el lodo para no afectar sus propiedades físicas y reológicas.

El exceso de agua en el dewatering, se enviará al sistema de tratamiento de aguas para mezclarlas con las aguas residuales, proceso en el cual se tiene la posibilidad de reciclarla, para preparación del lodo, como agua de lavado o enfriamiento de equipos. Los sólidos del dewatering separados por las centrífugas decantadoras, se descargarán en un catch tank, destinado para este tipo de sólidos con el fin de asegurar su correcta segregación.

Floculación selectiva con poliacrilamida: la floculación selectiva es el proceso en el que las centrífugas decantadoras trabajan directamente al sistema activo para mantener las propiedades del lodo (MBT- Methylene Blue Test, controlar el porcentaje de sólidos de baja gravedad y eliminación de sólidos reactivos) con ayuda química de polímeros (poliacrilamida) cuyo efluente será retornando al sistema activo. El objetivo de este procedimiento es controlar el MBT por la incorporación de arcillas reactivas altamente solubles y reciclar el fluido base (agua), tanto como sea posible, el efluente del proceso de floculación selectiva recuperando de esta manera, el valor de productos del fluido de perforación en el sistema activo y minimizando la generación de desechos sólidos y líquidos.

El valor agregado de la floculación selectiva es minimizar la captación de agua para la preparación y/o dilución del lodo lo cual disminuye de manera significativa la disposición de desechos sólidos y líquidos impactando menores áreas para disposición. La floculación selectiva se aplicará en la perforación de formaciones arcillosas altamente solubles en el fluido de perforación. En los pozos, el sistema de floculación selectiva se configurará utilizando los compartimientos con agitador de la unidad de Dewatering para la preparación de polímero y así realizar la mezcla de la Poliacrilamida en la concentración correspondiente. En la **Figura 2.2.2-91** y **Tabla 2.2.2-45** se presentan los equipos básicos que componen este sistema.

**Figura 2.2.2-91 Esquema del Proceso Dewatering**



Fuente: ECOPETROL S.A., 2012; adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

Tabla 2.2.2-45 Sistema de Deshidratación (Dewatering)

Equipo	Características / funciones
<b>Centrífuga decantadora</b>	Se utiliza para la separación de las fases líquido-sólido. Debe generar la fuerza G adecuada para manejar el sistema, pues a muy baja velocidad no proporciona una adecuada separación y a una velocidad alta no rompe los floculos.
<b>Tanque de recolección de lodo</b>	Posee un sistema de agitación para evitar la sedimentación de los sólidos y asegurar una mezcla homogénea para la deshidratación. Incluye una bombacentrífuga.
<b>Tanques de polímero</b>	Tanques para mezcla de los polímeros con agua fresca. La unidad cuenta con (2) tanques, equipados con un agitador eléctrico tipo aspas. Cada tanque tendrá un embudo para mezcla de polímero para asegurar máxima eficiencia en la mezcla.
<b>Bombas de alimentación</b>	Su función es alimentar de lodo la centrífuga, desde el tanque de lodo hasta el mezclador estático. Es una bomba de desplazamiento positivo que posee un disco de velocidad variable para facilitar una tasa óptima de alimentación de la centrífuga un conjunto dado de condiciones.
<b>Tanque de dilución de agua</b>	Tiene una capacidad de 60 Barriles y es el tercer compartimento del sistema de dewatering. Inicialmente se llena con agua fresca y posteriormente el agua procesada deberá recircularse para ese fin.
<b>Tanque de coagulación</b>	Tanque de fibra de vidrio separado de 1.000 o 2.000 litros utilizado para todos los coagulantes (ácido acético, cal) excepto ácido clorhídrico. Si se utiliza ácido acético es bombeado directamente desde canecas de 55 galones.
<b>Bomba de coagulante</b>	Bomba de partes de teflón para ofrecer mayor resistencia al ácido; bombea el coagulante desde el tanque de 1.000 l ó desde la caneca de ácido. Cuenta con un regulador de aire para controlar la tasa de bombeo.
<b>Mezclador estático</b>	Es un múltiple de mezcla con desviadores de flujo en su interior para un mejor mezclado de los diferentes componentes del proceso de deshidratación. El lodo es mezclado aquí con agua de dilución. La mezcla diluida es coagulada y luego mezclada con el polímero floculante; esta mezcla combinada viaja a través de los desviadores de flujo en el mezclador estático que le suministra energía al sistema contribuyendo a la formación de floculos y a la separación del agua.
<b>Tanque de agua limpia</b>	Este tanque se utiliza para recibir el agua que no es reutilizada para dilución. Desde este tanque puede ser enviada al sistema de tratamiento de agua para ser mezclada con el agua residual proveniente de la planta de tratamiento de aguas residuales y realizar el tratamiento final para ser descargada o ser reutilizada para el lavado de equipo, enfriamiento de bombas o preparación de lodo.

Fuente: ECOPEPETROL S.A., 2012; adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

#### ❖ Instrumentos

El control de la perforación se lleva a cabo gracias a los siguientes instrumentos de medida:

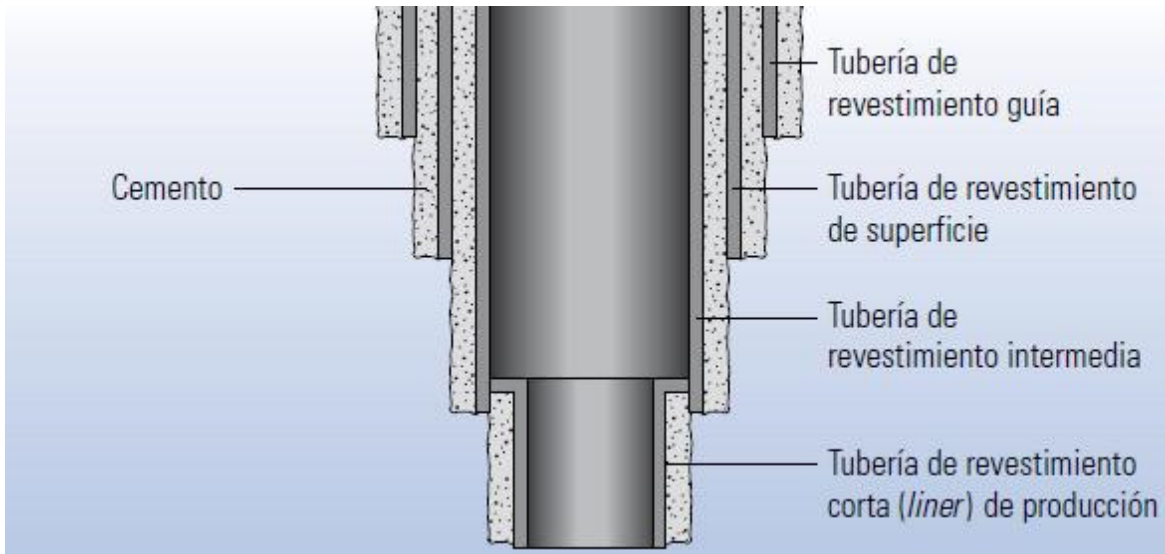
- Manómetro: para medir la presión del lodo a la salida de las bombas que lo inyectan a la sarta.
- Tacómetro: que mide la velocidad de rotación de la sarta y, por consiguiente, la de la broca, expresada en revoluciones por minuto.
- Indicador de peso sobre la broca: sin duda el principal instrumento para el perforador. Por medio de él, puede saber que parte del peso se hace recaer sobre la broca y que parte sobre el cable de acero que, por medio de un aparejo de poleas, soporta la sarta.
- Indicador de torque: conociendo la resistencia de la tubería a la torsión, el perforador puede controlar que el torque se mantenga en un límite prudente.

#### ❖ Revestimiento

Como revestimientos se utilizan tubos de acero que recubren el pozo y sirven para aislar las formaciones geológicas y estratos del suelo de los materiales y equipos en el pozo. El revestimiento también proporciona un método de control de presión; así, el revestimiento debe ser capaz de resistir las presiones externas e internas encontradas durante la instalación, cementación, perforación y el funcionamiento del pozo. Debido a que el fluido está confinado dentro del revestimiento, la posibilidad

de contaminación de las zonas adyacentes es mínima y casi nula. Los distintos tipos de revestimiento que usualmente son utilizados en la construcción del pozo son: conductor, superficial, intermedio, y producción. Cada revestimiento tiene un propósito y en el caso del revestimiento de superficie, este debe extenderse por debajo de la base de la capa más profunda de acuíferos y estar cementado a la superficie. Esta capa aísla los acuíferos y proporciona protección contra la contaminación durante la perforación, terminación y operación del pozo. En la **Figura 2.2.2-92** se presenta un esquema de la ubicación de los diferentes tipos de revestimiento en el que se aprecia como diferentes sectores de un pozo quedan aisladas con múltiples capas de revestimiento y cemento, incomunicando la zona de producción de las áreas adyacentes.

**Figura 2.2.2-92 Esquema del revestimiento de pozos**



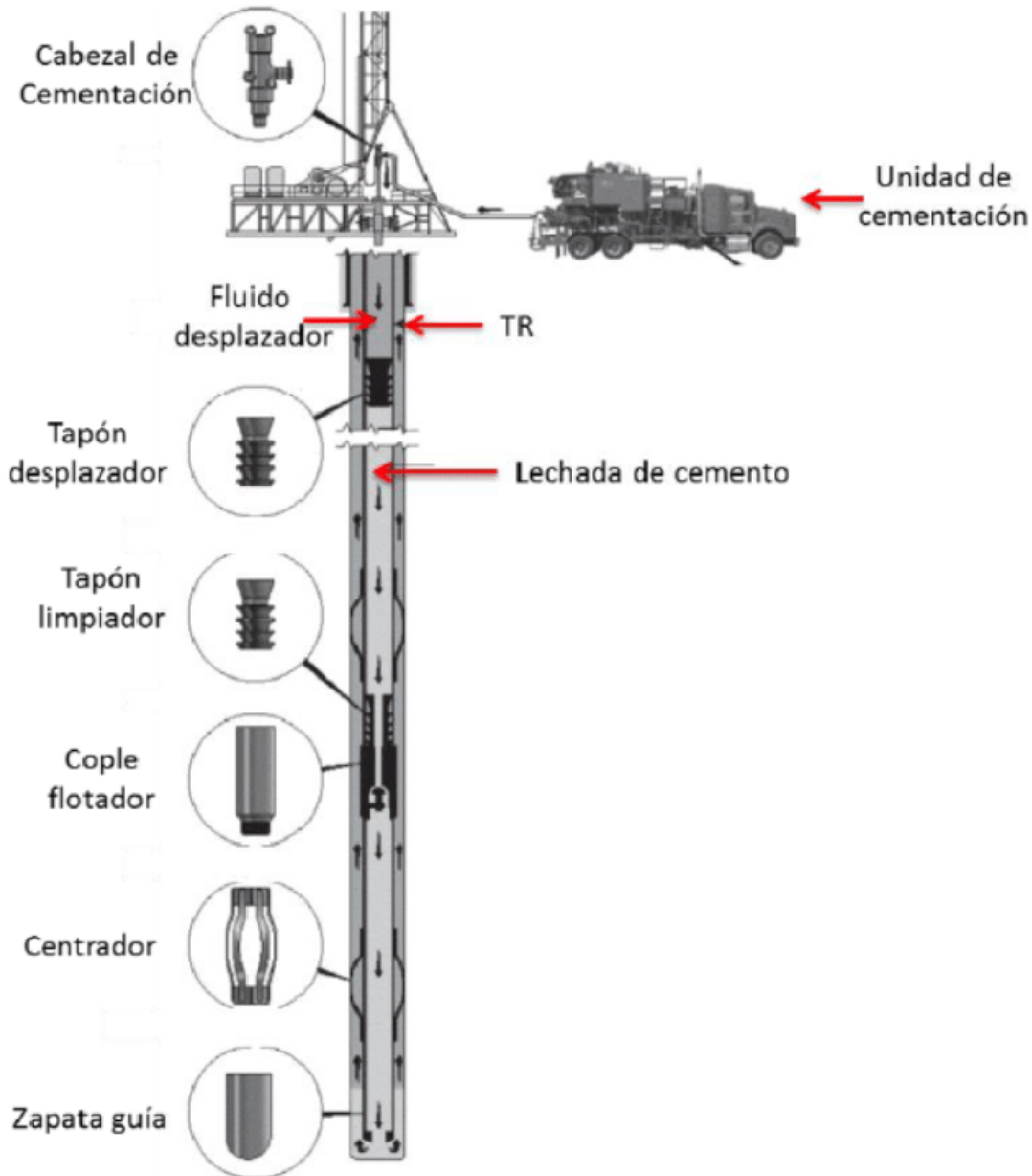
Fuente: <https://www.hannacolombia.com/>; adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

#### ❖ Cementación

El proceso consiste en mezclar cemento seco y ciertos aditivos con agua, para formar una lechada que se bombea a través de la sarta de revestimiento (tubería que se introduce al pozo perforado para permitir la protección de este y finalmente impedir el flujo de fluidos desde el yacimiento) y colocarlo en el espacio anular (espacio entre el hueco y el diámetro externo del revestidor). La lechada debe salir por el espacio anular a superficie y dejarla en circulación un tiempo más para evitar la generación de burbujas de aire en el cemento. Finalmente se deja un tiempo de fraguado y endurecimiento del cemento formando una barrera impermeable al movimiento de fluidos detrás del revestidor. El volumen de lechada a bombear está determinado para alcanzar las zonas críticas como el fondo de la zapata, espacio anular, formaciones permeables, hueco desnudo, entre otras (**Figura 2.2.2-93**).

La industria maneja cementos flexibles específicos para este tipo de revestimiento que debe soportar altas presiones durante periodos relativamente prolongados. La probabilidad de que un revestimiento falle con el tiempo debido a las tensiones de fondo de pozo y la corrosión es demasiado baja, ya que estos revestimientos son fabricados de tal forma que resistan presiones y temperaturas extremas. Adicionalmente, durante la perforación se realizan pruebas para garantizar la integridad mecánica del pozo y del revestimiento.

Figura 2.2.2-93 Equipo utilizado para la cementación de pozos



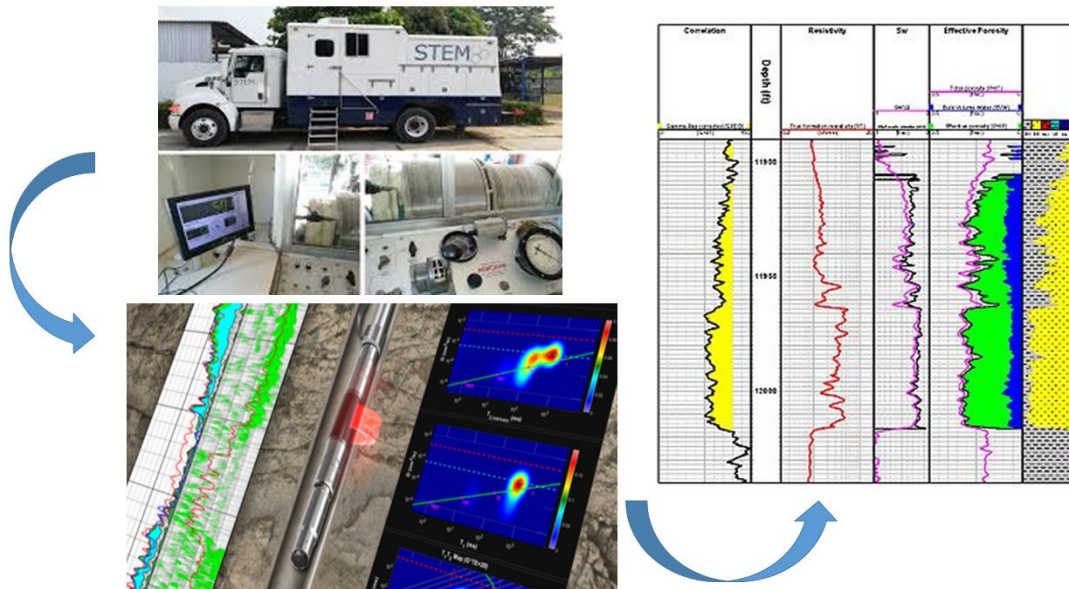
Fuente: <https://www.researchgate.net>; adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

❖ Toma de registros

Consiste en bajar sondas de medición hasta el fondo del hueco por medio de un cable, que mientras se saca la sarta de registros o durante la perforación, va midiendo de forma continua varias propiedades de las formaciones en función de la profundidad, las cuales son interpretadas posteriormente en superficie. Estas propiedades pueden interpretarse en función de la litología, porosidad, saturación de fluidos, entre otros (**Figura 2.2.2-94**).



Figura 2.2.2-94 Esquema del proceso para la toma de registros de pozos



Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

❖ Control de pozo

El control de un pozo se realiza con ayuda de un conjunto de equipos e instrumentos que actúan como un sistema de seguridad ante la posible ocurrencia de un influjo incontrolado de fluidos de la formación hacia el pozo, originado por un desbalance hidrostático. Este sistema permite detectar la arremetida; cerrar el pozo en la superficie; circular el pozo bajo presión para sacar el fluido invasor e incrementar la densidad del lodo; mover la sarta de perforación con el pozo cerrado bajo presión; y desviar el flujo lejos de personal y equipos

El sistema está compuesto por:

- BOP anulares y/o tipo ariete (RAM), las cuales son válvulas que permiten obturar el espacio anular en diferentes medidas, cuando haya herramientas de perforación dentro del pozo o sellarlo completamente cuando estas no están en su interior.
- Sistema de control del acumulador que permite cerrar un anular o todas las esclusas cuando las bombas no estén en operación y/o abrir una válvula lateral de escape. Este equipo consta de un patín, un tanque de reserva, las botellas del acumulador y un múltiple de válvulas selectoras.
- Cabezal del pozo que permite sellar y controlar el espacio anular, acondicionar la línea de producción de fluidos, controlar la presión de la boca del pozo y cerrar el pozo en actividades especiales como: fracturamiento con acidificación, inyección de agua, realización de pruebas de producción y cierre en caso de un reventón. –
- Unidad de prueba hidrostática utilizada para las pruebas de alta presión de las pilas del preventor de reventón de pozo, manguera reguladora y control de presión de la formación por fluido.
- Múltiple regulador que cuando la presión en la boca del pozo se incrementa, actúa para bombear el flujo de perforación a través del múltiple de control de presión para equilibrar la presión en el fondo del pozo, a fin de evitar arremetidas y reventones del pozo. Esta unidad puede usar la tubería de descarga conectada al mismo para realizar la descarga directa de reventones a fin de aliviar la presión del fondo de pozo o para inyectar a través de la válvula de retención, lodo para la fijación del pozo, e inyectar agua o agente extintor hacia la boca del pozo.

En la **Figura 2.2.2-95** se presentan algunos de los equipos que hacen parte del sistema de control de un pozo.

**Figura 2.2.2-95 Componentes del sistema de control de pozos**



Fuente: ECOPETROL S.A., 2012; adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

❖ Limpieza del pozo

La limpieza del pozo se inicia una vez se ha determinado la posibilidad de producción de las formaciones potencialmente productoras. Para esta operación se emplea la diferencia de presión existente entre la formación y la cara del hueco o se utiliza una unidad de suaveo (Swabbing Unit), equipo que permite mediante succión hacer un transporte lento de las basuras, lodos y cortes de perforación en exceso que se encuentren en el hueco. El gas generado durante las pruebas de producción será conducido para su disposición final a un quemadero horizontal de ramales, el cual garantizará la combustión completa de este, teniendo en cuenta la variación de las condiciones climatológicas en la zona. El agua asociada se incorporará al sistema de aguas residuales industriales del pozo y se tratará hasta alcanzar las especificaciones mínimas de calidad establecidas para el vertimiento.

En este orden de ideas y al considerar que durante la fase de perforación las partículas del lodo y los cortes de las formaciones se adhieren al revestimiento generando revoques que se mantienen hasta el final de la perforación, se deben tener en consideración las siguientes recomendaciones:

- Si los revoques no son removidos antes de la fase de producción al momento que se genera una condición de sobre Balance por el fluido de completamiento sobre la formación productora, los sólidos y partículas presentes en el revestimiento pueden entrar a la formación productora generando bloqueos en las zonas permeables y reducir la permeabilidad y por ende la producción o inyectividad.
  - El desplazamiento y limpieza de revestimientos previo a la etapa de completamiento es crítico para el éxito y producción del pozo. Antes de dejar cualquier fluido de completamiento inhibido en el pozo se deben seguir procedimientos de desplazamiento adecuados que aseguren la remoción de todos los sólidos del pozo y fluido de perforación para asegurar un fluido de completamiento inhibido limpio.
  - Realizar la preparación y bombeo de un tren de píldoras de limpieza y un fluido de completamiento.
  - Tren de Píldoras para limpieza del hueco previo al desplazamiento de la salmuera de completamiento, con el objetivo de garantizar la limpieza del casing intermedio y el liner producción o inyección, se realiza el bombeo de un tren de píldoras de la siguiente forma:
    - Viscosa-Alcalina-Surfactante WBCO: Esta píldora cumple la función de limpiar el hueco y las superficies metálicas impregnadas con fluido base agua, grasa de la tubería y sólidos, inhibiendo la depositación de los mismos. Esta píldora está compuesta básicamente por agua y un componente solvente/surfactante orgánico.
    - Viscosa: Consiste en una píldora de alta viscosidad diseñada para barrer con cualquier ripio o sólido que haya podido quedar luego del paso de las píldoras de limpieza. Esta píldora está compuesta básicamente por agua y un componente viscosificante.
    - Salmuera de Completamiento: se usa un fluido limpio de sólidos y altamente inhibido para evitar la hidratación de las arcillas presentes en las formaciones de Interés, al igual que inhibidor de corrosión, bactericida y un surfactante para prevenir emulsiones en fluidos. El fluido a utilizar será FORMIATO DE SODIO 8.4 PPG.
- ❖ Otras tecnologías de perforación a utilizar
- ◆ Perforación con presión flujo controlado (MPD)

La Perforación MPD es una tecnología utilizada para controlar con mayor precisión el perfil de presión anular en el pozo, el cual se plantea como principal objetivo determinar la ventana operacional y manejar la presión de fondo ejercida dentro de los límites establecidos por la operación.

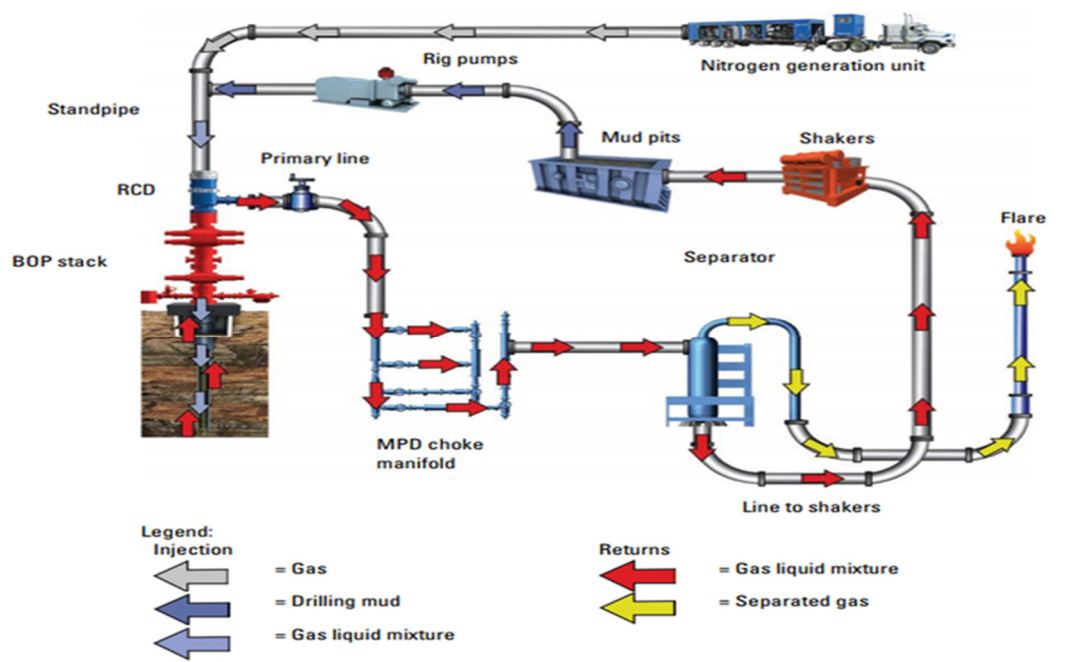
La aplicación de la Tecnología MPD mitiga los riesgos y costos al evitar problemas como pérdidas de circulación y pegas de tubería, manejando un perfil de presión en el anular, no permitiendo el influjo de fluidos del yacimiento y ayudando a tener rápidas acciones correctivas para el control de las variaciones de presión observadas.

Con el avance y la aceptación de esta técnica dentro de la industria, estos sistemas han evolucionado hasta alcanzar altos grados de automatización y capacidad de análisis de la información recibida. Los equipos requeridos para el desarrollo de este tipo de tecnología son:

- Unidad de Bombeo y Almacenamiento de Nitrógeno Criogénico: Nitrógeno criogénico (estado líquido) que es almacenado en recipientes de alta presión y que son enviados hacia un calentador y una bomba para pasarlo a estado gaseoso y que se mezcle en un punto del stand pipe con el lodo de perforación para generar la mezcla de lodo nitrogenado.
- Válvulas NRV (Non Return Valve): válvulas ubicadas en el drill pipe una vez la broca se encuentra en el zapato de la fase anterior con el fin de permitir realizar las conexiones de cada parada perforada de manera segura.

- Float Valve BHA: Válvula tipo Flapper o Dardo cuya función es realizar un respaldo adicional en el BHA de la sarta de perforación para evitar un contra flujo de la mezcla bifásica por el interior de la sarta de perforación.
- Rotary Control Device (RCD): Dispositivo ubicado sobre el preventor anular cuya principal función es permitir desviar de manera segura el fluido energizado que retorna por el anular (Lodo, Nitrógeno y Cortes) hacia los equipos de control superficial del sistema MPD y que garantiza una operación segura para el personal que está en la mesa de perforación.
- Choke Manifold MPD: Equipo que permite mantener el control del pozo y sus retornos constantemente.
- Separador Vertical Atmosférico: Equipo que permite realizar la separación de los sólidos (cortes de perforación) y líquidos (lodo de perforación) hacia las shakers y de la fase gaseosa (nitrógeno) hacia el quemadero para de esta manera hacer un manejo seguro de los retornos provenientes del pozo (**Figura 2.2.2-96**).

**Figura 2.2.2-96 Esquema del proceso de Perforación con presión flujo controlado (MPD)**



Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

### ➤ Instalaciones de apoyo

Se refiere a la infraestructura de soporte en las actividades de perforación de un pozo, ya sea contenedores que servirán como bodegas y contenedores, para uso de alojamientos, oficinas, casinos, enfermería, unidades sanitarias, almacenamiento de insumos, manejo de residuos, entre otros. A continuación, se describen las instalaciones de apoyo en la perforación de un pozo tipo convencional:

- **Campamento o minicamp**

Los campamentos serán contenedores que servirán de alojamiento, oficinas, comedores, enfermería, unidades sanitarias, entre otras, para el personal base que laborará durante la etapa de perforación.

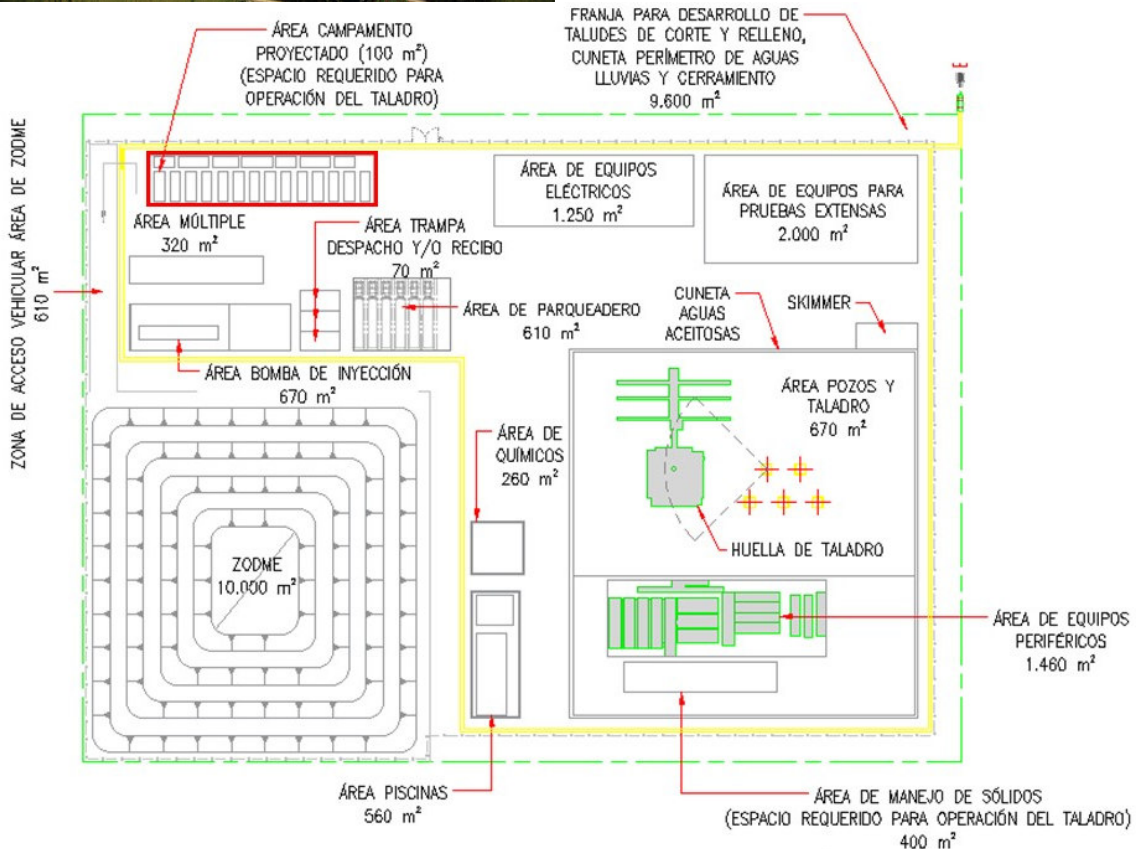


Dichos campamentos requerirán de energía eléctrica la cual para la locación contará con subestación eléctrica, conectada a la red de alimentación existente y de propiedad de Ecopetrol S.A. También se requerirá de agua tratada la cual se comprará en los municipios cercanos; de otra parte, las aguas para uso doméstico e industrial podrán ser tomadas de los puntos de captación de aguas superficiales autorizados para la zona y operación. Las medidas y criterios a tener en cuenta para el manejo de campamentos y minicamp son:

- Se deben localizar sobre terrenos de adecuada capacidad portante, estabilidad geotécnica y de fácil drenaje.
- Para el caso del mini camp éste debe estar a una distancia prudente del equipo de taladro, de los tanques de combustible, de la planta de energía, del quemadero, de la zona de reciclaje y de acopio de residuos, entre otras.
- La ubicación de los campamentos y minicamp debe permitir una rápida y segura evacuación del personal en caso de emergencias, evitando al máximo zonas de riesgo.
- Se buscará limitar el área ocupada al mínimo requerido, de forma compatible con las necesidades operacionales y de seguridad.
- Las distancias mínimas a tener en cuenta para la adecuación de los campamentos respecto a un cuerpo de agua permanente son: dormitorios y cocina a 100 m; sitios de almacenamiento de herramientas, combustibles, talleres y unidad sanitaria a 50 m. La unidad sanitaria y el sitio de almacenamiento temporal de residuos deben quedar lo más alejados posible de la cocina, comedor y dormitorios. El sitio de almacenamiento de combustibles debe guardar una distancia mínima de 50 m con respecto al taller y la cocina respectivamente.
- El campamento se localizará lejos de los generadores de energía y motores con el fin de evitar el ruido y las emisiones gaseosas como el monóxido de carbono. El tratamiento de aguas negras se realizará mediante el uso de una planta portátil compacta de lodos activados Red Fox mientras que para el manejo de las aguas grises se construirá una trampa de grasas. El efluente de las plantas de tratamiento de lodos activados y de las trampas de grasas se almacenará en tanques portátiles y luego se integrará al sistema de tratamiento de los residuos industriales de la perforación (mezcla lodos, cortes y aguas industriales) siendo entregados a las estaciones de recolección y tratamiento de crudo para su tratamiento y posterior descarga en los puntos autorizados o entregados a terceros que cuenten con los permisos ambientales pertinente y vigentes para su manejo, tratamiento y disposición.
- Durante la ejecución de la actividad se definirá la necesidad de campamentos y su número (**Figura 2.2.2-97**).



Figura 2.2.2-97 Distribución de unidades que conforman un campamento en una locación y Unidades que pueden servir de alojamiento u oficinas



### PLOT PLANT GENERAL DE LOCACIÓN

Fuente: Anexo 2. Descripción del proyecto / 5.CIV / ECP-ULL-LLANOS141-IP01-0-CI-PL-001-D1; adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

- **Otras instalaciones de apoyo**

Se refiere a la infraestructura de soporte en las actividades de perforación de un pozo, ya sea contenedores que servirán como bodegas y contenedores, para uso de alojamientos, oficinas, casinos, enfermería, unidades sanitarias, almacenamiento de insumos, manejo de residuos, entre otros. A continuación, en la **Tabla 2.2.2-46** se describen las instalaciones de apoyo en la perforación de un pozo tipo convencional:

Tabla 2.2.2-46 Otras instalaciones de apoyo

DESCRIPCIÓN	REGISTRO FOTOGRÁFICO
<p>Caseta que puede ser utilizada como oficinas y/o dormitorios para el personal staff, y autorizado durante la operación</p>	
<p>Caseta tipo comedor, con mesa caliente para suministro de alimentación en pozo al personal staff, cuadrilla y autorizado durante la operación</p>	
<p>Planta de tratamiento de agua potable (PTAP) para uso doméstico con su tanque de almacenamiento de agua potable y planta de tratamiento de aguas negras y grises (PTAR) cuyas capacidades serán estimadas en función de los requerimientos de la operación.</p>	
<p>Auto generadores con motor de combustión interna como una de las fuentes de generación de energía requerida</p>	
<p>Caseta tipo enfermería con camillas portátiles, para la prevención y atención de primeros auxilios de accidentes y protección de la salud ocupacional del personal, con dormitorio para el alojamiento del médico en turno.</p>	

DESCRIPCIÓN	REGISTRO FOTOGRÁFICO
<p>Planta tipo red-fox o equivalente que permita realizar el tratamiento y manejo de aguas negras, generadas en el campamento.</p>	
<p>Caseta batería de baños que contenga mínimo sanitarios y duchas</p>	
<p>Unidades sanitarias portátiles</p>	
<p>Caseta sala de conferencias dotada con sillas, televisor, video beam, tablero en acrílico.</p>	
<p>Caseta bodega para almacenamiento de materiales y herramientas’.</p>	



DESCRIPCIÓN	REGISTRO FOTOGRÁFICO
<p>Área de almacenamiento de químicos: área de acopio de los insumos químicos y aditivos requeridos para la preparación del lodo, tratamiento de aguas, operaciones de completamiento, toma de registros y pruebas de producción, esta instalación tiene como objetivo el mantener los productos protegidos de las lluvias y aislados del suelo mediante estibas de madera, o una placa de concreto para evitar afectación del mismo por derrames eventuales; de igual manera, el almacenamiento debe contar con los estándares establecidos en las hojas de seguridad de los insumos</p>	
<p>Área de recolección de residuos sólidos, punto donde se reúnen los diferentes tipos de residuos sólidos generados en el clúster y donde son separados según su origen y tipo de manera que puedan ser posteriormente retirados y dispuestos fuera del clúster por parte de terceros que cuenten con los permisos ambientales y legales vigentes para este tipo de actividad</p>	
<p>Área de almacenamiento de combustibles: El combustible requerido para el funcionamiento de generadores y equipos será almacenado en tanques cuya capacidad dependerá del equipo de perforación empleado, los mismos deben estar en buen estado, no deben presentar fugas ni corrosión, de igual manera se deben apoyar sobre estibas o soportes para evitar la afectación del suelo, adicionalmente contará con un dique impermeabilizado que servirá de contención y cuya capacidad de confinamiento debe ser mínimo el 110% del volumen del tanque de mayor capacidad, esta área deberá contar con válvulas de evacuación y cierre ante una contingencia.</p>	
<p>Área de laboratorios: Para la perforación de cada pozo se contará con un contenedor destinado a laboratorio, dotado con el equipo básico para el monitoreo de los recobros que se realicen y con equipos de control ambiental</p>	

Fuente: Autor ECOPETROL S.A., 2023; Adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

➤ **Requerimientos de insumos y fuentes de energía**

Los materiales e insumos que se requieren para la perforación son los necesarios para la preparación del lodo, mantenimiento de los equipos y maquinarias, los materiales de oficina, las actividades de cementación, tratamiento de aguas residuales (domésticas e industriales) y de los sólidos generados por el paso del lodo en el sistema de control de sólidos del taladro (una vez éste sale del hueco), así como para el tratamiento de flocs y lodo descartado del sistema debido a los procesos de dewatering.

Es de señalar que los productos y las propiedades recomendadas son susceptibles de cambio de acuerdo con las condiciones de operación y se sugieren teniendo en cuenta la experiencia adquirida y la información del pozo analizado con los diferentes sistemas de lodos, cementación y completamiento utilizados en el área.

• **Productos químicos**

Se requerirán en labores de preparación de lodos y cementos dependiendo de las necesidades presentadas y especificaciones de diseño, el listado de las principales sustancias a emplear se presenta en la **Tabla 2.2.2-47**.

**Tabla 2.2.2-47 Insumos requeridos para la etapa de perforación**

SUSTANCIA O INSUMO A UTILIZAR	FUNCIÓN DE LA SUSTANCIA O INSUMO
<b>Preparación del lodo de perforación</b>	
Bentonita	Componente elemental del lodo de perforación base agua
Nitrato de Potasio	Inhibidor químico de arcillas
Viscosificante	Agente viscosificante
PHPA	Extendedor e inhibidor mecánico
Carbonato de Calcio	Sellante, incrementador de peso
Potasa Cáustica	Desembotar el BHA
Cascarilla de arroz	Sellante (Eliminar pérdidas de circulación)
Wall Nut	Sellante (Eliminar pérdidas de circulación)
Soda cáustica	Ajuste de pH
Asfalto	Inhibidor de corrosión
Bicarbonato de Sodio	Secuestrante de Oxígeno
Lodo base agua: Barita, bentonita, carbonato de calcio, extendedor de bentonita, Goma de xanthan, grafito, inhibidor de arcilla tipo Polyamina, Soda caustica, bactericida tipo glutaraldehído, lignito	Se utilizan para incrementar la densidad, peso y viscosidad, minimizar el hinchamiento de arcillas. estabilidad de las paredes del hueco entre otras
Hidróxido de calcio, sulfato de calcio, carbonato de sodio, el hidróxido de sodio, de potasio y anhídrita	Son sustancias que ayudan a ajustar el pH del lodo
<b>Tratamiento de cortes de perforación</b>	
Cortes base agua: Cal viva, suelo nativo de la zona de disposición	Sirven para deshidratar y encapsular los cortes o rípios de perforación
Cal viva, suelo nativo, agua, cal dolomita, entre otros, Caldos bacterianos para procesos de biorremediación	Sirven para disminuir el TPH de los cortes, con el fin de ser utilizados para procesos de revegetalización o restauración de áreas intervenidas
<b>Cementación</b>	
Barita, hematita y silicato de sodio	Controlar la densidad de la lechada durante la cementación y reducir la cantidad de agua libre
Cloruro de calcio, cloruro de sodio	Acelerantes. Ayudan disminuir el tiempo de fraguado de la lechada de cemento
Lignosulfanato de calcio, ácidos orgánicos, carboximetil hidroxetil celulosa (CMHEC)	Retardadores durante la operación de cementación



SUSTANCIA O INSUMO A UTILIZAR	FUNCIÓN DE LA SUSTANCIA O INSUMO
Látex, bentonita con dispersante, CMHEC, polímeros orgánicos	Ayudan a controlar las pérdidas de circulación
Látex, bentonita con dispersante, CMHEC, polímeros orgánicos	Son materiales utilizados para el control de filtrado
Defloculantes: lignosulfonato de calcio, cloruro de sodio, polímeros de largas cadenas	Ayudan a controlar la viscosidad de la lechada de cementación
Para-formaldehído y cromato de sodio	Contrarrestan la contaminación por Defloculantes orgánicos provenientes del lodo de perforación
Sílica flúor	Ofrece mayor estabilidad y menor permeabilidad al trabajar en altas temperaturas
Nylon	Cemento que ofrece mayor resistencia al impacto
<b>Tratamiento de aguas residuales industriales</b>	
Policloruro de Aluminio	Sirve como sustancia coagulante de partículas y como clarificador de agua residual industrial o doméstica
Polímeros como el 1143 y 1146	Floculante de sólidos suspendidos, aunque también pueden cumplir la función de coagulantes
Soda cáustica, ácido acético, cal, hipoclorito de calcio o sodio	Son sustancias que ayudan en la perforación a ajustar el pH, y anular los polímeros base del sistema que se encuentran asociados al agua residual industrial
<b>Fluido de completamiento</b>	
Formiato de sodio, fluidos inhibidor de corrosión, bactericida, glutaraldehído, viscosificante y anti emulsificante	Se utiliza como fluido de control altamente inhibido para la operación de cañoneo y corrida de la sarta de completamiento, se usa con fluidos inhibidores de corrosión, bactericida y surfactantes
<b>Estimulación matricial</b>	
Quelante de PH neutro, asfáltenos, parafinas solventes, ácido formicoacético, cloruro de amonio al 2%, ácido HF orgánico	Se utilizan para mejorar el índice de productividad e inyectividad de las formaciones de interés
<b>Otros insumos o sustancias</b>	
Agua, crudo, ACPM, gasolina, grasa, aceites hidráulicos y aceites lubricantes	Son sustancias que se utilizan para la preparación del lodo de perforación (lodo base agua: agua y lodo base aceite: ACPM y crudo) y mantenimiento de los equipos, motores y maquinaria en general.

Fuente: ECOPETROL S.A., 2022; adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

- **Agua**

El agua a utilizar tiene 2 usos a saber; el primero es industrial, enfocado a servir como elemento indispensable para la preparación del lodo base agua, el cual sirve para enfriamiento, limpieza y lubricación de la broca e instrumentos durante la perforación del pozo, adicionalmente se utiliza para el mantenimiento y limpieza de los equipos y maquinaria asociados al taladro y adicionales; mientras el segundo de los usos es de tipo doméstico y está asociado a las necesidades del campamento (i.e: casino, unidades sanitarias, cocina, baños, entre otros).

En este orden de ideas, se estima que el caudal requerido es de 5,04 l/s de los cuales el requerimiento de agua para uso doméstico es de 0,5 l/s, mientras la demanda de agua industrial para las actividades de perforación y completamiento es de 2,5 l/s. Este recurso será suministrado de los puntos de captación autorizados; finalmente los volúmenes de agua a requerir serán definidos en función de las actividades que involucren la realización de labores asociadas a la actividad de perforación de pozos y son presentados en el Capítulo 4 DEMANDA, USO, APROVECHAMIENTO Y/O AFECTACIÓN DE RECURSOS NATURALES, numeral 4.1 AGUAS SUPERFICIALES y 4.2 AGUAS SUBTERRÁNEA; del presente EIA.

Este recurso será suministrado de los puntos de captación autorizados dentro del área de influencia definida para el presente EIA, así como adquirida a empresas que cuenten con los permisos para la

prestación de este servicio; finalmente los volúmenes de agua a requerir serán definidos y presentados en Informe de Cumplimiento Ambiental –ICA-.

- **Lodos de perforación**

El tipo de lodo a utilizar en lo posible será base agua o en caso excepcional lodos base aceite, la composición de los lodos base agua, serán compuestos orgánicos e inorgánicos, en el caso de los compuestos orgánicos está principalmente la Bentonita que es una arcilla de origen natural y los inorgánicos serán a base de diferentes clases de polímeros.

Mediante la utilización de las bombas de lodo se hace la inyección a presión del lodo de perforación el cual viaja por el interior de la tubería de perforación y sale por las boquillas o jets del trépano a una velocidad superior a la de entrada, de tal manera que le permita subir por el espacio anular entre el hueco y la tubería hasta la superficie, trayendo consigo los ripios de perforación.

Una vez los cortes se encuentran en la superficie son separados del lodo mediante el equipo de control de sólidos con que cuenta el taladro (Saranda, desilter, desander, mud cleaner) y por la compañía contratista de tratamiento de cortes de perforación (centrífugas, tornillo sinfín y catch tank). Una vez el lodo se encuentra libre de ripios, se recircula de nuevo al hueco generando un sistema cerrado de operación, cuando el lodo se encuentra contaminado o sus propiedades ya no pueden ser ajustadas, se desecha para su tratamiento y disposición final.

En el caso de emplearse lodos base aceite en la perforación de algún pozo, el programa de cierre de piscinas de lodos tendrá un manejo especial, dado que se tratarán primero los residuos para posterior cierre de la piscina. El lodo de perforación cumple con las siguientes funciones:

- Arrastrar hasta superficie los cortes de perforación
- Control primario del pozo (contrarrestar las presiones de las formaciones)
- Evitar derrumbes en el pozo
- Enfriar y lubricar la broca y la tubería de perforación.

El lodo para utilizar será base agua y/o base aceite según los requerimientos propuestos en el diseño, de acuerdo con la profundidad y al tipo de formaciones geológicas por atravesar.

- **Fuentes de energía**

Para los procesos de perforación y completamiento del pozo, se requiere energía que será suministrada por motores diésel con consumos promedio de aproximadamente 200 – 250 galones por motor. En la **Tabla 2.2.2-48** se observan los requerimientos de diésel para el sistema de generación de energía a los componentes del equipo de perforación.

**Tabla 2.2.2-48 Necesidades estimadas de combustibles por día de perforación**

Necesidades	Bls/Día	Gal/Día (Galones USA)
ACPM	85 - 110	3500 - 4000

Fuente: Autor ECOPETROL S.A., 2023; adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

El combustible se debe transportar en carrotanques que cuenten con todas las medidas de seguridad establecidas por Ecopetrol, los bomberos y el Ministerio de Transporte. Una vez llegue a la locación debe ser almacenado en tanques debidamente señalizados y aislados por diques de contención para prevenir derrames, o mediante la utilización de tanques de combustible con su propio tanque de auto contenido de derrames con capacidad del 110% del volumen total de combustible almacenado; se ubican en la zona aledaña a la plataforma de perforación.

Adicionalmente se contempla implementación de sistemas alternos de generación eléctrica como el uso de energía fotovoltaica (paneles solares), como propósito el suministrar la energía requerida para atender la demanda de energía en áreas como el minicamp, instalaciones de apoyo, alumbrado perimetral, oficinas y equipos menores.

#### ➤ **Organización típica y personal necesaria**

Los estimativos de mano de obra se realizan de acuerdo con los tiempos estimados para la ejecución de los trabajos, por lo tanto, si se requieren obras en tiempo relativamente cortos con respecto a los rendimientos típicos es necesario incrementar los frentes de trabajo y por lo tanto la cantidad de maquinaria y equipo. Para desarrollar las actividades será necesaria la contratación de personal formado y no formado que variará a lo largo del tiempo de ejecución del proyecto, de acuerdo con las actividades que se estén desarrollando en el momento y los requerimientos de los contratistas.

En este orden de ideas, el personal formado está constituido por profesionales y operarios calificados, quienes hacen parte del personal directivo y staff respectivamente y está compuesto primordialmente por ingenieros y demás trabajadores (no necesariamente profesionales) que poseen un grado de conocimiento y experiencia específica en la implementación de este tipo de proyectos, como el jefe de equipos, supervisores, mecánicos, electricistas, soldadores, técnicos y operarios de maquinaria, que suelen estar vinculados a las empresas contratistas.

La mano de obra no formada se emplea en labores como construcción de obras civiles, vigilancia, limpieza, aseo y son apoyo para las tareas de las diferentes cuadrillas dirigidas por personal especializado. La incorporación del personal tanto no formado como formado, se realizará de acuerdo con el examen de aptitudes del personal los cuales cuentan con los estándares fijados para tal fin. De otra parte, este tipo de mano de obra se contratará en el área de influencia del proyecto de acuerdo con las políticas de contratación, generalmente no cuentan con entrenamiento previo, ni experiencia en proyectos y/o actividades de la industria, por cuanto su ocupación se distribuirá en labores bajo supervisión de personal calificado

Durante la etapa de perforación del pozo, se requiere personal base y personal temporal o flotante, quienes laborarán de manera continua en turnos de doce (12) y ocho (8) horas, durante la etapa de perforación, el personal base pernochará en la localización, por lo que se contará con campamentos tipo contenedor para su alojamiento, dependiendo de la actividad se informará si se requiere profesionales o personal adicional

Para las actividades de perforación ECOPETROL S.A. cuenta con compañías especializadas en cada área del proceso (perforación direccional, lodos, registros eléctricos, etc.). El personal relacionado en este documento es estimado y podrá variar en función de las actividades y fases que se estén ejecutando.

#### ➤ **Personal de base**

Durante las actividades de perforación de un pozo, el jefe del pozo ("DSM- Drill Site Manager") es el que toma las decisiones tanto técnicas como administrativas y cuenta con el apoyo del jefe de equipo ("Rig Manager") y la cuadrilla de perforación. En la **Tabla 2.2.2-49** se muestra el personal base requerido durante la perforación

Tabla 2.2.2-49 Personal base requerido para la perforación de un pozo

FORMACIÓN	CARGO	CANTIDAD
Mano de obra formada Contratistas Ecopetrol	Company man	1
	Asistente de Company man	1
	Profesional HSE	1
	ADT	2
	Loggers	2
	Ingenieros Direccionales	2
	Ingenieros MWD	2
	Supervisor de Cortes	1
	Ingeniero de Cortes	1
	Técnico de Cortes	2
	Ingenieros Lodos	2
	Ingeniero / operadores de Cementación	4
	Cabezales	2
	Ingeniero/operadores de registros	4
	Corrida de revestimiento	4
	Mano de obra formada Equipo de Perforación	Tool Pusher
Supervisor		2
Perforador		2
Mano de obra formada Equipo de Perforación	Mecánico	1
	Electricista	1
	Médico	1
	Administrador	1
	Profesional HSE	1
	Encuellador	2
	Cuñero	6
	Aceitero	1
	Soldador	1
	Bodeguero	1
	Capataz de patio	3
	Operador equipo pesado	1
	Operador de Man Lift	1
	Supervisor de Casino	1
	Chef	1
	Cocinero	1
	Lonchero	1
	Operador de las retro cortes	1
	Mano de obra no formada Equipo de Perforación	Toma muestra
Obrero de patio		9
Conductor de Camioneta		1
Mesera		1
Lavandera		2
Camarera		3
Lavalozza		2
Obreros de patio para cortes		6
Conductor de volqueta para cortes	1	
Conductor de carotranque para cortes	1	
<b>TOTAL</b>		<b>91</b>

Nota: El personal indicado es estimado, el número dependerá de los requerimientos propios del proyecto y de la actividad específica que se lleve a cabo. Por tal razón, el personal podrá variar según lo presentado.  
Fuente: PLAN DE MANEJO AMBIENTAL ESPECÍFICO CLÚSTER NUEVA ESPERANZA Y SU INFRAESTRUCTURA CONEXA - CAMPO DE PRODUCCIÓN 50K (ACTUALIZACIÓN - VERSIÓN 2); adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

➤ **Personal temporal**

El personal temporal o flotante lo conforman los encargados de las labores de cementación y revestimiento, manejo de herramientas especiales, toma de registros eléctricos, además de las autoridades ambientales y gubernamentales que se presenten durante la ejecución de la perforación

**Tabla 2.2.2-50 Personal temporal requerido para la perforación de un pozo**

ACTIVIDAD	CARGO	TIPO DE MANO DE OBRA	Cantidad
REGISTRO GEOLÓGICO DE POZO	Jefe de Geología (Well Site)	Formada	1
	Ingeniero Mud Logging	Formada	2
	Geólogos	Formada	2
CEMENTACIÓN	Ingeniero	Formada	2
	Técnicos de cementación	Formada	2
REGISTROS ELÉCTRICOS	Ingeniero	Formada	2
	Técnicos de registros	Formada	2
REVESTIMIENTO	Ingeniero	Formada	2
	Ayudantes de revestimiento	No Formada	4
PERFORACIÓN DIRECCIONAL	Ingeniero Direccional	Formada	1
	Ingeniero MWD	Formada	1
CONTROL DE SÓLIDOS	Ingeniero	Formada	1
	Supervisor	Formada	1
PRUEBAS DE PRODUCCIÓN	Ingenieros y ayudantes	Formada	4
	Obreros de patio	No Formada	6
	Ingeniero ambiental/Biólogo	Formada	1
	Bombero, supervisor	Formada	2
	Cuadrilla de ayudantes	No Formada	8
<b>TOTAL</b>			<b>44</b>

Nota (\*): El personal indicado es estimado, el número dependerá de los requerimientos propios del proyecto y de la actividad específica que se lleve a cabo. Por tal razón, el personal podrá variar según lo presentado, (ECOPETROL S.A., 2022)  
Fuente: ECOPETROL S.A., 2022; adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

➤ **Completamiento y pruebas cortas de producción: equipos, insumos, tipo y manejo de residuos, entre otros**

• **Completamiento**

Es la configuración de equipos en subsuelo (tuberías de producción) y superficie (sistema de levantamiento) necesaria para conducir los fluidos del yacimiento a superficie de forma controlada y segura. Para hacer el diseño adecuado del completamiento se debe tener en cuenta características de producción del pozo, las tasas de producción y las condiciones mecánicas y de yacimiento del mismo (características de la roca, anticipar condiciones de operación como presiones y temperaturas, entre otras). Generalmente como mecanismo de producción se utiliza sistemas de levantamiento artificial, debido a que el yacimiento de estos no cuenta con flujo natural de empuje para producción de los fluidos contenidos.

Corresponde al conjunto de trabajos que se realizan en un pozo después de la perforación o durante la reparación del mismo, en aras de dejarlos en condiciones de producir eficientemente los fluidos de la formación o destinarlos a otros usos, como inyección de agua o gas. Los trabajos pueden incluir el revestimiento del intervalo productor con tubería lisa o ranurada, la realización de empaques con grava o el cañoneo del revestidor y, finalmente, la instalación de la tubería de producción.

La selección del completamiento tiene como objeto principal, obtener la máxima producción en la forma más eficiente y, por lo tanto, deben estudiarse cuidadosamente los parámetros que determinan dicha selección. De acuerdo con (Arrieta, 2010), dichos parámetros son:



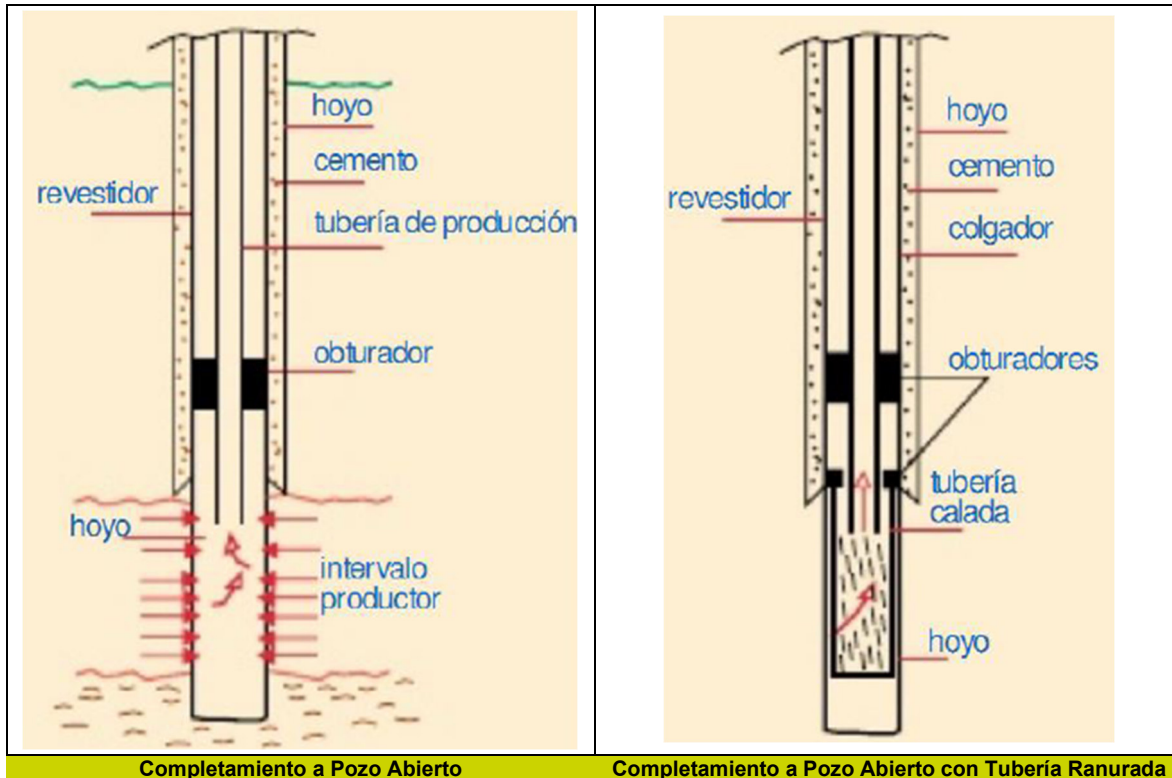
- Tasa de producción requerida.
  - Reservas de zonas a completar.
  - Mecanismos de producción en las zonas o yacimientos a completar.
  - Necesidades futuras de estimulación.
  - Requerimientos para el control de arena.
  - Futuras reparaciones.
  - Consideraciones para el levantamiento artificial por gas, bombeo mecánico, electro sumergible, etc.
  - Posibilidades de futuros proyectos de recuperación adicional de petróleo
  - Inversiones requeridas
- **Completamiento sencillo o simple**

Corresponde a una técnica mediante la cual las zonas de interés se llevan a producir de forma simultánea o selectiva a través de una misma tubería o sarta de producción. De acuerdo con el tipo de revestimiento instalado en las zonas de producción, el completamiento sencillo generalmente puede ser de 3 tipos a saber:

- **A hueco abierto:** Se realiza en zonas donde la formación está altamente compactada, siendo el intervalo de completamiento o producción normalmente grande (100 a 400 pies) y homogéneo en toda su longitud. Consiste en correr y cementar el revestimiento de producción hasta el tope de la zona de interés, seguir perforando hasta la base de esta zona y dejarla sin revestimiento. Se realiza en yacimientos de arenas consolidadas, donde no se espera producción de agua/gas ni producción de arena o derrumbes de la formación. Caliza o dolomita.
- **Con tubería ranurada:** Este tipo de completamiento se utiliza mucho en formaciones no compactadas debido a problemas de producción de fragmentos de rocas y de la formación (100 a 400 pies). Corresponde a la instalación de un “forro”, el revestidor se asienta en el tope de la formación productora y se coloca un “forro” en el intervalo correspondiente a la formación productiva. Adicionalmente se puede incluir el empleo de grava como material filtrante.
- **Hoyo revestido y cañoneado:** Es el tipo de completamiento que más se usa en la actualidad, ya sea en pozos poco profundos (4000 a 8000 pies), como en pozos profundos (10000 pies o más). Consiste en correr y cementar el revestimiento hasta la base de la zona objetivo, la tubería de revestimiento se cementa a lo largo de todo el intervalo o zonas a completar, cañoneando selectivamente frente a las zonas de interés para establecer comunicación entre la formación y el hueco del pozo.

En la **Figura 2.2.2-98** se exponen dos tipos de este tipo de completamiento

Figura 2.2.2-98 Tipos de completamiento sencillo o simple



Completamiento a Pozo Abierto

Completamiento a Pozo Abierto con Tubería Ranurada

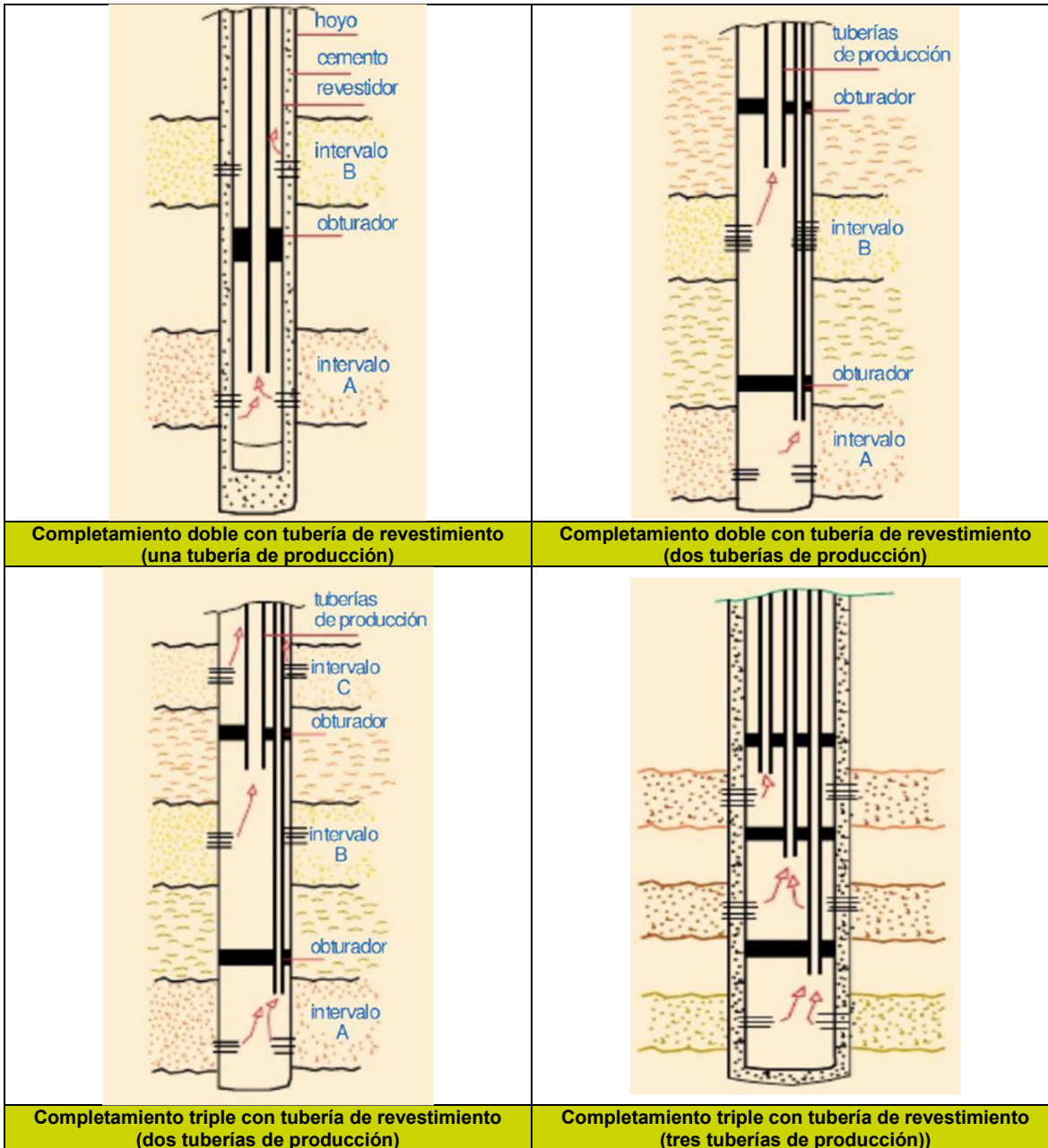
Fuente: BARBERII, 1998; adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

○ **Completamiento múltiple**

Se utiliza cuando se quiere producir simultáneamente varias zonas petrolíferas (Yacimientos) en un solo pozo, sin mezclar los fluidos. El completamiento múltiple a su vez puede ser de varios tipos:

- Completamiento doble: Se presenta cuando se van a producir dos zonas de forma independiente por un mismo pozo. Esta situación se puede conseguir de dos formas: a) Se instala una sola tubería de producción y un empaque u obturador, en cuyo caso una zona produce a través de dicha tubería y la otra por medio del espacio anular, o b) se instalan dos sargas de producción paralelas con sus respectivos empaques, una para cada zona y no se usa el espacio anular.
- Completamiento triple: Se aplica cuando se requiere la producción vertical independiente de tres estratos. El principio de funcionamiento es igual al anterior usando para este caso dos o tres tuberías de producción o educación. En la **Figura 2.2.2-99** se exponen dos tipos de completamiento

Figura 2.2.2-99 Tipos de completamiento múltiple



Fuente: BARBERI, 1998; adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

○ **Cañoneo**

Es el procedimiento de crear abertura a través de la tubería de revestimiento y el cemento para establecer comunicación entre el pozo y las formaciones productoras. La operación se realizará con cañones y consiste en el posicionamiento de estos en fondo del pozo junto a la zona productora. Los cañones contienen explosivos con cargas específicas para ser detonados desde superficie.

○ **Corazonamiento**

Operación de corte o remoción de roca en forma de cilindro, que proporciona información importante para el estudio del yacimiento. El objetivo es obtener características físicas del yacimiento como porosidad, permeabilidad, saturación de fluidos, entre otras y definir cambios en las mismas. Su aplicación incluye evaluación de posibles zonas productoras, determinar condiciones estratigráficas del subsuelo, seleccionar intervalos de cañoneos, definir contactos entre otros.

○ **Pruebas de producción**

Para los pozos recién completados se realizarán las pruebas de producción conocidas como Well Testing, mediante las cuales se determina el potencial inicial del pozo. Estas pruebas tendrán una duración de una (1) hasta cuatro (4) semanas (un mes); se realizan una vez sea seleccionado e instalado el completamiento y tienen además el objetivo de determinar el tipo y volumen de fluidos presentes en la formación y sus principales características como el porcentaje de agua y sedimentos (BS&W), la relación Gas-Aceite (GOR), la gravedad API, la salinidad del agua, el potencial de producción del pozo, los niveles o comportamiento de las presiones existentes en el yacimiento y las características de la formación. De otra parte, las pruebas extensas pueden durar entre 6 y 12 meses.

❖ **Tipos de pruebas de producción**

Una vez perforado el pozo, alcanzada la formación de interés y ejecutada la toma de registros, se procederá a realizar las pruebas de producción. Inicialmente se realizan pruebas cortas, las cuales tienen una duración próxima o inferior a tres (3) meses; con el fin de determinar las características de los fluidos presentes en la formación de interés y de acuerdo con el resultado de éstas se procede con las pruebas extensas, que tendrán una duración aproximada de seis (6) meses que pueden ser prorrogables hasta por 1 año.

◆ **Objetivos de las pruebas de producción**

Los objetivos de las pruebas son:

- Limpieza de la posible formación productora (Formación porosa permeable).
- Determinación del daño a la formación o efecto de pared, permeabilidad, presión de la formación, temperatura de fondo, porosidad promedio y el índice de productividad evaluado a varias tasas de flujo.
- Evaluación de los límites y barreras del yacimiento durante periodos extensos de producción.
- Establecer los mecanismos de empuje del yacimiento, el cual está determinado por la relación entre la presión de fondo fluyendo y las ratas de producción.

❖ **Pruebas cortas de producción**

Pruebas que se realizan posteriormente a la terminación oficial de un pozo nuevo, e incluyen pruebas de presión y de evaluación de rocas y fluidos del yacimiento. En la prueba se realiza toma de muestras, registros de presión y acondicionamiento del pozo. Los resultados de la prueba se reportarán en el Formulario 6 "Informe de terminación oficial" de la ANH. Cuando las circunstancias operacionales o las características del yacimiento lo ameriten, el Ministerio de Minas y Energía podrá autorizar tiempos superiores de prueba, la realización de trabajos adicionales al programa original de terminación o cambios con relación a las pruebas selectivas.

Su tiempo ideal es el período inicial de producción del pozo. Provee información acerca de la permeabilidad, factor de daño y el volumen del yacimiento en comunicación (continuidad de la

arena). Ofrece ventajas económicas, porque se realiza con el pozo en producción. Su mayor desventaja es la dificultad para mantener una tasa constante. Si no se puede lograr la tasa constante se recomienda el uso de pruebas multitasa. La parte inicial de los datos se ven influenciados por el efecto de post flujo

Las pruebas cortas de producción podrán corresponder entre otras a pruebas PDT (Pressure Drawdown Test: prueba de declinación de presión), en donde se utilizará tubería de producción, siguiendo un procedimiento similar:

- Selección de los intervalos más prospectivos.
- Sentado de la tubería producción (tubing) con un empaque a unos 500 pies encima del intervalo a evaluar y se llena con el fluido de completamiento (una columna de +/- 900 pies).
- Cañoneo del (los) intervalo(s) seleccionado(s).
- Flujo de pozo y evaluación de la respuesta del yacimiento para determinar los fluidos producidos (tipo y cantidad).
- Prueba de Declinación de Presión (PDT)

❖ Pruebas extensas de producción

Periodo de producción posterior a la prueba inicial o pruebas cortas que tiene por finalidad obtener información adicional del yacimiento, para definir la comercialidad o no del campo. Para realizar las pruebas extensas de producción se debe obtener autorización previa del Ministerio de Minas y Energía, para cuyos efectos se debe tener aprobado el Formulario 6 "Informe de terminación oficial" y las Facilidades de producción a utilizar, las cuales deberán ser instaladas bajo el cumplimiento de las normas técnicas nacionales o internacionales en la materia, además presentar un programa de pruebas y un mapa del área del yacimiento, de acuerdo con el (Decreto 3229, 2003), o las normas que lo modifiquen o sustituyan

Las pruebas extensas de producción se realizarán con el fin de registrar y determinar: la tasa de producción estable del pozo, el potencial del yacimiento, las características de la mezcla de fluidos tales como porcentaje de agua y de sedimentos (%BSW), la relación gas/aceite (GOR), la gravedad API del crudo producido y la salinidad del agua de formación, los niveles o comportamiento de las presiones existentes en el yacimiento y las características petrofísicas de la formación, etc.

Las pruebas extensas de producción podrán corresponder a pruebas PBU (Pressure Build Up: prueba de restauración), Pruebas de Interferencia y/o Pruebas multitasa, entre otras:

- Pruebas de Restauración de Presión (PBU): Para analizar pruebas de presión vs tiempo obtenidas de pozos para determinar permeabilidad y porosidad. Estas pruebas se realizan en un período inicial de presiones que resulta de un cambio en la tasa de producción de un pozo y no depende de la forma del yacimiento.
- Pruebas de Interferencia: Su propósito general es determinar si existe comunicación entre dos o más pozos en un yacimiento. Cuando existe comunicación, provee estimados de permeabilidad, porosidad y compresibilidad ( $\phi$ , Ct) y determina la posibilidad de anisotropía en el estrato productor. En una prueba de interferencia, un pozo es producido y la presión es observada en un pozo diferente (o pozos). Una prueba de interferencia monitorea los cambios de presión afuera en el yacimiento, a una distancia lejana al pozo productor original.
- Pruebas Multitasa: pruebas que pueden aplicarse desde una tasa variable libre hasta una serie de tasas constantes, para una prueba de presión de fondo, con constantes cambios en la tasa de flujo. En esta prueba, son esenciales tasas de flujo y medidas de presión, exactas, para proveer datos semejantes a las pruebas transitorias aun cuando la producción continúa. También



contribuye a minimizar los cambios en los coeficientes de almacenamiento del pozo y efecto de los estados de segregación. Muestran gran ventaja cuando se está cambiando del periodo de almacenamiento (post flujo) al periodo medio.

◆ Actividades asociadas a las pruebas de producción

En general, las actividades a desarrollar durante las pruebas iniciales y extensas de producción serán:

- Recibir la producción proveniente del pozo a través de línea de flujo.
- Efectuar temporalmente los procesos de separación gas/líquido y tratamiento crudo/agua.
- Enviar los líquidos (crudo y agua) a los respectivos tanques de almacenamiento.
- Cargar y enviar por carrotanques, los fluidos producidos desde el sitio de prueba hacia los destinos definidos por la compañía.

Estas actividades se desarrollarán en la misma Locación y dependiendo de los resultados obtenidos en estas pruebas, se habilitará la posibilidad de adecuación de las Facilidades Tempranas de Producción.

◆ Procedimiento

Cuando según la interpretación de los registros eléctricos y el análisis de los cortes de perforación, se llega a la formación productora, se baja una sarta de cañoneo la cual contiene pequeñas cargas explosivas. Cuando dichas cargas se detonan, los tiros perforan el revestimiento y la formación, generando unos canales que facilitan el flujo de los fluidos hacia el pozo, en caso de que el pozo no cumpla con la producción esperada, se usarán técnicas de estimulación como, fracturamiento hidráulico, o tratamientos con químicos, posteriormente se baja la tubería de producción y el sistema de levantamiento para iniciar las pruebas de producción.

El procedimiento por seguir para las pruebas de producción es el siguiente:

- Definir el objetivo de la prueba mediante registros y preparar el pozo para la prueba.
- Identificar los aspectos ambientales y de seguridad industrial.
- Definir roles y responsabilidades en las diferentes operaciones.
- Definir el tipo y la duración de la prueba.
- Definir tipo de comunicación en el equipo y desde el equipo.
- Definir equipo de superficie y de fondo de pozo.
- Definir procedimientos para almacenaje de sedimentos, agua y crudo.
- Armar y probar equipo de superficie.
- Armar, probar y bajar sarta de prueba (Tubería de prueba, herramientas de fondo y cañones) arriba de la zona de interés.
- Desarrollar correlación, sentar empaque.
- Cañonear zona de interés, se mantendrá en funcionamiento el quemadero provisional para la quema del gas que se pueda encontrar al interior de la formación o zona de interés y de esta manera se controla la presión del pozo, se evitan explosiones, “patadas de pozo” y se disminuye el impacto por gases inquemados
- Hacer un primer flujo de duración de 1 a 5 minutos, monitoreando las manifestaciones en superficie.
- Cerrar el pozo durante 1 hora (Cierre inicial).
- Abrir el pozo a un segundo periodo de flujo que puede tener una duración hasta de 72 horas, midiendo las tasas de flujo.

- Tomar muestras de fluidos de formación, aceite, gas y agua.
- Cerrar el pozo hasta por el doble del tiempo del periodo de flujo.
- Circular a través del anular fluido de completamiento para controlar el pozo y recuperar los hidrocarburos que están dentro de la tubería.
- Sacar sarta de prueba.
- Recuperar sensores de presión.
- Aislar la zona mediante un tapón puente permanente o recuperable dependiendo si ésta es productora o no.
- Preparar, probar y bajar sarta para la siguiente prueba.

El esquema general del procedimiento a seguir para la ejecución de pruebas de producción se plasma en la **Figura 2.2.2-100**.

**Figura 2.2.2-100** Esquema de las pruebas de producción a realizar en los pozos perforados



*Fuente: PLAN DE MANEJO AMBIENTAL ESPECÍFICO CLÚSTER NUEVA ESPERANZA Y SU INFRAESTRUCTURA CONEXA - CAMPO DE PRODUCCIÓN 50K (ACTUALIZACIÓN - VERSIÓN 2); adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)*

Durante cada prueba se tomarán datos de producción de fluidos y de presión en la cabeza del pozo, finalizada cada prueba, se medirá la presión en el yacimiento por medio de elementos de presión instalados en el fondo de la sarta. El diseño específico de las pruebas iniciales dependerá de las indicaciones geológicas y de registro que arroje el pozo durante la perforación.

◆ Equipos e insumos

Para el desarrollo del completamiento y de las pruebas de producción se requieren una serie de equipos, elementos y accesorios para: la estimulación de las formaciones productoras; el control del pozo; la extracción, recibo y tratamiento de los fluidos de producción en superficie; e instrumentos de medición y registro. La terminación del pozo se puede llevar a cabo con el mismo equipo de perforación o con un equipo de menor capacidad como los utilizados normalmente para realizar labores de workover. En la **Tabla 2.2.2-51** se relacionan los equipos necesarios que se utilizan durante las pruebas de producción, mientras en la **Tabla 2.2.2-52** se listan los insumos a requerir durante el desarrollo de esta actividad.

**Tabla 2.2.2-51 Equipos y Accesorios Típicos Utilizados Durante el Completamiento y las Pruebas de Producción**

Actividad	Equipos
Estimulación de la formación	Equipo de perforación o de workover
	Equipos de bombeo
	Sarta de cañoneo
	Cañones para perforar las formaciones productoras.
Control del pozo	Cabezal de pozo, árbol de navidad
	Válvulas de control y estrangulamiento
	Múltiple de prueba portátil
	Empaques de revestimiento para aislamiento del anular y de diferentes formaciones
Extracción, recibo y tratamiento de fluidos	Tubería de producción
	Unidad de suabeo o succión
	Equipo de bombeo
	Separadores
	Tanques de almacenamiento
	Tuberías para interconexión de equipos (líneas de flujo).
	Tea: para la combustión del gas producido.
	Compresores
	Generadores: Para suministrar la energía requerida para la operación de los equipos(Compresores, bombas, caseta laboratorio).
	Casetas portátiles (oficinas, laboratorios, almacenes)
Instrumentos de medición	Medidores de flujo
	Manómetros
	Termómetros
	Sistema de adquisición de datos
	Sensores de presión y temperatura

Fuente: ECOPETROL S.A., 2022; adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

**Tabla 2.2.2-52 Materiales e Insumos Utilizados para el Completamiento y las Pruebas de Producción**

Actividad	Sustancia o insumo a utilizar	Función
Estimulación y limpieza	Petróleo, diésel, kerosene, agua, espumas, arena	Bases e insumos para preparación de fluidos para perforación.
	Grava, arena, salmueras	Insumos para control de sedimentos y limpieza del pozo; la arena se usa como apuntalante en las fracturas de la formación.
	Ácidos: clorhídrico (HCl), acético (C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> O <sub>2</sub> ), fórmico (CH <sub>2</sub> O <sub>2</sub> ) y fluorhídrico (HF).	Compuestos base para la preparación de las soluciones a bombear
Estimulación y limpieza	Bactericidas	Previenen y controlan pérdidas de viscosidad ocasionadas por bacterias
	Estabilizadores	Se adicionan a los fluidos de estimulación para proporcionar mayor estabilidad cuando se manejan altas temperaturas de operación
	Surfactantes	Reducir tensiones superficiales o interfaciales para promover la limpieza y el flujo a través de los poros de la formación.
	Óxidos de hierro, bisulfato de aluminio, carbonato de zinc y cromato de zinc	Inhibidores de corrosión
Otros	Crudo, ACPM, gasolina, grasa, aceites hidráulicos y aceites lubricantes, geomembranas, arena.	Son sustancias que se utilizan para el funcionamiento y mantenimiento de los equipos, motores y maquinaria en general, así como para controlar fugas o eventuales derrames.

Fuente: ECOPETROL S.A., 2022; adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

○ **Limpieza del pozo**

La limpieza del pozo se inicia una vez se ha determinado la posibilidad de producción de las formaciones potencialmente productoras. Para esta operación se emplea la diferencia de presión existente entre la formación y la cara del hueco ó se utiliza una unidad de suaveo (Swabbing Unit), equipo que permite mediante succión hacer un transporte lento de las basuras, lodos y cortes de perforación en exceso que se encuentren en el hueco. El gas generado durante las pruebas de producción, será conducido para su disposición final a un quemadero horizontal de ramales, el cual garantizará la combustión completa de este, teniendo en cuenta la variación de las condiciones climatológicas en la zona. El agua asociada se incorporará al sistema de aguas residuales industriales del pozo y se tratará hasta alcanzar las especificaciones mínimas de calidad establecidas para el manejo de las aguas residuales y su posterior disposición.

○ **Tipos de residuos**

Así como en la etapa de perforación, durante las pruebas de producción se generan residuos domésticos e industriales; los cuales pueden ser peligrosos y no peligrosos.

- Residuos Domésticos: Se generan de las actividades de algunos puestos de control relacionados con la operación.
- Residuo Industrial: Proviene de las zonas operativas, estaciones de recolección y tratamiento, plantas de tratamiento, zonas de mezcla química.
- Residuo Peligroso: Es aquel que puede causar riesgo o daño para la salud humana y para el ambiente.
- Residuo No peligroso: Es aquel que no tiene corrosividad, reactividad, explosividad, toxicidad, inflamabilidad, ni carácter infeccioso y no causan riesgo o daño para la salud humana ni para el ambiente.

○ **Manejo de fluidos de retorno (flowback)**

Los fluidos de retorno en las pruebas de producción por lo general son salmueras y fluidos del yacimiento (agua, petróleo y gas), utilizados para controlar y dar arranque al pozo, los residuos generados son transportados hasta tanques y/o frac tanks, donde se tratan por decantación, separación de grasas, floculación, filtrado y desinfección, el fluido recuperado, así como el agua de aporte de los pozos pueden ser reutilizados en las actividades de servicio a pozos.

○ **Destino de fluidos**

Los fluidos obtenidos durante las pruebas de producción serán debidamente recolectados, separados y tratados para su disposición final, los residuos líquidos generados serán entregados a un tercero que cuente con los permisos de tratamiento y disposición final en vigencia, mientras que los fluidos de producción agua, petróleo y gas serán transportados hasta la estación de recolección más cercana para su tratamiento y en el caso de las aguas de producción ser aprovechadas para procesos Enhanced Oil Recovery - EOR- y/o disposal.

○ **Manejo de residuos**

El manejo de los diferentes tipos de residuos generados durante la etapa de perforación, cumplirá con la legislación ambiental vigente y lo consignado en la Guía HSE-G-004 2017 de Ecopetrol S.A.

➤ **Desmantelamiento y restauración de áreas intervenidas por la actividad**

El desmantelamiento consiste en la limpieza de todos los residuos generados tales como sobrantes de concreto, bolsas de cemento, cintas de seguridad, madera, sobrantes de acero, alambres, etc.; el retiro de la maquinaria pesada que se usó junto con las herramientas menores como mezcladoras, carretillas, palas, etc.; la clausura de las letrinas secas o el retiro de los baños portátiles (en caso de que se hubiesen empleado) y finalmente la empedricación de taludes y limpieza final de las áreas intervenidas. Estas actividades se encuentran detalladamente en el **Capítulo 10 Plan de Desmantelamiento y Abandono**, del presente Estudio de Impacto Ambiental Área de Desarrollo Llanos 141

➤ **Número máximo de plataformas y pozos**

El número máximo de plataformas y pozos objeto de solicitud para la presente estrategia de desarrollo se presentan en el ítem Cantidades requeridas para el Área de Desarrollo Llanos 141.

➤ **Estimativos de mano de obra**

El estimado de mano de obra requerida para la ejecución de las actividades asociadas a esta estrategia de desarrollo se relacionaron anteriormente en el ítem Organización típica y personal necesaria.

➤ **Cronograma de actividades Perforación de Pozos**

El cronograma general presentado reúne las diferentes estrategias de desarrollo contempladas para el Área de Desarrollo Llanos 141, corresponde a una proyección de tiempos estimados de ejecución de las mismas y puede presentar variaciones en función del desarrollo de las diferentes actividades a ejecutar, así las cosas, es de señalar que en función de los resultados obtenidos y tiempos de duración de las pruebas de producción realizadas en la fase de exploración, este cronograma puede ser ajustado en aras de dar inicio paralelo a la implementación de las estrategias de desarrollo asociadas a la operación y producción definidas para el Área de Desarrollo y que se encuentran contempladas en el presente EIA.

A continuación, en la **Tabla 2.2.2-53 y Tabla 2.2.2-54** se presentan las fases de desarrollo del campo en las que se contempla la perforación de pozos y la duración de las actividades a desarrollar durante el proceso de perforación para un pozo de producción tipo.

**Tabla 2.2.2-53 Fases de desarrollo del campo en donde se contempla la perforación de pozos**

ID	ESTRATEGIA DE DESARROLLO	CICLO ASOCIADO AL DESARROLLO DEL CAMPO	ED	ESTRATEGIAS DE DESARROLLO	CANTIDADES A SOLICITAR	CANTIDADES PROYECTADAS POR FASE	0			1																							
							EXPLORACIÓN			DESARROLLO - PRODUCCIÓN																							
							1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15												
2	Perforación de pozos	Estrategias asociadas a la producción de hidrocarburos	ED4	Perforación de pozos productores	Número de pozos: hasta 50.	Hasta 2 pozos																											
						Hasta 48 pozos																											

Nota (\*): A partir de concluida la construcción, las fases siguientes corresponderán a la operación asociada a este tipo de infraestructura  
Fuente: ECOPETROL S.A., 2023; adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)



**Tabla 2.2.2-54 Duración estimada para perforación típica de un pozo (producción, inyección y/o NFE)**

Ciclo asociado al desarrollo del campo	Actividades	SEMANA					
		1	2	3	4	5	6
Estrategias asociadas a la producción de hidrocarburos	Montaje de equipos de perforación						
	Perforación, completamiento y operación del pozo						
	Pruebas de producción						
	Uso, tratamiento, transporte y disposición final de lodos y cortes de perforación						
	Instalación y operación de teas temporales						

Nota (\*): A partir de concluida la perforación, las fases siguientes corresponderán a la operación asociada a este tipo de infraestructura

Fuente: ECOPETROL S.A., 2023; adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

Las perforaciones de pozos serán reportadas vía ICA y descontadas de los saldos autorizados en el presente Estudio de Impacto Ambiental.

➤ **Desmantelamiento y restauración de las áreas intervenidas por la actividad**

La etapa de Desmantelamiento, Abandono y Recuperación Ambiental se desarrollará de acuerdo con seis (6) actividades que la conforman de forma general, así:

- Desmantelamiento de instalaciones, retiro de infraestructura y equipos, salida del área
- Cierre del pozo y contrapozo
- Desmonte y demolición de infraestructura
- Limpieza de áreas
- Reconformación del terreno, empradización y/o revegetalización
- Cierre socio-ambiental al final de la operación del campo

Las actividades referidas son evaluadas en términos del potencial impacto que generan (capítulo 5. Evaluación de Impactos), para posteriormente implementar las respectivas medidas de manejo contempladas en el plan de manejo y seguimiento del presente estudio (capítulo 7. Plan de manejo ambiental y capítulo 8. Programa de seguimiento y monitoreo).

El taponamiento y abandono de un pozo corresponde a la fase final del ciclo de vida de este y consiste en establecer las barreras permanentes dentro del pozo, de tal forma que se conserve la integridad del mismo, lo anterior con la perspectiva de la no re-entrada futura al pozo.

En este orden de ideas, un pozo es abandonado cuando se presenta cualquiera de las siguientes condiciones: pozos secos, con daño mecánico o que no cumplan con los requisitos de desarrollo y explotación económica o cuando por orden o consideración técnica, por parte del Ministerio de Minas y Energía, este deba ser abandonado; también cuando durante la perforación del pozo se encuentra con zonas acuíferas y el objetivo es otro, caso en el cual se debe hacer la terminación y abandono de pozo, de tal forma que en el futuro, pueda ser usado para otro fin..

Las consideraciones para abandono de pozos son presentadas de manera general puesto que cada pozo es un caso particular y debe ser planeado de acuerdo con las características del mismo y consideraciones técnicas requeridas, sin embargo, de manera integral el Plan de Abandono, ampara las actividades correspondientes a la desincorporación de activos.

Para un adecuado diseño de abandono del pozo se considerará como mínimo los siguientes insumos para una correcta ubicación y diseño de las barreras:

- Identificar todas las formaciones expuestas a flujo en el momento del abandono del pozo y las formaciones adyacentes como sellos naturales y formaciones con potencial de influjo futuro.

- Identificar el estado del pozo en el momento del abandono: estado de los revestimientos, cementación original, “sidetracks”, pescados, restricciones, desgastes, colapsos, fracturas, corrosión, etc.
- Identificación de potenciales puntos de fuga en elementos del completamiento.
- Análisis previo de presencia de presiones en los anulares. Realizar una prueba de drenaje y reconstrucción de presión para diagnosticar el problema, si es el caso y realizar todas las actividades que sean necesarias, para determinar la fuente.
- Fuerzas tectónicas y sismicidad.
- Identificar presión y temperatura actual del yacimiento.
- Proyectos futuros EOR de los yacimientos, tales como proyectos térmicos.
- Tipos de fluidos existentes en el yacimiento.
- Registros de cementación y cualquier otro dato sobre la integridad durante la vida del pozo.

A continuación, se listan las principales actividades a ejecutar durante el cierre y abandono de pozos:

- Instalación de barreras
- Taponamiento
- Identificación de pozos abandonados

Finalmente, es aconsejable revisar las acciones de monitoreo o las necesidades de intervención entorno a la gestión de minimización de impactos y reducción del riesgo.

La descripción detallada de las actividades a seguir para realizar el desmantelamiento y abandono de pozos se consigna en el **Capítulo 10\_PLAN\_DESMANTELAMIENTO Y ABANDONO**, del presente Estudio de Impacto Ambiental

#### ➤ **Impactos ambientales asociados**

Los impactos generados por el desarrollo de estas subactividades se presentan en el **Capítulo 5, Evaluación Ambiental**, del presente documento.

#### **2.2.2.2.1.2 Perforación de pozos de inyección de agua para recobro (ED5)**

Dadas las características del yacimiento en el Área de Desarrollo Llanos 141, se requiere realizar la actividad de inyección de diferentes fluidos (agua de producción, agua con polímeros, y sus mezclas) como mecanismo de recuperación secundaria, con el objeto de mantener y/o incrementar su presión, y así generar recuperación de hidrocarburos. Es importante precisar que esta actividad se realizará conforme a los buenos resultados de la aplicación de estas tecnologías en otros campos de la Compañía con el objetivo de incrementar el factor de recobro de los bloques. Para la ejecución de esta estrategia es necesaria la realización de actividades asociadas a las siguientes Estrategias de Desarrollo, mientras la descripción de cada una de estas se consigna en el respectivo literal:

- Adecuación, mantenimiento y/o ampliación de vías existentes (Estrategia de Desarrollo ED1)
- Construcción de nuevas vías (Estrategia de Desarrollo ED2)
- Construcción de Locaciones (Estrategia de Desarrollo ED3)
- Construcción y operación de líneas de flujo (Estrategia de Desarrollo ED9)
- Perforación de pozos productores (Estrategia de Desarrollo ED4)

#### ➤ **Cantidades requeridas para el Área de Desarrollo Llanos 141**

Es normal que una vez se inicia la explotación de hidrocarburos, se presente una reducción progresiva de presión natural del yacimiento asociado al mecanismo de drenaje de este y por consiguiente la progresiva disminución (declinación) en la producción de los pozos, debido a la

pérdida de la energía natural del yacimiento. Llegado este momento, y de acuerdo con las características de cada yacimiento, y de los programas de producción de los pozos, las operadoras pueden optar por implementar técnicas de recobro secundario, donde la energía adicional para mantener la presión y mejorar la producción de los pozos, es administrada de manera artificial por algún método de recobro secundario convencional, entre los que se destacan la inyección de fluidos a presión, que permitan reemplazar los volúmenes extraídos y de esta manera ayudar a compensar la pérdida de presión, mejorando la recuperación de petróleo y prolongando la vida del campo

Bajo las consideraciones anteriores, la estrategia de desarrollo contempla la actividad de perforación de pozos para inyección de fluidos con fines de mantenimiento de presión y/o aumento del factor de recobro en el yacimiento en las formaciones productoras; las actividades se desarrollarán en pozos existentes o nuevos, en Locaciones existentes o nuevas dentro del Área de Desarrollo Llanos 141 de acuerdo con las tecnologías y métodos descritos en el presente EIA. Así las cosas y bajo el escenario descrito se contempla la perforación de pozos para este fin, pero los cuales hacen parte del total de pozos a solicitar para el campo (50 pozos), pero considerando adicionalmente que se podrán aprovechar hasta un máximo 20 de los pozos perforados para producción para el desarrollo de esta estrategia, lo cual hace necesario la conversión de pozos (Tabla 2.2.2-55).

**Tabla 2.2.2-55 Cantidad de pozos inyectores de agua para recobro a perforar y/o convertir**

Tipo de actividad	Numero de pozos a perforar
Perforación de pozos inyectores de agua para recobro	Solicitar la perforación y/o conversión de hasta 20 pozos (del total de los 50 pozos a solicitar para el área de desarrollo Llanos 141) que podrán ser distribuidos entre pozos inyectores para recobro secundario o para disposal. Es de señalar que desde el punto de vista operacional la capacidad de inyección por pozo se estima de hasta 25.000 BWPD por pozo. Este valor estará sujeto y podrá variar de acuerdo con las pruebas de inyectividad y la respectiva aprobación por parte de la ANH

Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

➤ **Equipos, maquinaria, sistemas y procesos de perforación**

Los pozos de inyección se realizarán de forma convencional utilizando un equipo de mesa rotaria, para lo cual se implementará un programa de perforación, cuyo objetivo será garantizar el aislamiento de las zonas de interés, direccionando el fluido exclusivamente hacia las formaciones receptoras; para tal fin cada pozo perforado será revestido, cementado y completado con el propósito de conducir el agua en forma segura y controlada desde superficie hasta la unidades objetivos para reinyección e inyección.

Para la perforación de pozos de agua para recobro en el Área de Desarrollo Llanos 141, se planea usar equipos de perforación conocidos como taladros (RIGS) de última tecnología; estos cuentan con un conjunto de cinco sistemas básicos para la operación: potencia, rotación, levantamiento, circulación y sistema de control de pozos, los cuales son similares en su descripción a los descritos en la estrategia de desarrollo 2.2.2.2.1.1 Perforación de pozos productores (ED4), ítem Equipos, maquinaria, sistemas y procesos de perforación del presente EIA, aunados a las siguientes especificidades

- **Tecnologías de inyección**

En general los pozos inyectores, sin importar su formación objetivo, cuentan con revestimiento, el primero cubre en términos generales el tramo comprendido desde superficie hasta la primera zapata, de manera que se aislen los acuíferos superficiales del proceso en ejecución, y el segundo desde la superficie hasta el fondo o profundidad final (TD: Total Depth).

Es de señalar que la inyección se realiza a profundidades, que garantizan la no afectación de acuíferos superficiales, los cuales se cuentan ubicados por encima de los sellos regionales de la zona. La ejecución de perforación de pozos de inyección se debe realizar siguiendo las siguientes recomendaciones generales:

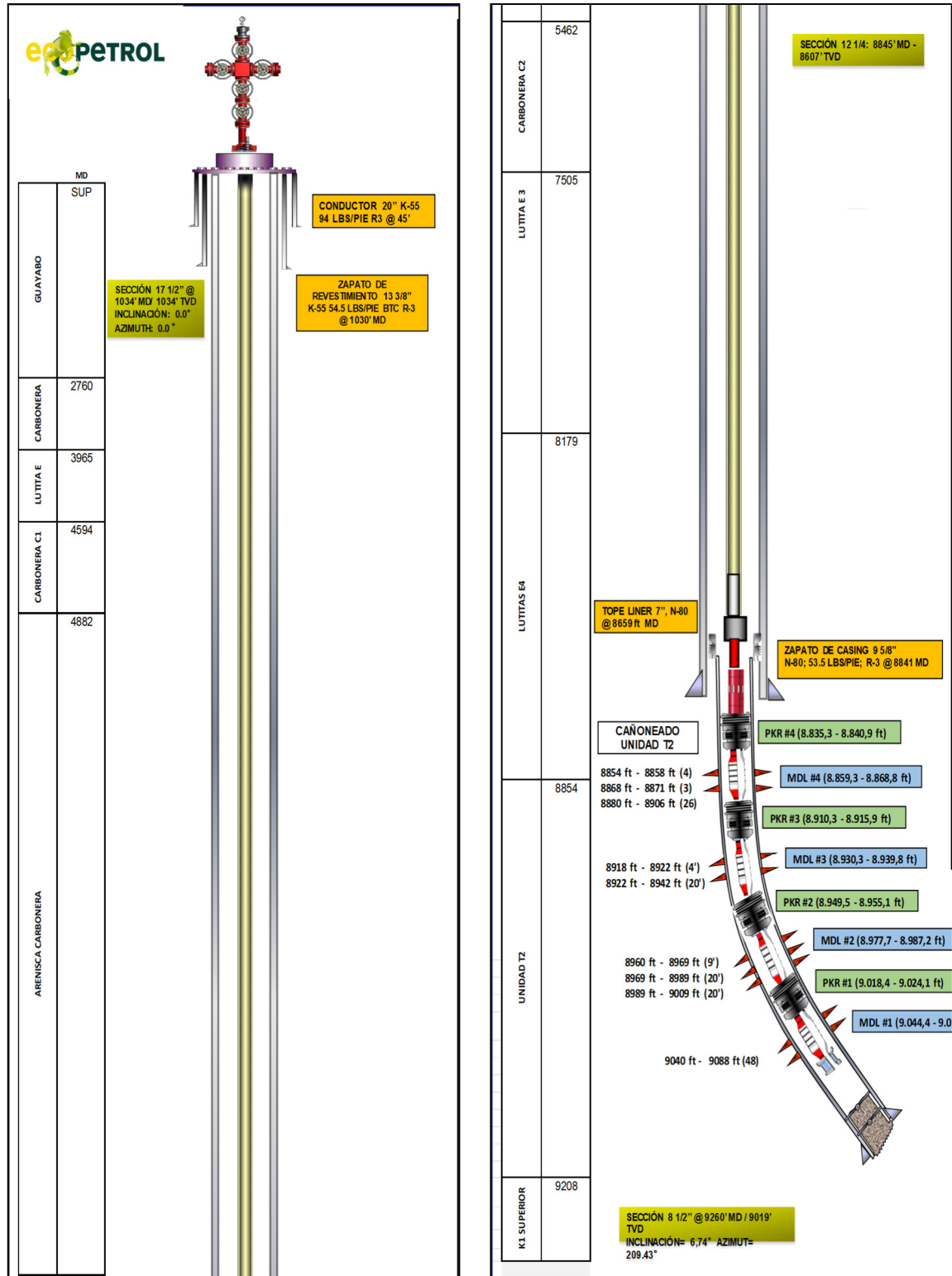
- Una vez realizada la cementación, se puede llevar a cabo un registro de calidad de cemento con el fin de asegurar el correcto aislamiento de todos los intervalos del pozo durante la fase de cementación.
- En caso de observar deficiencias en la cementación se procederán a efectuar cementaciones remediales según criticidad de cada caso.
- Una vez validada la calidad de la cementación de los pozos, se procede a realizar el cañoneo de las zonas a inyectar según revisión por parte del equipo de yacimientos, y con base en los registros eléctricos adquiridos. En esta fase se determina el caudal y presión de inyección a aplicar en cada uno de los intervalos objetivo del proceso de inyección de agua.
- Posteriormente, se realiza la movilización del taladro de completamiento, y se realiza el arme y corrida de la sarta de completamiento. La sarta, usualmente, es de tipo selectiva, la cual se compone principalmente de empaques hidráulicos, mandriles y juntas de desconexión. La cual controla eficientemente el proceso de desplazamiento de hidrocarburos.
- El asentamiento de la sarta en uno de los tipos se puede realizar con aumento de presión, y se asegura mediante la configuración diferencial en presión de cada empaque.
- La siguiente etapa se da de nuevo de manera Rigless, en donde la unidad de Slick line, realiza el cambio de válvulas ciegas a válvulas reguladoras, dejando el pozo listo para iniciar inyección. Estas válvulas reguladoras son las encargadas de asegurar que los parámetros de diseño se ajusten a cada intervalo/pozo.
- Una vez el pozo inyector es puesto en línea y se encuentra estabilizado, se realiza el monitoreo del mismo, mediante perfiles de inyección para determinar si se requiere algún ajuste en pro de asegurar el perfil de inyección vertical requerido.

El diseño mecánico de los pozos inyectores debe cumplir con lo estipulado en la Resolución 90341 del 27 de marzo de 2014 del Ministerio de Minas y Energía, Artículo 15, numerales 2, 3 y 6 en la cual se establecen los requerimientos técnicos y procedimientos para la perforación de pozos (inyectores y de producción).

Para los pozos inyectores nuevos o convertidos, se cumplirá con los requerimientos constructivos del Artículo 15, numeral 2, literales a, b, c, d y e. A continuación, se presenta el esquema general, del estado mecánico de un pozo inyector (**Figura 2.2.2-101**).

La actividad será reportada a la Autoridad Nacional de Hidrocarburos ANH, mediante la Forma 20 - CR "Informe Mensual sobre Inyección de Agua y Producción", la cual incluye los datos de volúmenes inyectados y las presiones alcanzadas.

Figura 2.2.2-101 Estado mecánico de un pozo inyector



Fuente: Autor ECOPETROL S.A., 2023; adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)



La actividad de inyección / reinyección de fluidos en el yacimiento se realizará sin sobre pasar la presión del yacimiento, garantizando la no migración de fluidos a los acuíferos superficiales y con las mejores prácticas de la industria como hasta ahora se ha venido realizando.

La actividad se lleva a cabo en arreglos geométricos (patrones) que serán establecidos en los Planes de Desarrollo del Campo, conforme los compromisos con la ANH. Usualmente, la inyección de agua se implementa con sartas múltiples, para mejorar la eficiencia vertical y garantizar la inyección a todas las zonas productoras, con pozos productores hacia los límites del yacimiento. Las actividades de inyección, en algunas ocasiones, requieren la perforación de pozos nuevos siguiendo las técnicas y métodos descritos en el numeral **2.2.2.2.1.1 Perforación de pozos productores**, del presente capítulo. En otros casos, se realizará la actividad de inyección a partir de pozos existentes donde los mismos se adecuarán o reacondicionarán teniendo en cuenta las técnicas y métodos descritos en el literal **Equipos, maquinaria, sistemas y procesos de perforación**, de la estrategia referida. De igual forma, la Estrategia de Perforación de pozos de inyección de agua para recobro, tiene relación directa con adecuaciones, mantenimiento o requerimientos adicionales en infraestructura necesaria para la actividad, que permitan recolección, tratamiento, almacenamiento, despacho y la interconexión hidráulica de los fluidos.

#### ➤ **Instalaciones de apoyo**

Las instalaciones de apoyo requeridas son similares a las que son necesarias para la perforación de pozos productores, en este orden de ideas, las mismas se encuentran descritas en el ítem **Instalaciones de apoyo** presentadas en la estrategia de desarrollo **2.2.2.2.1.1 Perforación de pozos productores**, del presente Estudio de Impacto Ambiental.

#### ➤ **Requerimientos de insumos y fuentes de energía**

Los requerimientos de insumos y fuentes de energía son similares a los que son requeridos para la perforación de pozos productores, en este orden de ideas, los mismos se encuentran descritos en el ítem **Requerimientos de insumos y fuentes de energía** presentados en la estrategia de desarrollo **2.2.2.2.1.1 Perforación de pozos productores**, del presente Estudio de Impacto Ambiental.

#### ➤ **Requerimientos de insumos y fuentes de energía**

Los materiales e insumos que se requieren para la perforación de pozos inyectores de agua para recobro son los necesarios para la preparación del lodo, mantenimiento de los equipos y maquinarias, los materiales de oficina, las actividades de cementación, tratamiento de aguas residuales (domésticas e industriales) y de los sólidos generados por el paso del lodo en el sistema de control de sólidos del taladro (una vez éste sale del hueco), así como para el tratamiento de flocs y lodo descartado del sistema debido a los procesos de dewatering.

Es de señalar que los productos y las propiedades recomendadas son susceptibles de cambio de acuerdo con las condiciones de operación y se sugieren teniendo en cuenta la experiencia adquirida y la información del pozo analizado con los diferentes sistemas de lodos, cementación y completamiento utilizados en el área; así las cosas, la descripción de estos requerimientos son similares a los descritos anteriormente en la estrategia de desarrollo **2.2.2.2.1.1 Perforación de pozos productores**, ítem Requerimientos de insumos y fuentes de energía.

#### ➤ **Organización típica y personal necesaria**

Para las actividades de perforación ECOPETROL S.A. cuenta con compañías especializadas en cada área del proceso (perforación direccional, lodos, registros eléctricos, etc.). El personal relacionado en este documento es estimado y podrá variar en función de las actividades y fases que

se estén ejecutando. Durante la etapa de perforación de pozos inyectores de agua para recobro, se requiere personal formado y no formado que serán de base y temporal o flotante, tal como se encuentran descritos en la **Tabla 2.2.2-56**.

**Tabla 2.2.2-56 Personal para la perforación, completamiento y pruebas de integridad**

ACTIVIDAD	FORMACIÓN	PERSONAL	CANTIDAD
Administración	Mano de obra formada	Director Ambiental	1
		Ingeniero perforación	1
		Coordinador HSEQ	1
		Administrador	1
Perforación	Mano de obra formada	Company Man (ECP)	1
		Asistente Company Man	2
		Tool Pusher	2
		Perforador (Driller)	4
		Electricista	2
		Mecánico	2
		Bodeguero	2
		Enfermero / Coordinador HSE	2
		Radio operador	1
		Soldador	2
	Mano de obra no formada	Aceitero	3
		Encuellador	4
		Cuñeros	12
		Obreros de patio	8
Lodos	Mano de obra formada	Ingenieros de lodos	2
		TFM	1
Control de sólidos	Mano de obra formada	Supervisor	2
		Técnico de centrifugas	2
	Mano de obra no formada	Obreros	4
Registros de pozo	Mano de obra formada	Jefe de Geología (Well Site)	1
		Ingeniero Mud Logging	2
		Geólogos	2
Cementación	Mano de obra formada	Ingeniero	1
		Técnicos de cementación	3
Registros de pozo y check shot	Mano de obra formada	Ingeniero	1
		Técnicos de registros	3
Revestimiento	Mano de obra formada	Ingeniero	1
	Mano de obra no formada	Ayudantes de revestimiento	2
Ambiental	Mano de obra formada	Interventoría HSE	2
	Mano de obra no formada	Ayudantes	2
Social	Mano de obra formada	Gestor Social	1
<b>SUBTOTAL</b>			<b>83</b>
Pruebas de integridad	Mano de obra formada	Ingenieros y ayudantes	2
		Interventoría HSE	1
		Bombero, supervisor	1
	Mano de obra no formada	Obreros de patio	5
		Cuadrilla de ayudantes	3
<b>SUBTOTAL</b>			<b>12</b>
<b>TOTAL</b>			<b>95</b>

Fuente: PLAN DE MANEJO AMBIENTAL PARA LA REINYECCIÓN DE AGUAS EN EL CLÚSTER 1 E INFRAESTRUCTURA ASOCIADA; adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

➤ **Completamiento y pruebas cortas de producción: equipos, insumos, tipo y manejo de residuos, entre otros**

El completamiento es entonces el conjunto de trabajos que se realizan en un pozo inyector de agua para recobro en aras de dejarlos en condiciones de eficientes de funcionamiento para la inyección de agua de producción en los volúmenes requeridos para el proceso de recobro de hidrocarburos. Los trabajos pueden incluir el revestimiento del intervalo inyector con tubería lisa o ranurada, la

realización de empaques con grava o el cañoneo del revestidor y, finalmente, la instalación de la sarta de inyección. Bajo la premisa anterior, las actividades de completamiento son similares a las presentadas y descritas en la estrategia de desarrollo **2.2.2.1.1 Perforación de pozos productores**, ítem Completamiento y pruebas cortas de producción: equipos, insumos, tipo y manejo de residuos, entre otros que hacen parte de este EIA. mientras que es de señalar que en este tipo de pozos no se realizan pruebas de producción sino pruebas de integridad cuyo procedimiento general de ejecución se describe a continuación.

- **Aislamiento físico de las capas en las cuales se realizará la inyección**

Una adecuada cementación de los pozos inyectores garantiza el aislamiento. Para cumplir con lo anterior, en el momento de la perforación o conversión se realizará un perfil o registro de cementación para determinar la calidad del cemento que se encuentra aislando la capa a inyectar, no sólo en el contacto entre el cemento y el revestimiento sino también entre el cemento y la formación. Es necesario hacer el registro simultáneo de ambos perfiles, para optimizar la operación, puesto que el Cement Bond Log (CBL), provee una evaluación cuantitativa de la cementación, mientras que el registro Variable Density Log (VDL) permite hacer una evaluación en forma cualitativa, de esta forma se determina la condición de la cementación y se identifican posibles problemas en la misma. Si a partir de los resultados de los perfiles de la cementación se observa algún sitio donde el cemento no está presente o muestra baja adherencia al revestimiento o a la formación geológica, se podría realizar una operación de cementación remedial del intervalo con los equipos, insumos y materiales adecuados. Esta actividad de evaluar y si es necesario reparar la cementación, podrá repetirse posteriormente, durante las operaciones de mantenimiento correctivo o reparación de un pozo inyector.

El control periódico se va a realizar para cumplir los requisitos de integridad mecánica. La prueba que es anual incluye monitoreo de reservorio y pruebas de presión del anillo. Adicionalmente se deben contemplar otras actividades de revisión periódica que permite verificar la integridad del sistema de inyección. Las frecuencias para realizar estas actividades serán definidas por la operación del campo.

- **Prueba de presión de reservorio (Fall-Off o estática)**

Las pruebas de presión Fall-Off, corresponden al registro de datos referentes a las pruebas de reinyección de pozo, en condiciones típicas de operación (velocidad constante). La Velocidad, la temperatura y la consistencia del fluido se registrarán durante el período de reinyección. El volumen inyectado acumulado también debe registrarse. Se continúa la reinyección por un mínimo de aproximadamente 2 a 6 horas. Se debe tener en cuenta que la variación significativa en la velocidad puede producir información de pobre calidad o requerir técnicas de análisis más complicadas.

Esta prueba es útil para determinar la permeabilidad efectiva del yacimiento, detectar si existe daño de formación (causado por taponamiento, hinchamiento de arcillas, precipitados, entre otros), la presión de fractura del yacimiento y por lo tanto ayuda a la verificación de funcionamiento adecuado del sistema de reinyección.

- Medida y corrida de la presión Rig-Up en el pozo, a una profundidad aprobada por el Ministerio de Minas y Energía, coherente con las mediciones históricas.
- Para la presión transitoria Fall-Off, se obtiene la presión final de reinyección estabilizada, generalmente por un mínimo de 1 hora. Asegurarse de que las lecturas de las medidas de temperatura se hayan estabilizado.
- Después de que las mediciones de los registros estén estables, parar la reinyección y el monitoreo de presión Fall-Off. Continuar con el monitoreo de presión para un mínimo de 6 horas

hasta que una observación válida de la curva Fall-Off sea observada. Para el estudio estático el pozo deberá estar Shut-in por un mínimo de 24 horas antes de la prueba. Los datos estáticos se recogerán mediante el uso de medidor es de fondo de pozo, a una profundidad aprobada de conformidad con las medidas anteriores aprobadas por la autoridad ambiental.

- Parar la adquisición de datos de la prueba, rig-down y liberar el equipo.
- **Prueba de presión de anillo**

Comprende generalmente la ejecución de las siguientes actividades

- Estabilizar la presión y la temperatura de pozo.
- En la práctica, se harán arreglos para que un representante del Ministerio de Minas y Energía pueda presenciar esta prueba.
- Presurizar el anillo con un mínimo de 100 psi con líquido y cierre de la válvula. Instalar el medidor certificado en la válvula tipo "purga". El anillo puede necesitar ser presurizado y descargar varias veces para asegurar la ausencia de aire. Supervisar y registrar la presión durante al menos una hora. La presión no puede fluctuar más de un 10 por ciento durante la prueba de una hora. Al término de la prueba, bajar la presión del anillo a la presión normal de funcionamiento.
- Para la demostración de la integridad mecánica cada 5 años se llevará a cabo a través de uno o varios métodos de prueba aprobados, tales como registro de temperatura, o registro de ruido, o registro de activación de oxígeno. Ecopetrol dará aviso al Ministerio de Minas y Energía y a la autoridad ambiental acerca de la prueba, para que dichos organismos puedan ser testigo de las actividades de recolección de información (principalmente de la temperatura; por lo que se propone que la temperatura de registro se utilice para futuras pruebas de integridad mecánica). El registro de la temperatura diferencial se llevará a cabo de la siguiente manera:
  - Ejecución del registro de temperatura diferencial
  - Shut-in del pozo para estabilización (mínimo de 24 horas), antes de ejecutar el registro base de temperatura.
  - Registrar temperatura Rig-up y correr el registro base de aproximadamente 500 pies, por encima de la zona de reinyección, hasta la profundidad total.
  - Halarla herramienta a la superficie y cerrar la válvula principal.
  - Bajar el equipo de perforación y regresar el pozo a las operaciones normales.

- **Prueba de inyección**

El alcance de esta prueba es realizar los ensayos de inyektividad con equipos de fractura para realizar SRT (Step Rate Test) /SDT (Step Down Test) y fallup y su procedimiento es:

- Alistar conexiones en cabeza, bombas a cabezal de inyección.
- Realizar prueba de inyektividad fallup.
- Realizar Step Rate Test.
- Realizar Step Down Test.
- Realizar inyección mientras se corren los registros de inyección (ILT).
- Registrar y controlar presiones.

➤ **Conversión de pozos**

La inyección de agua para recobro se realiza en yacimientos que se han identificado para recuperación secundaria, en los cuales se perforan pozos inicialmente como inyectores o se cambia el estado y la función del pozo productor a inyector (ya sea para su empleo como inyector de fluidos para recobro de crudo o para disposición final de aguas de producción, en este caso denominado

pozos disposal); la inyección para el recobro se hará en las formaciones que presenten eventualmente un potencial de crudo según los resultados obtenidos a partir de los pozos de desarrollo y Near Field Exploration -NFE-..

La conversión es común en pozos que han culminado su vida productiva y/o cuando se identifica la oportunidad para mejorar el recobro en los pozos productores; en términos generales una intervención de workover o reacondicionamiento para conversión consiste en retirar el completamiento de producción, realizar actividades para dejar el pozo como inyector y bajar un completamiento o sarta de inyección.

Su aplicación es común en pozos que han culminado su vida productiva y/o cuando por agotamiento se producen otros fluidos (agua, gas, entre otros). En los bloques, es común la conversión de pozo productor a inyector de agua, con el método que consiste en controlar el pozo [circular un fluido de menor densidad (salmuera), sacar sarta de producción, romper empaques, realizar cementación en intervalos abiertos y cañonear intervalos de nuevo interés y en términos generales corresponde a:

- La conversión (reacondicionamiento) de los pozos productores de hidrocarburo a pozo inyector, consiste en el cambio estado mecánico de los pozos productores, a partir del desarrollo de actividades cotidianas denominadas Workover.
- El trabajo de Workover consiste en extraer el sistema de levantamiento artificial que se encuentra dentro del pozo. El sistema de levantamiento consta principalmente de juntas de tubing de diferente diámetro, un sistema electrosurgible que cuenta con bombas de etapas, dos sellos uno inferior y otro superior, motor y un sensor de fondo.
- El equipo necesario de Workover para la extracción de la sarta de producción corresponde al que se presenta en la **Figura 2.2.2-102**

**Figura 2.2.2-102 Equipo de Workover para reacondicionamiento de pozos**



*Fuente: PLAN DE MANEJO AMBIENTAL PROYECTO PILOTO DE REINYECCIÓN DE AGUA PARA RECOBRO E INFRAESTRUCTURA ASOCIADA CAMPO CHICHIMENE; adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)*

El equipo requerido durante la actividad de workover se describe a continuación:



- Cabezal de pozo (Well head)
- Válvulas y actuadores (Xmas tree),
- Tubería de producción (Tubing)
- Empaques varios (Packers)
- Válvulas de seguridad (Safety valves)
- Dispositivos de circulación/comunicación
- los conectores de superficie (landing nipples)
- Mandriles laterales (side pocket mandrels)
- Preventora de reventones (Blow Out Preventor, BOP)
- Top drive (Motor superior, solo cuando se está usando el taladro que perforación)
- **Procedimiento previo a la ejecución de las actividades de Workover para la conversión del pozo productor a inyector**

Para la realización de la conversión de un pozo productor a inyector, con el uso de un de workover en condiciones seguras se realizan las siguientes actividades.

- **Verificación información del pozo**

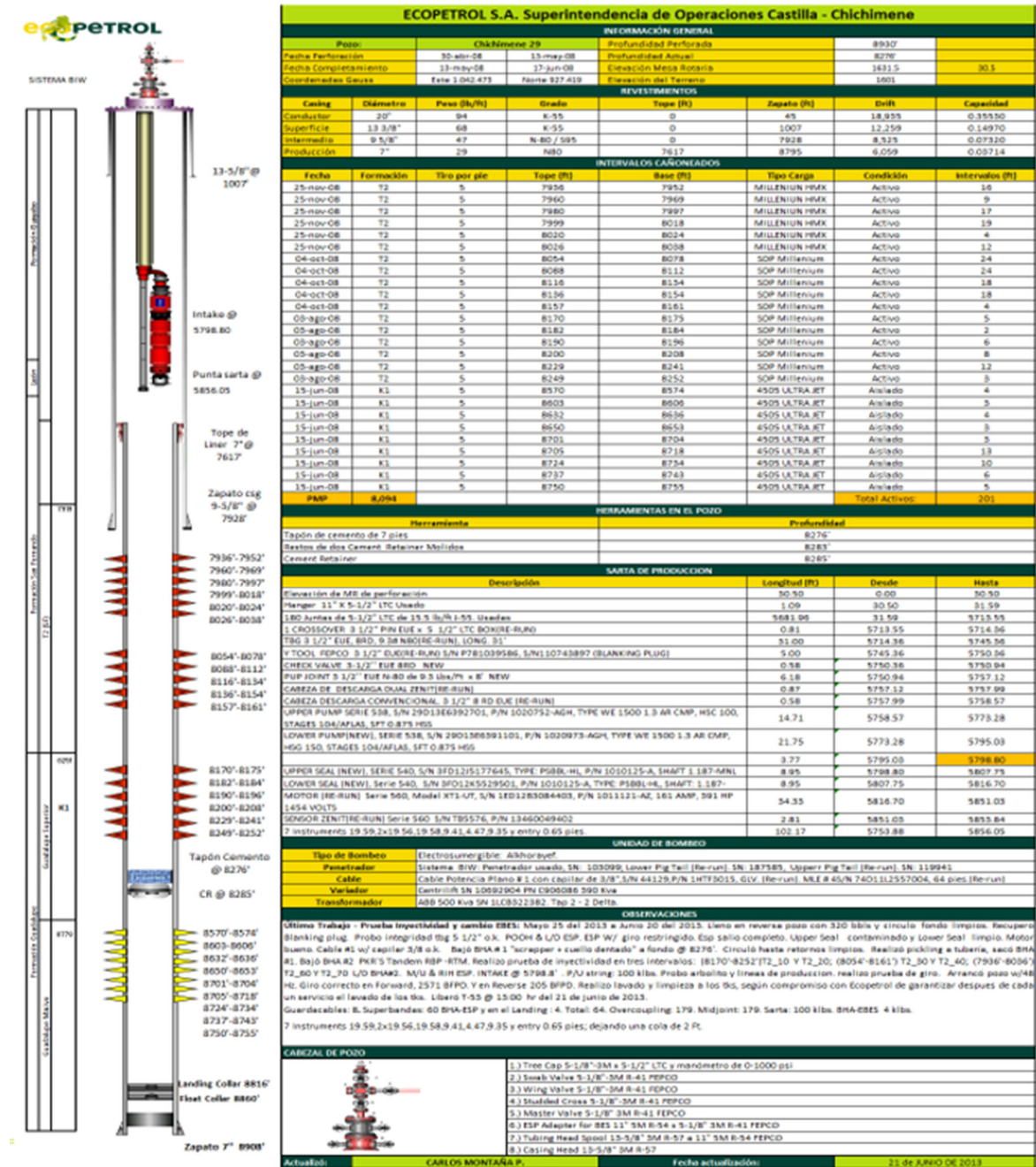
Antes de iniciar las operaciones en un pozo se debe tener toda la información y los datos del mismo, para esto se elaboran los programas de trabajo en donde se indican los datos esenciales para poder operar:

- Tipo de completamiento (sarta selectiva)
- Tipo y características del fluido del packer
- Presiones estáticas y dinámicas en la cabeza y en el fondo del pozo
- Dimensión y clasificación (rating) de la cabeza del pozo (well head) y de todo el embridado
- Profundidad y dimensión de los diferentes revestimientos (casing) con el respectivo nivel de cemento y los intervalos perforados.
- Dimensión, características y profundidad de sentado de los empaques, tipo de unión y tipo de material de las tuberías de producción (tubing).
- Características, cantidad y profundidad de herramientas con sonda (wireline tolos), conectores de superficie (landing nipples), válvulas de seguridad

Para la realización de los trabajos de workover en condiciones seguras se realizan las siguientes actividades:

- En el programa de trabajo, además de la información sobre las condiciones físicas del pozo, deberá ser indicada también la razón por la cual se realiza la intervención, bien sea por causa del pozo (Remplazo del tubing, del packer, etc.) o por causa de la formación (cambio de nivel, nivel aislado, etc.).
- Después de verificar toda la información y de indicar la causa por la cual se realiza la actividad de workover se verifica la condición actual del pozo en donde se realiza la calibración con sonda (wire line) y a través del acceso a las válvulas se verificará alguna posible presencia de presión anormal en los anillos del pozo.
- Para tener más detalle acerca del trabajo de Workover que se requieren para los pozos a intervenir se deben presentar los estados mecánicos de los pozos referentes (**Figura 2.2.2-103**).

Figura 2.2.2-103 Ejemplo de información asociada al estado mecánico de un pozo



Fuente: PLAN DE MANEJO AMBIENTAL PROYECTO PILOTO DE REINYECCIÓN DE AGUA PARA RECUBRO E INFRAESTRUCTURA ASOCIADA CAMPO CHICHIMENE; adaptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

➤ Número máximo de plataformas y pozos

El número máximo de pozos objeto de solicitud para la presente estrategia de desarrollo se presentan en el ítem Cantidades requeridas para el Área de Desarrollo Llanos 141



➤ **Desmantelamiento y restauración de áreas intervenidas por la actividad**

El abandono de un pozo puede darse en dos momentos diferentes, el primero corresponde a su abandono y cierre luego de ser perforado en respuesta a los resultados negativos luego de la realización de las pruebas cortas y largas de producción; el segundo, cubija el abandono luego de la conversión y vida operativa de este pozo ya sea como productor o inyector.

En este orden de ideas, las actividades asociadas al desmantelamiento del pozo son similares a las contempladas y descritas en la estrategia de desarrollo **2.2.2.2.1.1 Perforación de pozos productores**, ítem, Desmantelamiento y restauración de las áreas intervenidas por la actividad

Es de señalar que las actividades referidas son evaluadas en términos del potencial impacto que generan (capítulo 5. Evaluación de Impactos), para posteriormente implementar las respectivas medidas de manejo contempladas en el plan de manejo y seguimiento del presente estudio (capítulo 7. Plan de manejo ambiental y capítulo 8. Programa de seguimiento y monitoreo).

**Capítulo 10 Plan de Desmantelamiento y Abandono**, del presente Estudio de Impacto Ambiental Área de Desarrollo Llanos 141

➤ **Impactos ambientales asociados**

Los impactos generados por el desarrollo de estas subactividades se presentan en el **Capítulo 5, Evaluación Ambiental**, del presente documento.

**2.2.2.2.1.3 Perforación de pozos Disposal (ED6)**

La estrategia está encaminada a la perforación de pozos Disposal a través de los cuales sea posible disponer de manera definitiva las aguas de producción generadas por el desarrollo de diferentes actividades desarrolladas en el campo, evitando así el vertimiento sobre cuerpos de agua o sobre el suelo. Esta inyección (en pozo Disposal) se hace sobre una formación no productora.

Para la ejecución de esta Estrategia es necesaria la realización de actividades asociadas a las siguientes Estrategias de Desarrollo, mientras la descripción de cada una de estas se consigna en el respectivo literal:

- Adecuación, mantenimiento y/o ampliación de vías existentes (Estrategia de Desarrollo ED1)
- Construcción de nuevas vías (Estrategia de Desarrollo ED2)
- Construcción de Locaciones (Estrategia de Desarrollo ED3)
- Construcción y operación de líneas de flujo (Estrategia de Desarrollo ED9)
- Perforación de pozos productores (Estrategia de Desarrollo ED4)

➤ **Cantidades a solicitar en el presente Estudio de Impacto Ambiental**

La estrategia de desarrollo contempla la actividad de inyección de fluidos de producción (aguas de producción) con fines de su disposición final en formaciones almacenadoras; la cual, se ejecutará en el marco de lo autorizado y en cumplimiento de las condiciones y restricciones establecidas por la ANH o quien haga sus veces. Estas actividades se desarrollarán en pozos existentes o nuevos, en Locaciones existentes o nuevos dentro del Área de Desarrollo Llanos 141 de acuerdo con las tecnologías y métodos descritos en el presente EIA. Así las cosas y bajo el escenario descrito se contempla la perforación de pozos para este fin, pero los cuales hacen parte del total de pozos a solicitar para el campo 50), pero considerando adicionalmente que se podrán aprovechar hasta un máximo de 20 de los pozos perforados para producción para el desarrollo de esta estrategia, lo cual hace necesario la conversión de pozos (**Tabla 2.2.2-59**).

**Tabla 2.2.2-59 Cantidad de pozos disposal a perforar**

Tipo de actividad	Numero de pozos a perforar
Perforación de pozos Disposal	Solicitar la perforación y/o conversión de hasta 20 pozos (del total de los 50 pozos a solicitar para el área de desarrollo Llanos 141) que podrán ser distribuidos entre pozos inyectores para recobro secundario o para disposal. Es de señalar que desde el punto de vista operacional la capacidad de inyección por pozo se estima de hasta 25.000 BWPD por pozo. Este valor estará sujeto y podrá variar de acuerdo con las pruebas de inyectividad y la respectiva aprobación por parte de la ANH

Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

➤ **Equipos, maquinaria, sistemas y procesos de perforación**

Los pozos de inyección en el Área de Desarrollo Llanos 141 se realizarán de forma convencional utilizando un equipo de mesa rotaria, para lo cual se implementará un programa de perforación, cuyo objetivo será garantizar el aislamiento de las zonas de interés, direccionando el fluido exclusivamente hacia las formaciones receptoras; para tal fin cada pozo perforado será revestido, cementado y completado con el propósito de conducir el agua en forma segura y controlada desde superficie hasta la unidades objetivos para inyección que para la presente estrategia corresponde a la disposición de las aguas de producción generadas por el desarrollo de diferentes actividades desarrolladas en el campo.

Para la perforación de pozos de agua para recobro en el Área de Desarrollo Llanos 141, se planea usar equipos de perforación conocidos como taladros (RIGS) de última tecnología; estos cuentan con un conjunto de cinco sistemas básicos para la operación: potencia, rotación, levantamiento, circulación y sistema de control de pozos, los cuales son similares en su descripción a los descritos en la estrategia de desarrollo 2.2.2.2.1.1 Perforación de pozos productores (ED4), ítem Equipos, maquinaria, sistemas y procesos de perforación del presente EIA, aunados a las especificidades consignadas en la estrategia de desarrollo 2.2.2.2.1.2 Perforación de pozos de inyección de agua para recobro (ED5) ítem Tecnologías de inyección

➤ **Instalaciones de apoyo**

Las instalaciones de apoyo requeridas son similares a las que son necesarias para la perforación de pozos productores, en este orden de ideas, las mismas se encuentran descritas en el ítem **Instalaciones de apoyo** presentadas en la estrategia de desarrollo **2.2.2.2.1.1 Perforación de pozos productores**, del presente Estudio de Impacto Ambiental.

➤ **Requerimientos de insumos y fuentes de energía**

Los requerimientos de insumos y fuentes de energía son similares a los que son requeridos para la perforación de pozos productores, en este orden de ideas, los mismos se encuentran descritos en el ítem **Requerimientos de insumos y fuentes de energía** presentados en la estrategia de desarrollo **2.2.2.2.1.1 Perforación de pozos productores**, del presente Estudio de Impacto Ambiental.

➤ **Organización típica y personal necesaria**

El personal relacionado en este documento es estimado y podrá variar en función de las actividades y fases que se estén ejecutando. Durante la etapa de perforación del pozo Disposal, se requiere personal formado y no formado que serán de base y temporal o flotante, tal como se encuentran descritos anteriormente en la estrategia de desarrollo 2.2.2.2.1.2 Perforación de pozos de inyección de agua para recobro (ED5) ítem Organización típica y personal necesaria



➤ **Completamiento y pruebas cortas de producción: equipos, insumos, tipo y manejo de residuos, entre otros**

El completamiento y pruebas a realizar en pozos para Disposal son similares a los contemplados para en la perforación de pozos de inyección de agua para recobro; en este orden de ideas, la descripción de los mismos se describieron anteriormente en la estrategia de desarrollo 2.2.2.2.1.2 Perforación de pozos de inyección de agua para recobro (ED5) ítem Completamiento y pruebas cortas de producción: equipos, insumos, tipo y manejo de residuos, entre otros

➤ **Conversión de pozos**

La conversión es común en pozos que han culminado su vida productiva y/o cuando se identifica la oportunidad para mejorar el recobro en los pozos productores; en términos generales una intervención de workover o reacondicionamiento para conversión consiste en retirar el completamiento de producción, realizar actividades para dejar el pozo como inyector y bajar un completamiento o sarta de inyección. En este orden de ideas, la conversión de pozos es similar a la realizada en pozos inyectoros de agua para recobro que se encuentra descrita en la estrategia de desarrollo 2.2.2.2.1.2 Perforación de pozos de inyección de agua para recobro (ED5) ítem Conversión de pozos

➤ **Número máximo de plataformas y pozos**

El número máximo de pozos objeto de solicitud para la presente estrategia de desarrollo se presentan en el ítem Cantidades requeridas para el Área de Desarrollo Llanos 141

➤ **Estimativos de mano de obra**

El estimativo de mano de obra requerida para la ejecución de las actividades asociadas a esta estrategia de desarrollo se relacionaron anteriormente en el ítem Estimativos de mano de obra Organización típica y personal necesaria de la presente estrategia de desarrollo.

➤ **Cronograma de actividades Perforación y/o conversión pozos inyectoros**

El cronograma general presentado reúne las diferentes estrategias de desarrollo contempladas para el Área de Desarrollo Llanos 141, corresponde a una proyección de tiempos estimados de ejecución de las mismas y puede presentar variaciones en función del desarrollo de las diferentes actividades a ejecutar, así las cosas, es de señalar que en función de los resultados obtenidos y tiempos de duración de las pruebas de producción realizadas en la fase de exploración, este cronograma puede ser ajustado en aras de dar inició paralelo a la implementación de las estrategias de desarrollo asociadas a la operación y producción definidas para el Área de Desarrollo y que se encuentran contempladas en el presente EIA.

A continuación, en la **Tabla 2.2.2-60 y Tabla 2.2.2-61** se presentan las fases de desarrollo del campo en las que se contempla la perforación de pozos y la duración de las actividades a desarrollar durante el proceso de perforación para un pozo de producción tipo.



arcillosos, arcillolitas, limolitas y lutitas, se encuentra constituida de base a techo por las unidades operacionales E4, T1, E3, C2, Arenisca Carbonera, C1, Lutita E y Areniscas Superiores;.

La operación de perforación se basa en el conjunto de varios sistemas que interactúan entre sí y se ajustan a diferentes procedimientos para garantizar la seguridad del personal, la protección del medio ambiente, la estabilidad del pozo y el hallazgo de hidrocarburos.

Para la perforación de pozos exploratorios en el Área de Desarrollo Llanos 141, se planea usar equipos de perforación conocidos como taladros (RIGS) de última tecnología; estos cuentan con un conjunto de cinco sistemas básicos para la operación: potencia, rotación, levantamiento, circulación y sistema de control de pozos.

La profundidad de los pozos exploratorios perforados, podrá variar ligeramente dependiendo de la ubicación de la formación de interés y estará sujeta al modelo de perforación planeado y plasmado en el diseño mecánico del pozo. La perforación podrá ser vertical, u direccional.

➤ **Cantidades requeridas para el Área de Desarrollo Llanos 141**

Se solicita la perforación de pozos exploratorios Near Field Exploration -NFE- según las necesidades de la operación en el Área de Desarrollo Llanos 141, los cuales hacen parte de la cantidad total de pozos solicitados, cincuenta (50); los pozos NFE tendrán como objetivo probar tanto el potencial de hidrocarburos en formaciones no exploradas, como estimar la extensión del yacimiento en estas áreas. estos pozos se ubicarán en las locaciones a construir de manera tal que se puedan compartir y optimizar áreas según las necesidades del proyecto. (Tabla 2.2.2-62).

**Tabla 2.2.2-62 Cantidad de pozos exploratorios – NFE – a perforar**

Tipo de actividad	Numero de pozos a perforar
Perforación de pozos Near Field Exploration - NFE-	Se solicita la perforación de pozos exploratorios Near Field Exploration -NFE- según las necesidades de la operación en el Área de Desarrollo Llanos 141, los cuales hacen parte de la cantidad total de pozos solicitados, cincuenta (50); los pozos NFE tendrán como objetivo probar tanto el potencial de hidrocarburos en formaciones no exploradas, como estimar la extensión del yacimiento en estas áreas. estos pozos se ubicarán en las locaciones a construir de manera tal que se puedan compartir y optimizar áreas según las necesidades del proyecto.

Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

La ubicación y descripción precisa de plataformas se definirá en los Planes de Manejo Ambiental (PMA) específicos de acuerdo con la zonificación de manejo ambiental presentada en este estudio. Por su parte la perforación de pozos asociados a la estrategia se consignará en los Informes de Cumplimiento Ambiental -ICA-.

➤ **Equipos, maquinaria, sistemas y procesos de perforación**

Para la perforación de pozos exploratorios en el Área de Desarrollo Llanos 141, se planea usar equipos de perforación conocidos como taladros (RIGS) de última tecnología; estos cuentan con un conjunto de cinco sistemas básicos para la operación: potencia, rotación, levantamiento, circulación y sistema de control de pozos, los cuales son similares en su descripción a los descritos en la estrategia de desarrollo 2.2.2.2.1.1 Perforación de pozos productores (ED4), ítem Equipos, maquinaria, sistemas y procesos de perforación.

➤ **Instalaciones de apoyo**

Las instalaciones de apoyo para el desarrollo de esta actividad son las referidas y descritas para cada una de las actividades listadas en la estrategia de desarrollo 2.2.2.2.1.1 Perforación de pozos productores (ED4), ítem Instalaciones de apoyo.

➤ **Requerimientos de insumos y fuentes de energía**

Los materiales e insumos que se requieren para la perforación son los necesarios para la preparación del lodo, mantenimiento de los equipos y maquinarias, los materiales de oficina, las actividades de cementación, tratamiento de aguas residuales (domésticas e industriales) y de los sólidos generados por el paso del lodo en el sistema de control de sólidos del taladro (una vez éste sale del hueco), así como para el tratamiento de flocs y lodo descartado del sistema debido a los procesos de dewatering.

Es de señalar que los productos y las propiedades recomendadas son susceptibles de cambio de acuerdo con las condiciones de operación y se sugieren teniendo en cuenta la experiencia adquirida y la información del pozo analizado con los diferentes sistemas de lodos, cementación y completamiento utilizados en el área; así las cosas, la descripción de estos requerimientos son similares a los descritos anteriormente en la estrategia de desarrollo 2.2.2.2.1.1 Perforación de pozos productores (ED4), ítem Requerimientos de insumos y fuentes de energía.

➤ **Organización típica y personal necesaria**

Para las actividades de perforación ECOPETROL S.A. cuenta con compañías especializadas en cada área del proceso (perforación direccional, lodos, registros eléctricos, etc.). El personal relacionado en este documento es estimado y podrá variar en función de las actividades y fases que se estén ejecutando. Durante la etapa de perforación del pozo exploratorio NFE, se requiere personal formado y no formado que serán de base y temporal o flotante, tal como se encuentran descritos anteriormente en la estrategia de desarrollo 2.2.2.2.1.1 Perforación de pozos productores (ED4), ítem Organización típica y personal necesaria

➤ **Completamiento y pruebas cortas de producción: equipos, insumos, tipo y manejo de residuos, entre otros**

El completamiento es entonces el conjunto de trabajos que se realizan en un pozo después de la perforación en aras de dejarlos en condiciones de producir eficientemente los fluidos de la formación o como de inyección de agua. Los trabajos pueden incluir el revestimiento del intervalo productor con tubería lisa o ranurada, la realización de empaques con grava o el cañoneo del revestidor y, finalmente, la instalación de la tubería de producción. Bajo la premisa anterior, las actividades son similares a las presentadas y descritas en la estrategia de desarrollo 2.2.2.2.1.1 Perforación de pozos productores (ED4), ítem Completamiento y pruebas cortas de producción: equipos, insumos, tipo y manejo de residuos, entre otros.

➤ **Número máximo de plataformas y pozos**

El número máximo de pozos objeto de solicitud para la presente estrategia de desarrollo se presentan en el ítem Cantidades requeridas para el Área de Desarrollo Llanos 141

➤ **Estimativos de mano de obra**

El estimativo de mano de obra requerida para la ejecución de las actividades asociadas a esta estrategia de desarrollo se relacionaron anteriormente en el ítem Organización típica y personal necesaria de la presente estrategia de desarrollo.

➤ **Cronograma de actividades Perforación y/o conversión pozos inyectores**

El cronograma general presentado reúne las diferentes estrategias de desarrollo contempladas para el Área de Desarrollo Llanos 141, corresponde a una proyección de tiempos estimados de ejecución de las mismas y puede presentar variaciones en función del desarrollo de las diferentes actividades

a ejecutar, así las cosas, es de señalar que en función de los resultados obtenidos y tiempos de duración de las pruebas de producción realizadas en la fase de exploración, este cronograma puede ser ajustado en aras de dar inició paralelo a la implementación de las estrategias de desarrollo asociadas a la operación y producción definidas para el Área de Desarrollo y que se encuentran contempladas en el presente EIA.

A continuación, en la **Tabla 2.2.2-63 y Tabla 2.2.2-64** se presentan las fases de desarrollo del campo en las que se contempla la perforación de pozos y la duración de las actividades a desarrollar durante el proceso de perforación para un pozo de producción tipo.

**Tabla 2.2.2-63 Fases de desarrollo del campo en donde se contempla la perforación de pozos exploratorios**

ID	ESTRATEGIA DE DESARROLLO	CICLO ASOCIADO AL DESARROLLO DEL CAMPO	ED	ESTRATEGIAS DE DESARROLLO	CANTIDADES A SOLICITAR	CANTIDADES PROYECTADAS POR FASE	0			1								
							EXPLORACIÓN			DESARROLLO - PRODUCCIÓN								
							1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2	Perforación de pozos	Estrategias asociadas a la producción de hidrocarburos	ED7	Perforación de pozos Near Field Exploration - NFE-	Número de pozos: según las necesidades de la operación en el Área de Desarrollo Llanos 141, los cuales hacen parte de la cantidad total de pozos solicitados, hasta cincuenta (50)													

Nota (\*): A partir de concluida la construcción, las fases siguientes corresponderán a la operación asociada a este tipo de infraestructura

Fuente: ECOPETROL S.A., 2022; adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

**Tabla 2.2.2-64 Duración estimada para perforación típica de un pozo exploratorio**

Ciclo asociado al desarrollo del campo	Actividades	SEMANA					
		1	2	3	4	5	6
Estrategias asociadas a la producción de hidrocarburos	Montaje de equipos de perforación						
	Perforación, completamiento y operación del pozo						
	Pruebas de producción						
	Uso, tratamiento, transporte y disposición final de lodos y cortes de perforación						
	Instalación y operación de teas temporales						

Nota (\*): Tiempos estimados que podrán variar en función de las necesidades y condiciones del proyecto

Fuente: ECOPETROL S.A., 2023; adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

#### ➤ **Desmantelamiento y restauración de áreas intervenidas por la actividad**

El abandono de un pozo puede darse en dos momentos diferentes, el primero corresponde a su abandono y cierre luego de ser perforado en respuesta a los resultados negativos luego de la realización de las pruebas cortas y largas de producción; el segundo, cubija el abandono luego de la conversión y vida operativa de este pozo ya sea como productor o inyector.

En este orden de ideas, las actividades asociadas al desmantelamiento del pozo son similares a las contempladas y descritas en la estrategia de desarrollo **2.2.2.2.1.1 Perforación de pozos productores**, ítem, Desmantelamiento y restauración de las áreas intervenidas por la actividad

#### ➤ **Impactos ambientales asociados**

Los impactos generados por el desarrollo de estas subactividades se presentan en el **Capítulo 5, Evaluación Ambiental**, del presente documento.

### **2.2.2.3 Trabajo en pozo**

Bajo esta denominación se incluyen todos los trabajos efectuados en un pozo, posteriores a su terminación, con el fin de mejorar su productividad, integridad o inyectividad, tales como el abandono



o aislamiento de zonas, la perforación o re-perforación de nuevas o viejas zonas productoras o inyectoras, estimulaciones, reparaciones del revestimiento, cementaciones o conversión de la finalidad del pozo, cambio o reparación de los equipos o de sistemas de levantamiento, profundizaciones de pozo o cualquier modificación en la terminación mecánica del pozo.

De igual manera, dentro de esta subetapa se incluye la ejecución de la estrategia de desarrollo asociada al proceso de inyección de fluidos en pozos destinados para este fin (según su objetivo); en este sentido se considera una (1) estrategia de desarrollo enfocada en la inyección de agua para recobro y/o Disposal. La estrategia en mención se lista en la **Tabla 2.2.2-65**.

**Tabla 2.2.2-65 Estrategias de desarrollo contempladas dentro de la estrategia general de Trabajo en pozo**

Estrategias Definidas en los HI-TER-1-03	ID	Estrategias de desarrollo
Trabajo en pozo	ED8	Se solicita la inyección de fluidos para procesos de recobro (Enhanced Oil Recovery EOR-) y/o Disposal se realizará en los pozos que directamente se perforen para estos fines o en aquellos que sean convertidos de productores a inyectores y/o Disposal.

Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

### 2.2.2.3.1 Inyección de fluidos para procesos Enhanced Oil Recovery - EOR- y/o disposal (ED8)

Dadas las características de los yacimientos en el Área de Desarrollo Llanos 141, se requiere realizar la actividad de inyección de diferentes fluidos con dos objetivos principales: el primero enfocado en servir como mecanismo de recuperación secundaria (agua fresca, agua de producción, agua con polímeros, y sus mezclas) y el segundo como método de disposición final de las aguas de producción sobrantes de procesos realizados en superficie.

La inyección de fluidos para procesos EOR se realizará en los pozos perforados y/o convertidos para la inyección de agua para recobro mientras que la inyección de aguas de producción y sobrantes de proceso se hará en los pozos perforados y/o convertidos para Disposal. Es de señalar que la conversión de pozos se realiza en aquellos que han culminado su vida productiva y/o cuando se identifica la oportunidad para mejorar el recobro en los pozos productores; en términos generales una intervención de workover o reacondicionamiento para conversión consiste en retirar el completamiento de producción, realizar actividades para dejar el pozo como inyector y bajar un completamiento o sarta de inyección. En este orden de ideas, la conversión de pozos es similar a la realizada en pozos inyectores de agua para recobro que se encuentra descrita en la estrategia de desarrollo 2.2.2.2.1.2 Perforación de pozos de inyección de agua para recobro (ED5), ítem Conversión de pozos.

#### ➤ Cantidades asociadas a la inyección de fluidos para procesos Enhanced Oil Recovery - EOR- y/o disposal

Ecopetrol S.A. en aras de evidenciar la relevancia que tiene la inyección de fluidos como pilar del desarrollo del campo, y brindar la suficiencia de información a la autoridad, así como soportar los argumentos técnicos a nivel de evaluación de impactos y de evaluación del riesgo, con sus respectivas medidas de manejo y mecanismos de respuesta, que permitan desarrollar la actividad en armonía con su entorno, la estableció como una estrategia de desarrollo dentro del actual Estudio de Impacto Ambiental.

La estrategia de desarrollo contempla la actividad de inyección de fluidos con fines de mantenimiento de presión y/o aumento del factor de recobro en el yacimiento o para la disposición final de las aguas de producción que no sean utilizadas en diferentes procesos dentro de la operación del Área de

Desarrollo Llanos 141. Lo anterior se ejecutará en el marco de lo autorizado y en cumplimiento de las condiciones y restricciones establecidas por la ANH o quien haga sus veces.

Estas actividades se desarrollarán en pozos existentes o nuevos, dentro del Área de Desarrollo Llanos 141 de acuerdo con las tecnologías y métodos descritos en el presente EIA. Así las cosas y bajo el escenario descrito esta se realizará aprovechando hasta los veinte (20) pozos considerados para inyección de fluidos descritos en las 2 estrategias de desarrollo precedentes, los cuales hacen parte del total de pozos a solicitar para el campo (50 pozos) (Tabla 2.2.2-66).

**Tabla 2.2.2-66 Cantidades asociadas a la inyección de fluidos para procesos Enhanced Oil Recovery - EOR- y/o disposal**

Tipo de actividad	Numero de pozos a perforar
<p><b>Inyección de fluidos para procesos Enhanced Oil Recovery - EOR- y/o disposal</b></p>	<p>Solicitar la perforación y/o conversión de hasta 20 pozos que podrán ser distribuidos entre pozos inyectoros para recobro secundario o para disposal. Es de señalar que desde el punto de vista operacional la capacidad de inyección por pozo se estima de hasta 25.000 BWPD por pozo. Este valor estará sujeto y podrá variar de acuerdo con las pruebas de inyectividad y la respectiva aprobación por parte de la ANH.</p> <p>Las Formaciones de interés, para realizar las actividades de reinyección y/o inyección comprenden la Formación Une (Unidad operacional K2), la Formación Chipaque o Guadalupe (Unidad operacional K1), la Formación San Fernando (Unidad operacional T2) y Formación Carbonera la cual alterna paquetes arenosos, niveles arcillosos, arcillolitas, limolitas y lutitas, se encuentra constituida de base a techo por las unidades operacionales E4, T1, E3, C2, Arenisca Carbonera, C1, Lutita E y Areniscas Superiores</p>

Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

Los caudales de inyección por cada pozo, estarían dados por las necesidades que requiera el campo, de acuerdo con los resultados en función del avance del proyecto y también de los resultados de admisión que muestren las pruebas de inyectividad en cada pozo inyector, con la limitante de presión que no sobrepase la presión de fractura en las unidades receptoras.

➤ **Descripción general del proceso de inyección Enhanced Oil Recovery – EOR y/o Disposal**

Es normal que una vez se inicia la explotación de hidrocarburos, se presente una reducción progresiva de presión natural del yacimiento asociado al mecanismo de drenaje de este y por consiguiente la progresiva disminución (declinación) en la producción de los pozos, debido a la pérdida de la energía natural del yacimiento. Llegado este momento, y de acuerdo con las características de cada yacimiento, y de los programas de producción de los pozos, las operadoras pueden optar por implementar técnicas de recobro secundario, donde la energía adicional para mantener la presión y mejorar la producción de los pozos, es administrada de manera artificial por algún método de recobro secundario convencional, entre los que se destacan la inyección de fluidos a presión, que permitan reemplazar los volúmenes extraídos y de esta manera ayudar a compensar la pérdida de presión, mejorando la recuperación de petróleo y prolongando la vida del campo.

La inyección de fluidos como mecanismo para el mantenimiento de la presión del yacimiento de las formaciones productoras e igualmente maximizar el factor de recobro de hidrocarburos mediante recuperación secundaria con la inyección de aguas de producción y recuperación terciaria con la inyección de agua mejorada con polímeros. Estas actividades se contemplan como parte de las estrategias de desarrollo en el Área de Desarrollo Llanos 141.

La inyección de agua para mantenimiento de la presión del yacimiento y el recobro secundario y terciario, ha sido manejada dentro de los estudios de impacto ambiental, como parte de las actividades de la operación de los campos y, aunque no existen términos de referencia específicos,

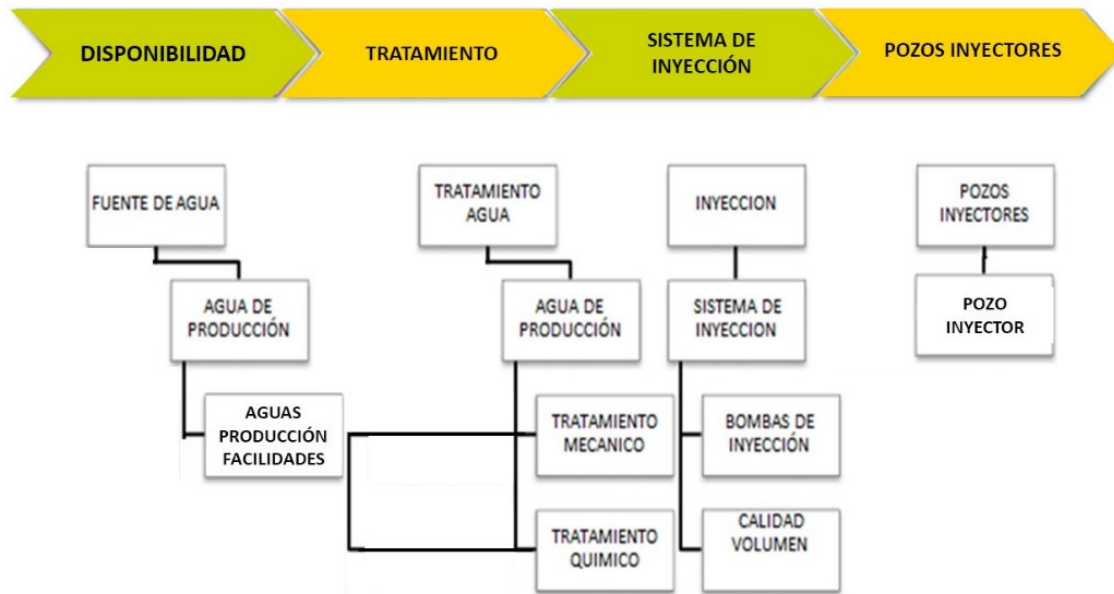
se presenta información de las condiciones y el proceso a implementar tomando como guía los apartes considerados en el numeral 4.3. (Vertimientos – Disposición de aguas mediante reinyección) de los términos de referencia para explotación de hidrocarburos HI- TER 1-03 (2010).

Una vez se vaya realizando el completamiento de cada uno de los pozos inyectoros, se presentará la información detallada, incluyendo el diseño mecánico, las pruebas de inyectividad, la conceptualización de la Agencia Nacional de Hidrocarburos – ANH acerca de la viabilidad del proceso de inyección con fines de recobro en la unidad de interés.

- **Recobro**

La actividad de inyección en superficie puede involucrar, una la mezcla de agua de producción con aditivos. El agua es tratada por métodos mecánicos como la cáscara de nuez, o químicamente con biosidas, finalmente el sistema de bombas, se encarga de graduar la periodicidad, y presión de inyección que se genera ya en los pozos, resumen que presenta en la **Figura 2.2.2-104**. Previo al programa de inyección, se generan estudios, que, fundamentados en la compatibilidad de la formación con la calidad del agua a inyectar, establecen los tratamientos que estas reciben con el fin de evitar incrustaciones, o alteraciones que dificulten la eficiencia volumétrica y el recobro microscópico.

**Figura 2.2.2-104 Resumen proceso general de inyección**



Fuente: MODIFICACIÓN DEL PLAN DE MANEJO AMBIENTAL INTEGRAL – PMAI-DE MARES; adaptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

- **Aguas de producción**

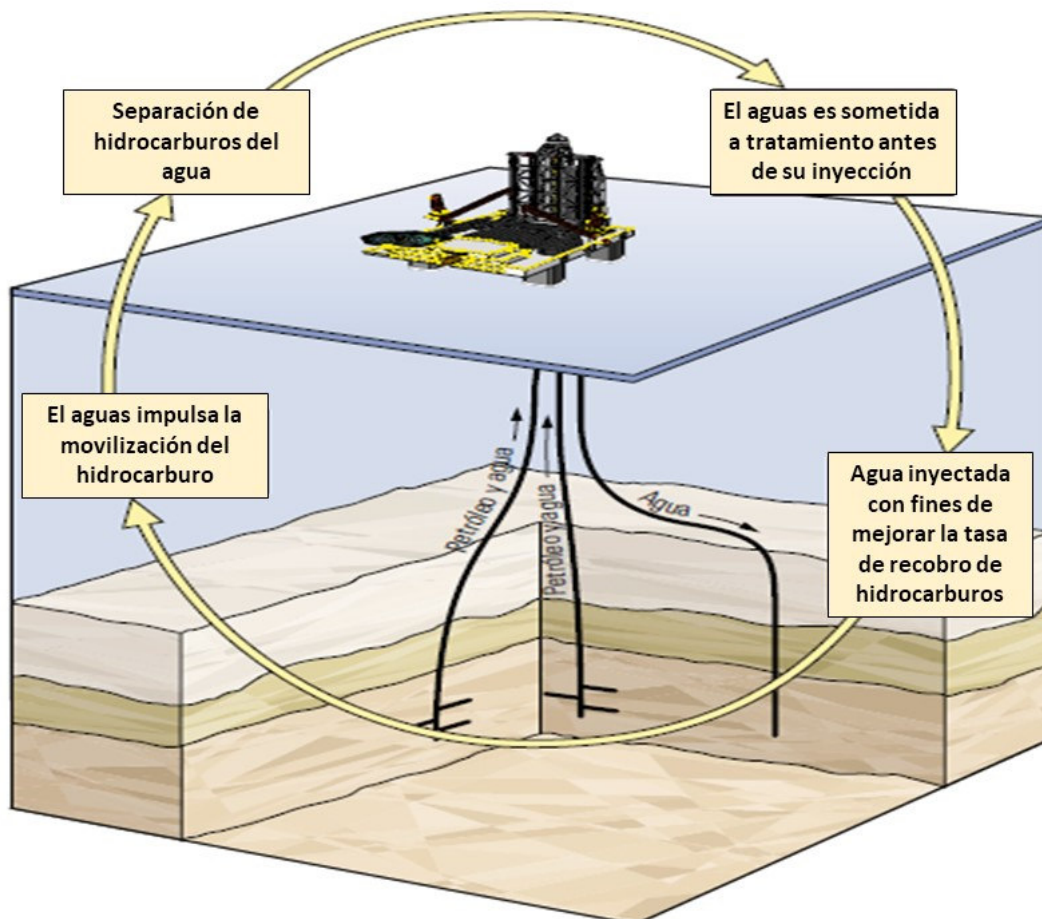
Usualmente, el agua proveniente de producción se recolecta desde los pozos productores, a través de las redes de recolección que existen en los bloques, que conducen los fluidos de producción (gas, petróleo y aguas) hacia las Facilidades Satélite (FS) o Facilidades Centrales de Producción (CPF), donde pasan por un separador. El líquido separado, se envía a un sistema de tanques gunbarrel, donde luego de separados, el crudo pasa a un tanque de almacenamiento que lo transfiere luego a

oleoductos, mientras el agua es almacenada en otro tanque y es aprovechada para inyección o para otros procesos en que sea requerida para el campo según el siguiente proceso que se resume a continuación.

El agua de producción que sale del depurador se conecta al cabezal de drenajes que va hacia el separador API, el cual también recibe el agua de producción separada en los tanques gunbarrel y de almacenamiento, posteriormente es succionada por las bombas Booster y llevada hacia los filtros de cáscara de nuez, donde se realiza la separación del aceite libre y sólidos suspendidos. La cáscara de nuez realiza la remoción del 95% de los sólidos de tamaño superior a 2 micrones.

Para regenerar el lecho de cáscara de nuez, se realiza un retrolavado con la misma agua de proceso, removiendo los sólidos y grasas acumulados, luego se pasa al tanque de retrolavado de donde se vierte a los lechos de secado para terminar de acondicionarla, para retornarla al tren de inyección, que consiste en bombas booster que incrementan la presión y despachan al sistema de inyección de agua en los pozos inyectoros ya sean para inyección de agua para recobro p para pozos inyectoros utilizados para disposal como se muestra en la **Figura 2.2.2-105 y Figura 2.2.2-106**.

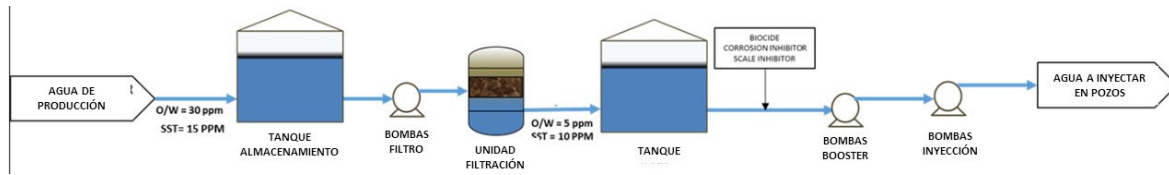
**Figura 2.2.2-105 Esquema general proceso de inyección para recobro**



Fuente: Bailey, Bill y Crabtree, Mike. Control de Agua. Oilfield Review, 2000, adaptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

Durante el proceso se pueden aplicar químicos inhibidores de incrustaciones o biocidas, que previenen la proliferación de bacterias aeróbicas y anaeróbicas, potenciales generadores de corrosión bacteriana.

**Figura 2.2.2-106 Esquema general del proceso de inyección de agua**

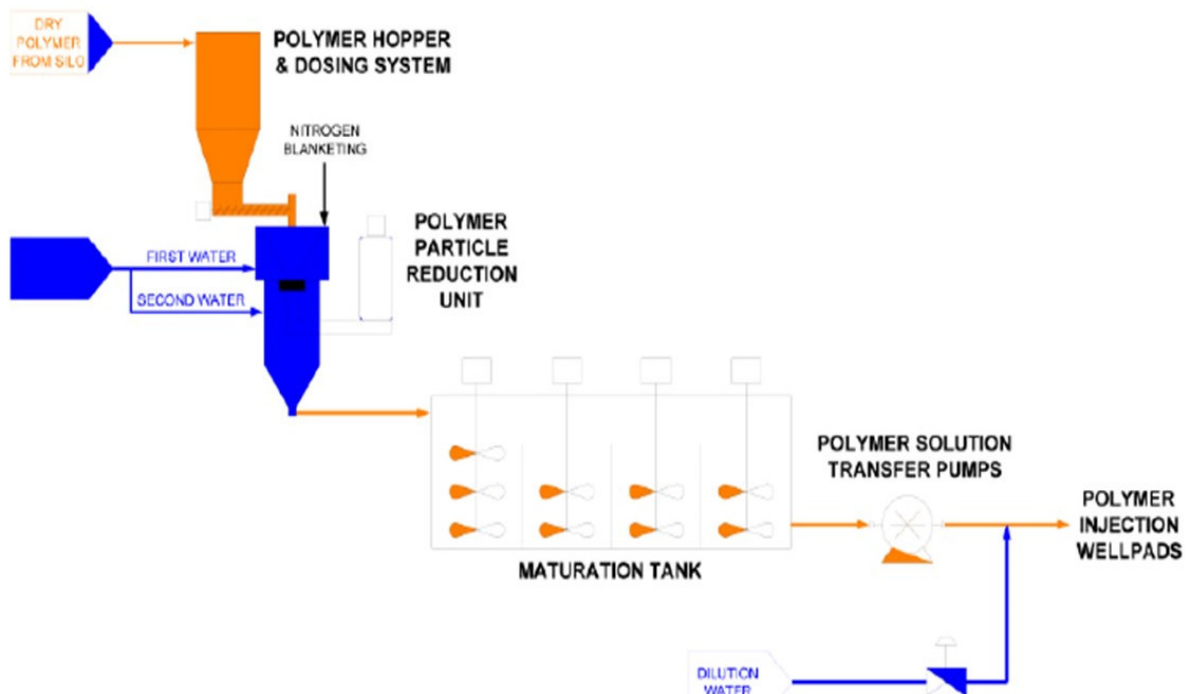


Fuente: MODIFICACIÓN DEL PLAN DE MANEJO AMBIENTAL INTEGRAL – PMAI-DE MARES; adaptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

○ **Agua con polímeros**

La inyección de agua mejorada se refiere a la inyección de agua más polímeros que facilitan el desplazamiento de los hidrocarburos. Esta técnica mejora la razón de movilidad agua/petróleo, aumenta la viscosidad del agua y disminuye relación de fuerzas viscosas, a la par que genera un barrido volumétrico más uniforme en el yacimiento, tanto vertical como areal. A partir de este método, se presenta una reducción de permeabilidad ocasionando por la adsorción de las moléculas del polímero (Figura 2.2.2-107).

**Figura 2.2.2-107 Representación esquemática de la preparación de la solución polimérica**



Fuente: MODIFICACIÓN DEL PLAN DE MANEJO AMBIENTAL INTEGRAL – PMAI-DE MARES; adaptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

En este proceso los polímeros utilizados son las poliácridamidas (PAM), las cuales constituyen un grupo de compuestos formados por la polimerización de acrilamida y monómeros relacionadas. Estas constituyen, polímeros sintéticos que pueden ser manufacturados para obtener diferentes



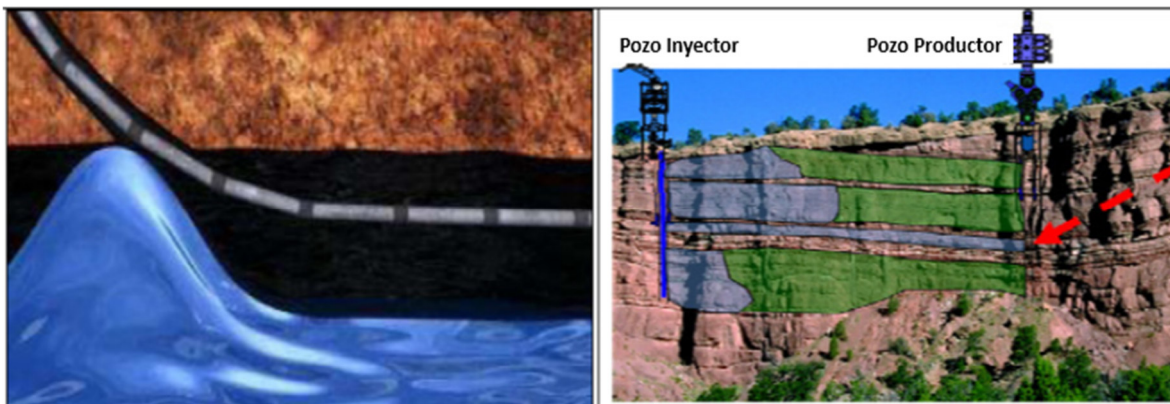
pesos moleculares, carga, estructura molecular y reactividad química al variar los parámetros de la reacción y/o las cantidades relativas de agentes utilizados. Las poliacrilamidas tienen como particularidad que son solubles en agua, y sus principales están relacionados con incrementar la viscosidad del agua y así, estimular la floculación de partículas presentes en el agua

Su aplicación depende, entre otros factores, de las propiedades y madurez del yacimiento y sus fluidos. Esta actividad no es constante, sino que se inyecta un banco de polímero, seguido de agua. Esto quiere decir que desde el momento en que se inicie la inyección del agua mejorada, el polímero se adicionará por un tiempo definido, el cual depende de las propiedades de los fluidos, especialmente la viscosidad del crudo y de la solución polimérica, el espaciamiento entre pozos, y la tasa de inyección. Después se reduce gradualmente la concentración de polímero en el agua de producción, y finalmente se continúa la inyección de solo agua de producción

Para llevar a cabo este proceso, se utilizan sistemas de inyección cerrados portátiles con capacidad de mezcla e inyección; eliminando la posibilidad de fugas y efluentes, a la par que se garantiza la calidad y eficiencia del proceso, los cuales se ubican en los clústeres donde se realiza la inyección de este tipo de mezcla. El polímero se prepara a altas concentraciones en un sistema dosificador, luego se va diluyendo, con agua tratada hasta lograr la concentración de polímero para inyección. Esta mezcla es bombeada a la cabeza de los pozos a través de ductos dedicados e inyectada en los pozos

Como se explicó anteriormente, el polímero funciona eficazmente ayudando a la condensación del hidrocarburo, pues realiza su recorrido a través del yacimiento, donde un porcentaje se degrada y se absorbe a la roca, y otra fracción se recobra junto con crudo y agua. El polímero siempre permanece disuelto en el agua, puesto que es hidrofílico (**Figura 2.2.2-108**).

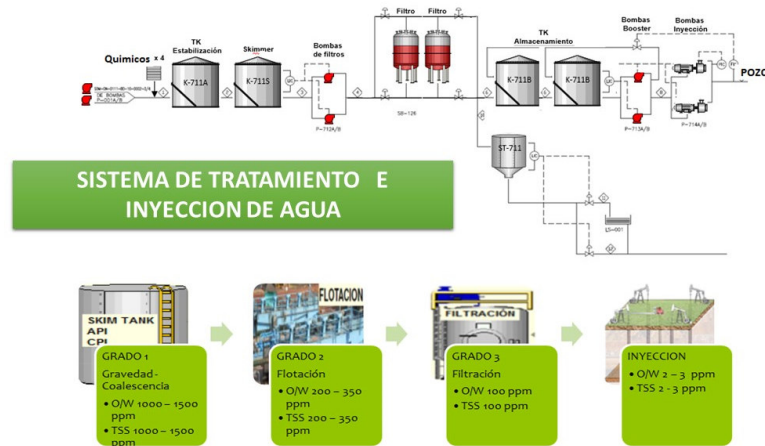
**Figura 2.2.2-108 Representación esquemática de la acción de los polímeros y su relación con la infraestructura existente tipo en un campo de producción**



Fuente: PLAN DE MANEJO AMBIENTAL PARA LA REINYECCIÓN DE AGUAS EN EL CLÚSTER 1 E INFRAESTRUCTURA ASOCIADA; adaptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

De otra parte, en la siguiente grafica se presenta un esquema tipo asociado al sistema de tratamiento e inyección de agua (**Figura 2.2.2-109**).

Figura 2.2.2-109 Esquema tipo del sistema de inyección de agua



Fuente: MODIFICACIÓN DEL PLAN DE MANEJO AMBIENTAL INTEGRAL – PMAI-DE MARES; adaptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

Finalmente es de señalar que la descripción general del proceso de inyección para procesos EOR y Disposal, así como las características generales de las mismas como son el marco geológico, características de las unidades receptoras, resultado de las pruebas de integridad realizadas en pozos cercanos, entre otras se reúnen en el Anexo 2. Descripción del proyecto / 2.4 Documento soporte inyeccion, del presente EIA / 2939-27\_EIA\_LLA141-ANX\_REINYECCION\_FLUIDOS\_V1.

○ **Sistema de desoxigenación**

Se tiene prevista la construcción del paquete sistema de desoxigenación, que tendrá capacidad para manejar hasta 500 kBWPD, a una temperatura de 160°F a 190°F, con una presión disponible en la brida de entrada del sistema a nivel de piso de 20 psig. Las condiciones de operación del sistema de desoxigenación deberán ser especificadas por el proveedor (El proveedor será seleccionado por Ecopetrol), haciendo énfasis en el valor mínimo de presión del agua en la brida de salida del sistema de 3.0 psig; es preciso aclarar que se deberán respetar las cotas dadas en el diseño de tubería para la brida de salida del sistema de desoxigenación AX-7241 y el center line del ojo del impulsor de las bombas booster AP-7243 A/B/C. El agua proveniente del sistema de filtros cáscara de nuez del STAP tiene una concentración de oxígeno de 3 ppm y luego de pasar por el sistema de desoxigenación AX-7241 el agua deberá tener una concentración máxima de 0.3 ppm de oxígeno.

○ **Sistema de bombas booster**

Una vez el agua ha salido del sistema de desoxigenación llega al tren de bombas booster. Este sistema trabajara con unidades en operación normal y de respaldo, de capacidades variables y succionaran a una presión promedio de 2.5 psig y de descarga a 195.2 psig aproximadamente, esta presión es suficiente para que el agua sea transportada desde las facilidades de producción hasta la succión de las bombas principales de inyección en los diferentes Locaciones donde se localizan los pozos inyectoros, por medio del sistema de las líneas de transferencia.

○ **Sistema de líneas de transferencia**

El agua proveniente del sistema de bombas booster, se envía a los Locaciones por medio de líneas de transferencia a construir. Las nuevas líneas de transferencia contarán con facilidades para instalar

trampas de despacho y trampas de recibo, con una presión de operación de 120 psig. Estas trampas se instalarán para las operaciones de limpieza de las líneas a construir.

- **Sistema de bombas principales de inyección**

Las bombas de inyección serán configuradas para una capacidad operativa total de hasta 500 KBWPD y una presión de descarga que no debe superar el diferencial de presión, para poder manejar las nuevas condiciones de proceso con el motor existente. De las unidades de bombeo se tendrán una parte en operación normal y otra en reserva, para entrar en operación en caso de falla o mantenimiento de una de las otras unidades.

- **Sistema de re inyección en pozo**

El agua de producción tratada en las Facilidades Centrales de Producción (CPF) o Facilidades Satélite (FS), se envía por líneas de flujo hasta los pozos de reinyección.

Previo al envío del fluido hasta el pozo de reinyección se debe hacer adición de los siguientes químicos:

- ✓ Inhibidor de incrustaciones
- ✓ Biocida
- ✓ Secuestrante de oxígeno
- ✓ Inhibidor de corrosión

- **Torres de enfriamiento**

Como es necesario disminuir la temperatura según lo exige la normatividad, se circulan las aguas tratadas de producción hasta las torres de enfriamiento localizadas en las Facilidades Centrales de Producción (CPF) o Facilidades Satélite (FS). Ya que las aguas residuales tratadas de producción que hayan pasado por estas unidades, son entregadas al sistema de aspersión y piscinas

- **Piscinas de aspersión**

A la salida de las torres de enfriamiento se encuentra un canal de entrega que conduce las aguas hacia las bombas de aspersión y estas posteriormente a las piscinas que cuentan con un sistema complejo de tuberías y boquillas en donde el agua es succionada y recirculada por las bombas. Estas piscinas tienen en promedio una profundidad aproximada de 1,50 cm y una inclinación de pared aproximadamente 27° con respecto a la horizontal. El paso y recirculación en las piscinas contribuye a bajar la temperatura, oxigenar el agua y reducir la cantidad de fenoles disueltos (median su rompimiento), luego el agua pasa hacia las piscinas de estabilización.

- **Piscinas de estabilización**

Son piscinas que tienen aproximadamente 1,50 de profundidad y una inclinación de 27° con respecto a la horizontal. Poseen capas de filtrante con material granular, arena, concreto y están provistas de una geomembrana. Su función es permitir la precipitación de algunos sólidos suspendidos y la disminución de la temperatura.

- **Lecho de secado**

Las natas y otros materiales retirados en las piscinas de estabilización son entregados a lechos de secado y el agua sigue su circuito hasta el sistema de despacho con destino al vertimiento, cuyo tipo es definido dentro del presente Estudio de Impacto Ambiental

- **Recobro secundario**

La actividad de inyección en superficie puede involucrar, como se ha mencionado la mezcla de agua fresca, captada en fuentes superficiales y/o agua subterránea provenientes de pozos captadores, autorizadas por la Corporación para el Desarrollo Sostenible del Área Especial La Macarena – CORMACARENA-, mezclada con agua proveniente del yacimiento, asociada a la producción de hidrocarburos. El agua es tratada por métodos mecánicos como la cascara de Nuez, o químicamente con biosidas, finalmente el sistema de bombas, se encarga de graduar la periodicidad, y presión de inyección que se genera ya en los pozos, resumen que presenta en la **Figura 2.2.2-109**. Previo al programa de inyección, se generan estudios, que, fundamentados en la compatibilidad de la formación con la calidad del agua a inyectar, establecen los tratamientos que estas reciben con el fin de evitar incrustaciones, o alteraciones que dificulten la eficiencia volumétrica y el recobro microscópico.

- **Pruebas de producción**

Luego de perforados los diferentes tipos de pozos considerados para el Área de Desarrollo Llanos 141, los cuales corresponden a pozos productores, inyectoros y exploratorios (NFE) es necesario realizar pruebas de producción (pozos productores y exploratorios) así como pruebas de integridad (pozos inyectoros).

En lo pertinente a las pruebas de producción estas se encuentran descritas anteriormente en la estrategia de desarrollo 2.2.2.2.1.1 Perforación de pozos productores (ED4) ítem Completamiento y pruebas cortas de producción: equipos, insumos, tipo y manejo de residuos, entre otros; de otra parte, la descripción de las diferentes pruebas de integridad a realizarse en pozos inyectoros se reúnen en la estrategia de desarrollo 2.2.2.2.1.2 Perforación de pozos de inyección de agua para recobro (ED5) ítem Completamiento y pruebas cortas de producción: equipos, insumos, tipo y manejo de residuos, entre otros, respectivamente.

- **Actividades de mantenimiento: equipos, insumos, entre otros**

Estas actividades son cotidianas en los bloques de producción y son realizadas por la coordinación de subsuelo con operarios y equipos (equipos de Workover y unidades de Well services). En la **Tabla 2.2.2-67** se explica cada una de las actividades de intervención a pozo de acuerdo. Las actividades de intervención a pozos se realizan desde su completamiento hasta el abandono, cumpliendo con requerimientos legales y de HSEQ nacionales vigentes; por lo cual, se presentan en este numeral debido a que se realizan en la actualidad y se deben continuar realizando para garantizar la sostenibilidad de la producción en los bloques.

**Tabla 2.2.2-67 Actividades de intervención a pozo**

Clasificación	Actividad
<b>Intervenciones mayores a pozo (Workover):</b> Son intervenciones en las cuales se cambian las condiciones técnicas del pozo, como cambios de intervalos, profundización, Reacondicionamiento (conversión) de pozo productor a inyector, completamientos, abandono, re-entry, entre otras.	Reacondicionamiento de pozos
	Conversión de la finalidad del pozo
	Completamiento
	Aislamiento de zonas
	Reparación de revestimiento
	Cementaciones
	Profundización de Pozos
	Perforación o reperforación de zonas
	Cambio de sistema de levantamiento artificial (SLA)
	Recompletamiento
	Fracturamiento, estimulación
	Mejora del perfil de Inyección (Conformance)
Abandono	

Clasificación	Actividad
<b>Intervenciones menores a pozo (well services):</b> Son intervenciones en las cuales no se cambia la condición técnica del pozo. Estas son: cambios de válvulas, bombas, limpiezas, pegas, sacada de varillas, tuberías rotas, flushing y pulsing entre otras.	Limpieza de arena
	Toma de registros de evaluación
	Cambio de Mandriles de Inyección y Válvulas
	Well services: Pesca
	Well services: Cambio de bombas
	Flushing y pulsing
	Well services: Bajada y Sacada de varilla
	Cambio o reparación de tubería

Fuente: MODIFICACIÓN DEL PLAN DE MANEJO AMBIENTAL INTEGRAL – PMAI-DE MARES; adaptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

Los trabajos a realizar se describen a continuación

- **Trabajos de Well services (Actividades de mantenimiento)**

Son intervenciones en las cuales no se cambia la condición técnica del pozo, entre las que se incluyen los cambios de válvulas, bombas, limpiezas, pegas, sacada de varillas, tuberías rotas, flushing y pulsing entre otras.

- **Limpieza de arena**

Es una de las actividades de intervención a pozo más comunes ya que comúnmente se presentan los siguientes problemas por la alta producción de arena:

- La dificultad de operación de la bomba de subsuelo.
- Atascamientos del extremo inferior de la tubería.
- Disminución de la producción debido a la obstrucción de las perforaciones del revestimiento

Por lo anterior existe la necesidad de realizar una limpieza periódica de la arena que se sedimenta en el fondo de los pozos que presentan estos problemas. El método consiste en controlar el pozo, bajar tubería de limpieza, circular en fondo hasta obtener retornos, sacar tubería de limpieza y acondicionar el pozo de nuevo para producción. Igualmente se usan métodos mecánicos con bomba desarenadora y con tubería flexible con fluido nitrogenado (coiled tubing).

- **Pesca**

Durante muchas de las operaciones en pozo (perforación y producción), este puede verse afectado por el atascamiento y obstrucción de herramientas, equipos, materiales y demás objetos que caen o se introducen al mismo. La recuperación de estos se conoce como operación de pesca y consiste en:

- Determinar la profundidad, posición, tamaño del pescado por medio de herramientas destinadas para tal fin.
- Seleccionar y bajar la herramienta de pesca adecuada.
- Recuperar el pescado.

- **Cambio de bombas**

los pozos requieren en su mayoría sistemas de optimización para recuperación de fluidos, los cuales a su vez dentro de su funcionamiento y operación requieren el uso de bombas de subsuelo. Estos equipos pueden verse afectados por factores como daños, atascamiento, pérdida de eficiencia, corrosión, daños en el motor de las misma, entre otros. La recuperación, el mantenimiento o cambio de estas es lo que se conoce como cambio de bomba.



- **Flushing y pulsing**

La operación de flushing consiste en bombear un bache de fluido en directa para remover los sólidos o partículas que tienden a pegar o mantienen pegada una bomba de subsuelo, un pistón o un rotor. La operación de pulsing consiste en el bombeo de fluido para retirar fluido en reversa (anular tubing-casing) contaminado con lodo y/o arena del tubing y/o casing.

- **Bajada y sacada de varilla**

Es una actividad que se realiza en los pozos que tienen sistema de levantamiento artificial que requieren varilla, y su finalidad es realizar cambio, mantenimiento o revisión de elementos como varillas y tubería de producción.

- **Tubería rota**

Mediante una prueba se puede determinar si el pozo no produce por tener un tubo roto, en este caso se saca inicialmente la sarta de varilla con bomba y después se saca la sarta de tubería para encontrar tubo roto, se baja probando la sarta de producción mediante una válvula ciega que va anclada en la nipplesilla, este retira pescándola con la sarta de varilla o con slick line, finalmente se baja el diseño de sarta de varilla con bomba en punta

➤ **Mecanismos de producción y abandono**

- **Mecanismos de producción - Trabajos de Workover**

Trabajos efectuados en un pozo, posteriores a su terminación, en las cuales se cambian las condiciones técnicas del pozo, con el fin de mejorar su productividad, integridad o inyectividad, entre estas modificaciones se consideran los cambios de intervalos, profundización, Reacondicionamiento (conversión) de pozo productor a inyector, completamientos, abandono, re-entry, entre otras, al igual que la instalación, retiro, cambio o reparación de los equipos o sistemas de levantamiento artificial o cualquier modificación en la terminación del pozo.

- **Cañoneo / Recañoneo**

Actividad en la que se retira toda la sarta del pozo, se cambia el fluido del pozo (crudo con agua) por fluido de control (salmuera inhibida) y mediante cargas explosivas se abren nuevas perforaciones en los intervalos de interés para incrementar la producción de hidrocarburos.

- **Conversión de pozos**

Esta actividad se utiliza en yacimientos que se encuentran en recuperación secundaria, en los cuales se cambia el estado y la función del pozo. Su aplicación es común en pozos que han culminado su vida productiva y/o cuando por agotamiento se producen otros fluidos (agua, gas, entre otros). En los bloques, es común la conversión de pozo productor a inyector de agua, con el método que consiste en controlar el pozo [circular un fluido de menor densidad (salmuera), sacar sarta de producción, romper empaques, realizar cementación en intervalos abiertos y cañonear intervalos de nuevo interés.

- **Completamiento**

Es la configuración de equipos en subsuelo (tuberías de producción) y superficie (sistema de levantamiento), necesaria para conducir los fluidos del yacimiento a superficie de forma controlada y segura, esta actividad se realiza después de la perforación del pozo. La selección del completamiento tiene como principal objetivo obtener la máxima producción en la forma más eficiente

y, por lo tanto, deben estudiarse cuidadosamente los factores que determinan dicha selección, tales como:

- Tasa de producción requerida.
  - Reservas de zonas a completar.
  - Mecanismos de producción en las zonas o yacimientos a completar.
  - Necesidades futuras de estimulación.
  - Requerimientos para el control de arena.
  - Futuras reparaciones.
  - Consideraciones para el levantamiento artificial por gas, bombeo mecánico (BM), electro sumergible (BES), etc.
  - Posibilidades de futuros Modificación del PMAI de Mares de recuperación adicional de petróleo.
  - Inversiones requeridas.
- **Cambio del sistema de levantamiento artificial (SLA)**

Es el proceso de cambiar de un sistema de levantamiento artificial a otro. Los factores que implica llevar a cabo este tipo actividad pueden ser: optimización de sistemas, costos, eficiencia, entre otros. Esta se considera una actividad de recompletamiento ya que implica el cambio del sistema de producción.

- **Recompletamiento**

Es el procedimiento de crear abertura a través de la tubería de revestimiento de nuevas zonas y el cemento para establecer comunicación mediante cargas explosivas entre el pozo y las formaciones productoras. Esta se realiza en pozos existentes según los requerimientos u objetivos operacionales.

- **Estimulación**

La estimulación de pozos es una actividad importante cuando se realiza mantenimiento a los pozos de producción. Consiste en inyectar fluido de control, con la finalidad de remover el daño ocasionado en las diferentes etapas de perforación. Durante el proceso de estimulación, se saca la sarta de producción del pozo, se baja la sarta de estimulación, se ubica el sistema de aislamiento (empaquete) en la profundidad definida y se bombea el fluido a las tasas adecuadas. Esta actividad se realiza con el fin de incrementar la productividad del pozo.

- **Mecanismos de abandono**

Posterior a todas las actividades descritas anteriormente, el pozo puede ser puesto en producción o finalmente abandonado; un pozo es abandonado cuando se presenta cualquiera de las siguientes condiciones: pozos secos, con daño mecánico o que no cumplan con los requisitos de desarrollo y explotación económica o cuando por orden o consideración técnica, por parte del Ministerio de Minas y Energía, este deba ser abandonado; también cuando durante la perforación del pozo se encuentra con zonas acuíferas y el objetivo es otro, caso en el cual se debe hacer la terminación y abandono de pozo, de tal forma que en el futuro, pueda ser usado para otro fin, en caso de requerirse.

El proceso de abandono de pozos consiste en diligenciar los respectivos formularios de terminación oficial del Ministerio de Minas y Energía con el programa de taponamiento y abandono del pozo, para aprobación del mismo; consiste en retirar las herramientas de subsuelo y finalmente realizar el taponamiento o sellado del pozo, el cual se deberá realizar según el Decreto 1895 de Septiembre 15 de 1973, que indica y recomienda que: el llenado del pozo debe hacerse con lodo de 12 lpg (libras por galón de densidad) desde el fondo hasta el tope de cada formación productiva, o colocarse un



Las perforaciones y conversión de pozos serán reportadas vía ICA y descontadas de los saldos autorizados en el presente Estudio de Impacto Ambiental.

#### 2.2.2.4 Líneas de flujo

Las líneas de flujo son tuberías utilizadas para el transporte de fluidos que se lleve a cabo entre las plataformas (clústeres) y sus pozos asociados con las diferentes facilidades en superficie y/o los campos y/o bloques con los que se haga intercambio (entrega y/o recibo) de fluidos. Estas líneas de flujo se diseñan de forma tal que soportan altas presiones y temperaturas, garantizando la seguridad y confiabilidad en la transferencia de fluidos. Estas tuberías suelen estar fabricadas en acero al carbono, aceros inoxidable, materiales compuestos, entre otros, con diámetros, espesores y recubrimientos protectores en función de las necesidades del proyecto y servicio que prestan.

Dentro de esta estrategia de desarrollo general se conjuga la construcción y ejecución de infraestructura requerida que ayude al transporte de diferentes fluidos entre equipos y áreas operativas. Bajo el panorama reseñado se contemplan una (1) estrategia de desarrollo enfocada en la Construcción y operación de líneas de flujo. La estrategia en mención se lista en la **Tabla 2.2.2-69**.

**Tabla 2.2.2-69 Estrategias de desarrollo contempladas dentro de la subetapa de Obras civiles necesarias para el transporte de fluidos**

Estrategia de Desarrollo Generales (HI-TER-1-03)	ID	Estrategias Definidas en el EIA ÁREA DE DESARROLLO LLANOS 141
Líneas de flujo	ED9	Se solicita la construcción de nuevas líneas de flujo para el transporte de fluidos (i.e: Crudo, gas, agua de producción, agua para inyección, entre otros), las cuales tendrán hasta una longitud máxima de 30 km para tuberías con diámetros de hasta de 36” en un derecho de vía de hasta de 20 m.

Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

A continuación, se presenta la descripción de las estrategias de desarrollo referida.

##### 2.2.2.4.1 Construcción y operación de líneas de flujo (ED9)

Dentro de las necesidades de infraestructura se requiere aquella que ayude al transporte de diferentes fluidos entre equipos y áreas operativas. Esta actividad contempla la construcción de líneas de flujo desde las plataformas nuevas o existentes hasta la conexión a líneas existentes o conexiones directas a estaciones y/o facilidades, existentes o proyectadas. Las líneas de flujo podrán ser construidas en superficie, sobre racks o marcos H, o enterradas, y podrán funcionar como gasoductos, oleoductos, poliductos o propano ductos, líneas de pozos, líneas colectoras, oleoductos secundarios o principales. En todos los casos se respetará la zonificación de manejo ambiental del presente estudio

##### 2.2.2.4.1.1 Cantidades requeridas para el Área de Desarrollo Llanos 141

Se solicita la construcción de nuevas líneas de flujo para el transporte de fluidos (i.e: Crudo, gas, agua de producción, agua para inyección, entre otros), las cuales tendrán hasta una longitud máxima de 30 km que abrigarán tuberías con diámetro máximo hasta de 36” e instaladas al interior de un derecho de vía hasta de 20 m de sección transversal. La definición y trazados de estas, se realizará en consonancia a las necesidades del desarrollo del campo y a la luz de la zonificación de manejo ambiental que hace parte integral de este estudio.

**Tabla 2.2.2-70 Longitud de líneas de flujo a solicitar**

Tipo de actividad	Derecho de vía (m)	Máximo diámetro de tubería a instalar (“)	Longitud de líneas a construir (km)	Observaciones
Construcción y operación de líneas de flujo	Hasta 20	36	30	El número de líneas a instalar en el DDV dependerá del diámetro de estas tal que no se sobrepase el ancho de 20 m

Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

#### 2.2.2.4.1.2 Alternativas de trazado, cruces fluviales y posibles accesos

La información asociada a alternativas de trazado de las líneas de flujo a construir, la localización y cantidad de cruces fluviales (ocupaciones de cauce) y accesos a emplear para poder acceder a los diferentes tramos de cada línea durante su construcción, serán identificados y presentados dentro de los respectivos Planes de Manejo Ambiental Específicos (PMAE) que se realizan para la ejecución de los proyectos que involucren este tipo de actividad, sin embargo es de reseñar que los trazados y ubicación de cruces fluviales se realizará en concordancia a las siguientes apreciaciones:

- Serán realizados en correspondencia con la zonificación de manejo ambiental.
- Dependerá de la localización final de la infraestructura petrolera (i.e: localizaciones, estaciones e instalaciones en general) a las que se requiera acceder.
- Su punto de inicio se localizará sobre manifold existentes o proyectados en las plataformas y finalizará en manifold, separadores, Tie-In localizados en líneas de conducción o en estaciones a la que se necesita conectar.
- Se propenderá por mantener la menor longitud de línea y la misma deberá considerar la estabilidad geotécnica y presentar en lo posible menores volúmenes de corte y relleno.
- El acceso a las áreas donde se construirán las diferentes líneas de flujo requeridas para el Área de Desarrollo Llanos 141 se realizará por las diferentes vías de acceso identificadas para uso de la operación (tanto existentes como proyectadas), y desde el punto donde estas intercepten con los DV conformados para la instalación de las líneas, el acceso se podrá realizar a lo largo de estos hasta los diferentes frentes de obra.

#### 2.2.2.4.1.3 Especificaciones técnicas de los cruces especiales

En algunas ocasiones, la construcción de las líneas de flujo requerirá el cruce de cuerpos de agua los cuales podrán ser de origen natural o artificial. Para el caso de los drenajes naturales se solicitará ante la autoridad ambiental el permiso de ocupación de cauce. En la **Tabla 2.2.2-71** se presenta la relación de los posibles cuerpos de agua a intervenir por las obras a realizar dentro del derecho de vía y en la **Figura 2.2.2-110** su respectiva ubicación, cabe resaltar que la construcción de líneas de flujo únicamente se contempla al interior del Área de Desarrollo Llanos 141.



Tabla 2.2.2-71 Ocupaciones de cauce a solicitar para el Área de Desarrollo Llanos 141

ID	Cuerpo de agua asociado	Municipio	Vereda	COORDENADAS ORIGEN NACIONAL						Tipo de ocupación (*) (**)	Franja solicitud (m)
				CENTROIDE		AGUAS ARRIBA		AGUAS ABAJO			
				Este	Norte	Este	Norte	Este	Norte		
Ocp_01	Caño NN1	Cumaral	Inspección San Nicolas	4956278.87	2020265.70	4956297,77	2020311,96	4956246,65	2020227,6	Multipropósito	100 m (50m aguas arriba y 50 m aguas abajo a partir del sitio solicitado).
Ocp_02	Caño NN2	Cumaral	Laguna Brava	4959547.41	2023289.14	4959579,93	2023251,28	4959579,93	2023251,28	Multipropósito	
Ocp_03	Caño NN3	Cumaral	Inspección San Nicolas	4953855.33	2023763.48	4953854,2	2023813,41	4953901,86	2023745,44	Multipropósito	
Ocp_04	Caño Carnicerías	Cumaral	Laguna Brava	4959417.33	2023156.56	4959391,87	2023199,51	4959434,91	2023109,8	Multipropósito	
Ocp_05	Caño NN4	Cumaral	Inspección San Nicolas	4954080.81	2024669.03	4954034,24	2024651,09	4954130,45	2024674,2	Multipropósito	
Ocp_06	Caño El Caibe	Cumaral	Vega Grande	4951691.95	2018605.23	4951697,84	2018654,86	4951694,43	2018555,39	Multipropósito	
Ocp_07	Caño El Caibe	Restrepo	Vega Grande	4950868.27	2018925.29	4950829,76	2018957,18	4950917,51	2018916,97	Captación de aguas superficiales	
Ocp_08	Caño El Caibe	Restrepo	Vega Grande	4950104.44	2021138.43	4950059,5	2021160,27	4950082,71	2021093,51	Multipropósito	
Ocp_09	Caño El Caibe	Cumaral	El Palmar	4952192.66	2019153.28	4952145,48	2019169,68	4952232,74	2019123,56	Multipropósito	
Ocp_10	Caño Bachacal	Cumaral	El Palmar	4953726.25	2019563.77	4953682,87	2019588,44	4953748,63	2019519,15	Multipropósito	
Ocp_11	Caño Bachacal	Cumaral	El Palmar	4955182.72	2019843.32	4955133,96	2019854,05	4955211,26	2019802,32	Multipropósito	
Ocp_12	Caño Bachacal	Cumaral	Inspección San Nicolas	4958377.40	2018265.04	4958331,88	2018285,63	4958426,98	2018270,74	Multipropósito	
Ocp_13	Caño NN5	Cumaral	El Palmar	4955252.36	2020181.26	4955204,02	2020193,65	4955291,96	2020150,87	Multipropósito	
Ocp_14	Caño NN6	Cumaral	El Palmar	4952516.42	2021269.00	4952507,88	2021318,17	4952508,21	2021219,76	Multipropósito	
Ocp_15	Caño NN7	Cumaral	Inspección San Nicolas	4954651.47	2017492.97	4954605,6	2017473,26	4954688,18	2017526,77	Multipropósito	
Ocp_16	Caño Trapiche	Restrepo	Vega Grande	4948682.78	2018409.39	4948640,39	2018435,86	4948732,68	2018411,25	Captación de aguas superficiales	
Ocp_17	Caño NN8	Cumaral	Venturosa	4955161.80	2030404.88	4955111,9	2030403,07	4955210,95	2030395,81	Multipropósito	
Ocp_18	Caño Carnicerías	Cumaral	Chepero	4954271.72	2026753.80	4954229,95	2026781,21	4954320,04	2026741,34	Captación de aguas superficiales	
Ocp_19	Caño NN9	Cumaral	Chepero	4954375.63	2026873.60	4954355,93	2026919,48	4954383,5	2026824,3	Multipropósito	
Ocp_21	Caño Vueltudo o Tripas	Restrepo	Sardinata	4944890.17	2025079.63	4944900,35	2025128,49	4944898,63	2025030,45	Multipropósito	
Ocp_22	Caño Trapiche	Restrepo	Vega Grande	4947949.88	2019423.92	4947917,79	2019462,13	4947984,32	2019387,69	Multipropósito	
Ocp_23	Caño NN10	Cumaral	Chepero	4953366.41	2025972.02	4953320,73	2025992,21	4953416,31	2025974,97	Multipropósito	
Ocp_26	Caño Piedras Negras	Cumaral	Yari	4946801.66	2025739.31	4946776,6	2025782,51	4946842,7	2025710,91	Multipropósito	

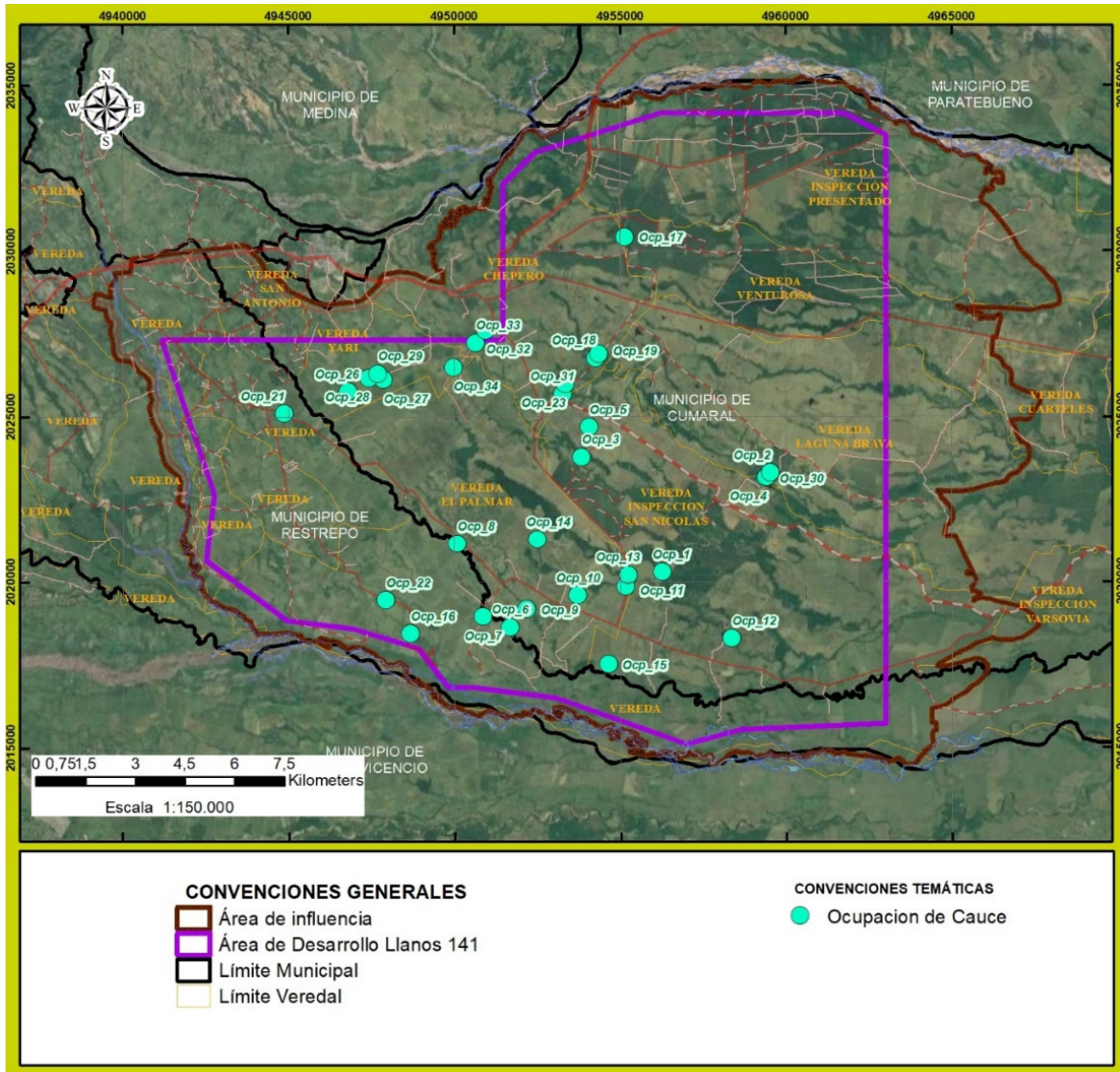
ID	Cuerpo de agua asociado	Municipio	Vereda	COORDENADAS ORIGEN NACIONAL						Tipo de ocupación (*) (**)	Franja solicitud (m)
				CENTROIDE		AGUAS ARRIBA		AGUAS ABAJO			
				Este	Norte	Este	Norte	Este	Norte		
Ocp_27	Caño Tripero	Cumaral	Yari	4947880.61	2026101.87	4947842,83	2026134,54	4947926,33	2026081,8	Multipropósito	100 m (50m aguas arriba y 50 m aguas abajo a partir del sitio solicitado).
Ocp_28	Caño Tripero	Cumaral	Yari	4947430.79	2026153.04	4947426,3	2026202,76	4947455,63	2026109,7	Multipropósito	
Ocp_29	Caño Tripero	Cumaral	Yari	4947700.46	2026281.85	4947674,55	2026324,51	4947746,16	2026301,98	Multipropósito	
Ocp_30	Caño Carnicerías	Cumaral	Laguna Brava	4959392.44	2023139.78	4959343	2023146,63	4959434,58	2023112,9	Multipropósito	
Ocp_31	Caño NN11	Cumaral	Chepero	4953285.77	2025665.37	4953239,66	2025684,44	4953334,91	2025656,21	Multipropósito	
Ocp_32	Caño NN12	Cumaral	Chepero	4950957.17	2027592.68	4950927,17	2027632,63	4951005,04	2027578,48	Multipropósito	
Ocp_33	Caño Mayuga	Cumaral	Chepero	4950650.78	2027209.17	4950601,79	2027219,05	4950699,18	2027197,02	Multipropósito	
Ocp_34	Caño NN13	Cumaral	Yari	4949995.15	2026469.75	4949969,39	2026512,51	4950024,86	2026429,56	Multipropósito	

Nota (\*): El tipo de obra específico asociado para cruces de vías, líneas de flujo y/o para entrega de aguas de escorrentía a implementar sobre cuerpos de agua será definido y presentado en los respectivos PMAE que contemplen la implementación de este tipo de obras y acompañado de los diseños específicos.

Nota (\*\*): Las ocupaciones multipropósito se clasifican en tres categorías: vías, líneas de flujo y manejo de aguas pluviales/escorrentía. Estas categorías pueden involucrar diversas infraestructuras, tales como alcantarillas de diferentes diámetros (por ejemplo, 12”, 24”, 36”, entre otros) y configuraciones (como sencillas, dobles, triples, entre otras), así como bateas (exclusivamente para reemplazo de bateas existentes), box culvert, pontones, puentes, quiebrapatas y cruces a cielo abierto en el caso de las vías. Específicamente, en el caso de las líneas de flujo, se relaciona con infraestructuras como cruces aéreos, como puentes colgantes, marcos H, cerchas metálicas o cruces lanzados, así como perforaciones (tubería horizontal, perforación horizontal dirigida “PHD”), y tubería flexible. Para el manejo de aguas pluviales, se contemplan obras de descole en concreto y/o sacos de suelo cemento, así como disipadores de energía en concreto y/o con sacos de suelo cemento, y canales rápidos.

Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

Figura 2.2.2-110 Espacialización de las ocupaciones de cauce a solicitar



Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

De acuerdo con las características morfológicas del lecho y al volumen de agua transportado por la corriente se dividen en tres (3) categorías y se establece de forma general condiciones mínimas de diseño.

- **Corrientes principales:** Son aquellas que presentan un ancho de cauce permanente superior a 30 m, caudal medio superior a 20 m<sup>3</sup>/s, o que por sus características se han definido así durante la etapa de estudio. Estas corrientes requieren procedimientos especiales para la instalación de la tubería como la perforación dirigida, aunque pueden construirse a cielo abierto en etapas utilizando barreras de desviación de la corriente y desecando parte del lecho para la colocación parcial del tubo.
- **Corrientes secundarias:** Son aquellas que cumplan con alguna de las siguientes características.

- Ancho de cauce entre 10 y 30 m.
- Caudal permanente mayor de 5 m<sup>3</sup>/s.
- Ancho entre hombros mayores de 30 m y altura de éstos superior a 6 m.
- Otras circunstancias de tipo y estabilidad de los materiales naturales de sus márgenes, según lo establecido en la etapa de diseño.

La instalación de la tubería en estos cauces, generalmente se realiza por el método de cielo abierto, utilizando métodos de desviación temporal del caudal con diques o desecando parte del cauce mediante el uso de motobombas o estructuras de captación de la corriente. Para estos casos la profundidad mínima de instalación es 2,5 m bajo la parte más profunda del lecho o quedar por debajo del nivel de socavación natural del cauce.

Una vez efectuado el cruce, las orillas excavadas se deben restituir y proteger con enrocados o gaviones tanto en las partes sumergidas como en el talud exterior. Sin embargo, se deben obtener condiciones tales que aseguren la estabilidad del cruce. Eventualmente y de acuerdo con las condiciones naturales del lecho y las márgenes pueden utilizarse métodos especiales (perforación dirigida) para la instalación de la tubería.

- **Corrientes menores:** Generalmente son corrientes de carácter intermitente con anchos del cauce menores de 10 m y con profundidades del lecho no superiores a los 2 m. La tubería en estos casos se debe instalar de forma enterrada, a la profundidad de línea regular. Además, deben reconstruirse las márgenes del cauce encarpados con sacos de suelo cemento y eventualmente con gaviones en sacos de suelo cemento.

La tubería en los cruces de corrientes menores puede instalarse sin mayores inconvenientes por el método de cielo abierto, teniendo en cuenta el manejo del caudal que puedan tener dichos cauces durante el periodo de construcción e implementando las obras de geotecnia preliminar y definitiva necesarias para el tránsito de maquinaria y equipo y para la recomposición final del lecho del cauce. La instalación de la tubería en cruces menores se maneja como línea regular y la profundidad debe ser tal que la cota clave de la tubería sea como mínimo 1,8 m

Los cruces fluviales se realizarán en los sectores donde las líneas de flujo a construir interceptan cuerpos de agua (lóticos y lenticos), a continuación, se presenta la descripción de los diferentes tipos de cruces a realizar, sin embargo, es de reseñar que los trazados y ubicación de cruces fluviales se realizará en concordancia a la zonificación ambiental y considerando las siguientes apreciaciones.

- A lo largo de las diferentes líneas a construir se pueden presentar uno o varios puntos de cruce sobre cuerpos de agua, en este sentido se tratará en lo posible de minimizar los puntos referidos, pero de ser necesario interceptar algunos cuerpos de agua, el trazado será realizado en concordancia a la zonificación ambiental del área
- Dependerá de la localización final de la infraestructura petrolera (i.e: localizaciones, estaciones e instalaciones en general) a las que se requiera acceder.
- Se propenderá por mantener la menor longitud de línea y la misma deberá considerar la estabilidad geotécnica y presentar en lo posible menores volúmenes de corte y relleno.
- Los cruces de corrientes se construirán preferiblemente de manera aérea sobre marcos H sin intervención del cauce, sin embargo, dependiendo de las características y dimensiones del cruce se podrán implementar estructuras metálicas, cruces dirigidos y/o subfluviales.

Dependiendo de sus características, los cuerpos de agua se clasifican como: principales, secundarios y menores. La clasificación de los cuerpos de agua a cruzar con la línea se realiza durante la etapa de estudios y diseños, y depende básicamente de las características del cauce en



cuanto a su amplitud, tipo de materiales que lo conforman, estabilidad del fondo y las márgenes, caudal medio y condiciones de flujo, entre otros.

El cruce en los diferentes tipos de drenajes (principales, secundarios, menores se realiza de manera subfluvial o aérea. Los cruces de tipo subfluvial se construyen por métodos tales como perforación horizontal dirigida o mediante excavación de zanja a cielo abierto, en tanto que los cruces aéreos se realizan mediante la construcción de estructuras como puentes colgantes y apoyos en marcos H.

En los cruces subfluviales de corrientes de agua debe determinarse, mediante evaluaciones hidrotécnicas y geotécnicas, el perfil de socavación del cauce durante las condiciones de flujo más críticas que se puedan presentar para períodos de retorno de 20 y 100 años y con base en los resultados de las evaluaciones se debe definir la profundidad mínima de instalación de la tubería, el tipo de cruce (a cielo abierto o por perforación dirigida) y las obras de protección y recuperación de márgenes que se requieran.

Los principales factores que se deben considerar en el diseño de un cruce subfluvial y que impactan la longitud y profundidad de instalación del cruce son:

- Velocidad de la corriente.
- Turbulencia.
- Socavación.
- Divagación del cauce.
- Cambios de temperatura.
- Calado de embarcaciones.
- Corrosión.
- Dragado.
- Flotación.
- Estadísticas de incremento de nivel debido a variaciones climatológicas.
- Historial del cauce natural.

Cabe reseñar, que el diseño de la obra a implementar garantizará que los puntos de inicio y final del cruce se encuentre por fuera de la zona de divagación del cauce definido o ronda hídrica (definida en los diferentes estudios realizados por el consultor y acorde a lo consignado en la GUÍA TÉCNICA DE CRITERIOS PARA EL ACOTAMIENTO DE LAS RONDAS HÍDRICAS EN COLOMBIA, MADS-2018), consignado en el Anexo \ 2. Descripción del proyecto \ 2.2\_Estrategias\_Desarrollo \ 7\_ESPEC\_TECN\_OBRAS CIVILES.

Finalmente, y con el propósito de no someter la tubería a tensiones extremas y evitar doblado excesivo en los cauces de orillas con talud muy inclinado, deben efectuarse las excavaciones necesarias en las orillas que lo requieran, especialmente en la zanja, para dar conformación adecuada a la tubería y facilitar las labores de instalación del cruce subfluvial. Una vez efectuado el cruce, las orillas excavadas se deben restituir y proteger con enrocados o gaviones tanto en las partes sumergidas como en el talud exterior. De toda forma, se deben obtener condiciones tales que aseguren la estabilidad del cruce.

A continuación, se describen los diferentes tipos de cruces de drenajes a realizar.

#### ➤ **Cruces a cielo abierto**

Esta modalidad de cruce la tubería se ubica por debajo del fondo del cauce u obstáculo, construyendo una zanja. La profundidad máxima de la zanja debe ser tal que para el caso de los ríos la socavación máxima generalizada que ocurre en la corriente para el evento de la creciente de



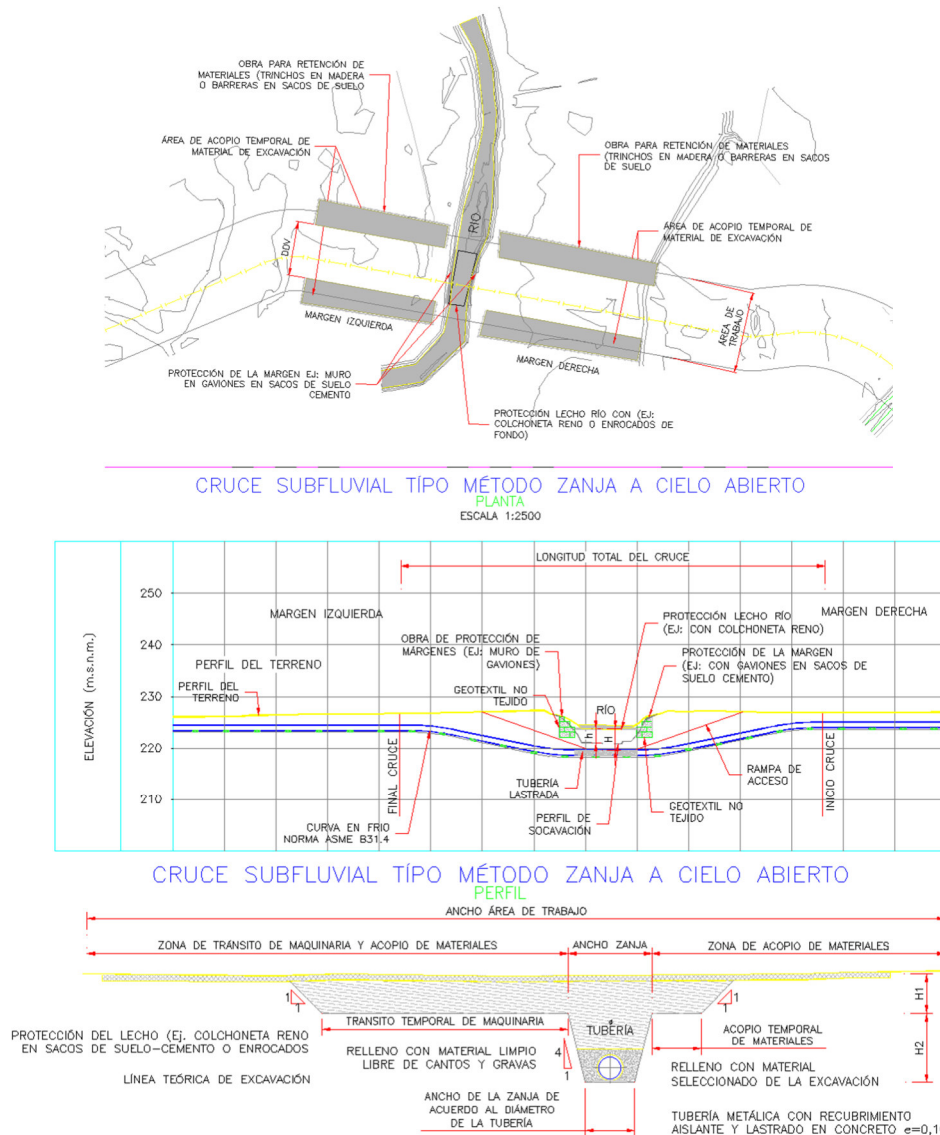
diseño, no afecte la tubería. Es común emplear este sistema constructivo en verano cuando el agua de la corriente es mínima, de tal manera que el agua se puede desviar con ataguías hacia un costado, mientras se instala la tubería en el costado opuesto. Con el fin de proteger el ducto ante fenómenos de abrasión o impacto se debe implementar la instalación de un lastrado en concreto. Para el caso en el que se pueda presentar flotabilidad de la tubería se utilizará el lastrado y eventualmente se pueden utilizar silletas de contrapeso. Este procedimiento comprende la intervención directa de la corriente mediante la excavación de una zanja en el lecho del cauce, generalmente de forma perpendicular al flujo de agua, en la cual se instala la tubería a una profundidad por debajo del nivel de socavación. La construcción de un cruce subfluvial estará dada por las siguientes actividades consecutivas:

- **Localización y replanteo:** Consiste en ubicar en las márgenes y cauce de la corriente, los ejes y líneas guía correspondientes al ancho de la zanja donde se ubicará la tubería de cruce, así como aquellos elementos y estructuras para la estabilización y control de procesos erosivos, de acuerdo con los planos de diseño.
- **Adecuación del corredor:** El corredor se adecua mediante rampas de acceso en las márgenes del cauce, con el fin de conformar una zona de trabajo sobre la cual se pueda transitar con maquinaria y equipo, y que adicionalmente ofrezca espacio suficiente para el manejo e instalación de la tubería. Los materiales resultantes de la adecuación de los accesos al cauce se deben disponer en los sectores planos adyacentes a las márgenes, donde se retendrán mediante obras de protección (trinchos, coronas en sacos), para evitar el flujo del material.
- **Desvío de la corriente del cauce:** La actividad se basa en construir un canal, desviar de manera temporal la corriente o intervenir por sectores el cauce, de tal forma que se puedan ejecutar las acciones sin interrupciones del flujo para esto se instalan a un costado aguas arriba de la excavación sacos para direccionar la corriente de agua.
- **Preparación y soldadura de la tubería:** Se soldarán los tramos de la tubería que se, actividad que será realizada fuera del área de excavación. La tubería se dispondrá dentro de una camisa o tubería de mayor diámetro y se instalará en el fondo del lecho, teniendo cuidado de no ubicarla cerca de superficies o elementos que puedan ocasionarle un corte; adicionalmente comprende la prueba radiográfica, limpieza, prueba hidrostática y recubrimiento anticorrosivo del tramo de tubería que se instalará antes de abrir la zanja y en un lugar fuera del curso del agua.
- **Excavación:** Se extrae mecánicamente el material de la zanja disponiéndolo a un costado de la excavación, la profundidad de excavación dependerá de la profundidad de la corriente (valor dado mediante el análisis de socavación), utilizando los sistemas de protección necesarios.
- **Instalación de la tubería:** Comprende la colocación de la línea de flujo en el fondo de la zanja, sobre sacos de fibra rellenos o sobre capas de materiales granulares no corrosivos de acuerdo con las especificaciones de diseño; concluida la instalación se realizará el revestimiento de la tubería en concreto o en el material que determinen los diseños para cumplir la función de protección y/o lastrado.
- **Compactación:** Hace referencia a las labores de extender y compactar el material excavado de la zanja para cubrir la línea de flujo. En los sectores donde el material de excavación de la zanja no sea el adecuado para realizar el tapado de la tubería debe disponerse de los materiales necesarios para asegurar por lo menos el espesor de tapado por encima de la cota clave del tubo con material seleccionado. En la última capa se puede instalar enrocados, concreto, sacos rellenos o geo sintéticos para controlar los procesos de socavación y erosión del cauce. El material extraído de la zanja se ubica nuevamente dentro de la excavación compactándolo con vibro-compactador o canguro, hasta obtener un 95% del proctor modificado y lograr la estabilización del cauce.
- **Obras de estabilización y reconformación:** Consiste en la construcción de obras como muros en gaviones, instalación de enrocados, trinchos, geosintéticos, sacos rellenos, cortacorrientes, canales y en general todas aquellas estructuras y elementos que permiten estabilizar el cauce y controlar procesos erosivos.

- Actividades de limpieza y finalización: Se refiere a todas las labores de retiro y limpieza de los materiales sobrantes de construcción y aquellas involucradas con la respectiva señalización.

A continuación, se ilustra de manera general la longitud del cruce típico (**Figura 2.2.2-111**), dejando presente que las longitudes y especificaciones de cada línea a construir serán definidas al momento de la ejecución del proyecto en específico y presentadas dentro del PMAE para cada proyecto a realizar.

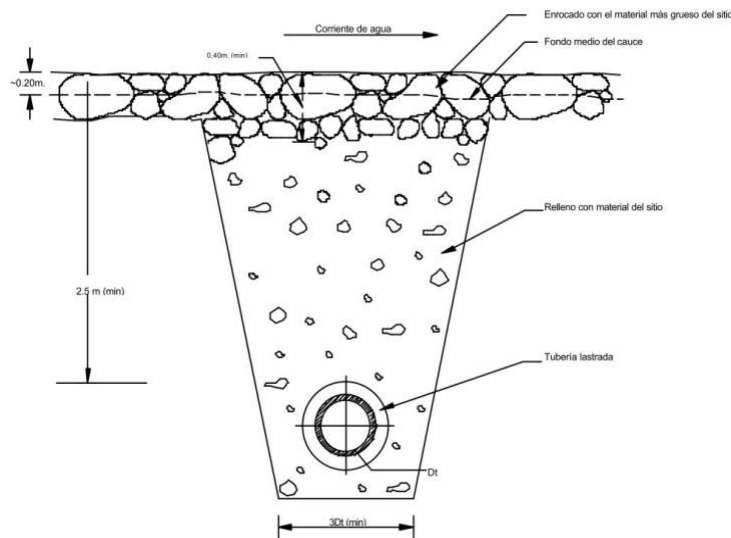
**Figura 2.2.2-111 Sección típica cruce subfluvial a cielo abierto**



Fuente: Anexo 2. Descripción del proyecto \ 5.CIVIL \ ECP-ULL-LLANOS141-IP01-0-CI-PL-003-D; adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

En la **Figura 2.2.2-112** se presenta la sección transversal tipo de la zanja a conformar para un cruce de este tipo.

Figura 2.2.2-112 Sección transversal tipo para zanja de cruce subfluvial



Fuente: ECOPEPETROL S.A., 2020; adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2022)

### ➤ Cruces aéreos

Cuando se determinen pasos aéreos, se debe considerar que los puentes se clasifican en tres tipos, de acuerdo con su longitud: los del tipo I tienen una longitud variable entre 20 y 75 m, los del tipo II tienen longitud variable entre 76 y 120 m y los del tipo III con una longitud mayor de 120 m. Para estos pasos aéreos deben diseñarse las estructuras de apoyo de la tubería, las cuales pueden estar conformadas por puentes colgantes o cerchas de apoyo (puentes rígidos) incluidos los apoyos principales del puente (torres para los colgantes y estribos para los rígidos), dependiendo de las condiciones del subsuelo, el régimen de flujo en la corriente, los efectos del viento o sismo y las condiciones debidas a la operación del sistema. Cuando se requieran estructuras de menos de 20 m de luz, se considera como "Instalación de tubería superficial" la cual debe apoyarse en marcos H o con cables anclados al terreno, mediante macizos o pernos de anclaje. En todos los casos, el puente debe estar cimentado en terreno firme, fuera de la influencia de la corriente y debe dotarse de las obras de protección que se requieran.

Los cruces aéreos incluyen estructuras metálicas (torres) y de concreto (fundaciones, bases torres, muertos de anclaje) para sostener el ducto en su recorrido por encima del río. La cimentación segura de las torres que soportan la tubería y los muertos de anclaje implica la presencia de márgenes del cauce estables geomorfológicamente, fuera de la influencia de la corriente y de fenómenos de inestabilidad del terreno. Se diseñarán las fundaciones y estructuras chequeando la capacidad portante del terreno, estabilidad de la fundación (deslizamiento, volcamiento) y la interacción suelo estructura de acuerdo con los parámetros prescritos en la NSR-10.

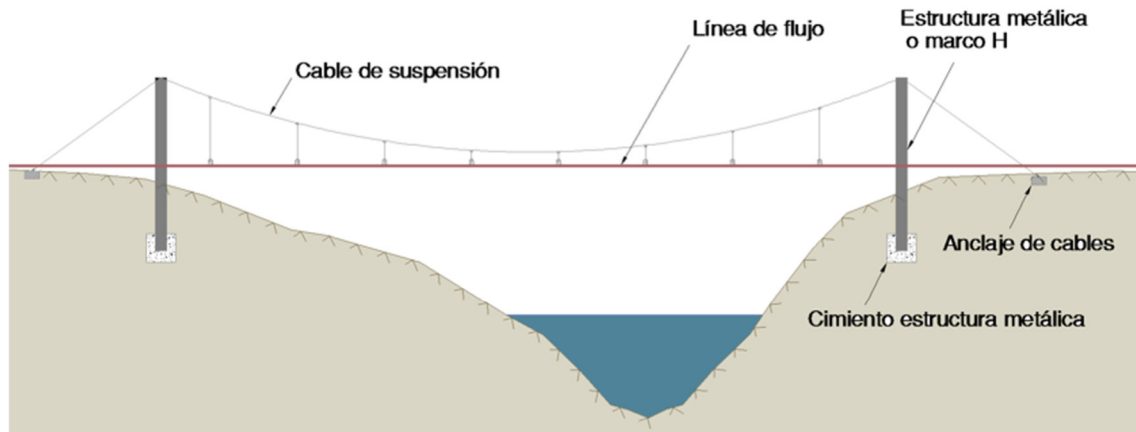
Las obras para ejecutar deben contar con protecciones como drenes, cunetas y filtros con los que se disminuya la probabilidad de la gestación y desarrollo de procesos de remoción en función de la saturación de agua en los materiales superficiales y subsuperficiales (abatir el nivel freático alto); escenario que redundará en el aseguramiento de la integridad de la infraestructura construida. La construcción de un cruce aéreo estará dada por las siguientes actividades constructivas:

- Localización y replanteo: Consiste en marcar en el terreno la ubicación de los elementos correspondientes a la cimentación de anclajes, las estructuras metálicas y/o marcos H según los planos de diseño.
  - Preparación del terreno: Consiste en realizar las correspondientes excavaciones para construir los cimientos y anclajes de las estructuras metálicas y/o marcos H.
  - Cimentación: Cobija la construcción de las zapatas, vigas y atraques en concreto ciclópeo o reforzado con el objetivo de apoyar y transmitir las cargas de las estructuras metálicas y/o marcos H. Se debe prever la instalación de varillas de acero, pernos y anclajes que sirvan de arranque y amarre de las estructuras metálicas y/o marcos H, así como de los cables de suspensión.
  - Instalación de estructuras metálicas o marcos H: Comprende la ubicación sobre los cimientos, izado, alineación vertical y apuntalamiento temporal de las estructuras metálicas o marcos H que servirán de soporte para los cables y líneas de flujo.
  - Bases: Consiste en el amarre del acero de refuerzo, encofrado, vaciado y vibrado del concreto para fundir y anclar la estructura metálica y/o marcos H, a la cimentación.
  - Cables de suspensión: Hace referencia al tendido, instalación, anclaje y tensión de los cables que servirán para sostener las líneas de flujo a lo largo de la luz.
  - Líneas de flujo: Comprende la instalación de las líneas de flujo sobre las estructuras metálicas y/o marcos H y el correspondiente amarre a los cables de suspensión mediante abrazaderas y ganchos. Antes de instalar la tubería, a la misma se le debe realizar la respectiva prueba hidrostática.
  - Actividades de limpieza y finalización: Se refiere a todas las labores de retiro y limpieza de los materiales sobrantes de construcción y aquellas involucradas con la respectiva señalización.
- **Cruces aéreos – Puente Colgante**

Un puente colgante está constituido por dos o más cables o grupos de cables que pasan sobre dos torres y se aseguran en sus extremos a dos bloques de anclajes. Para el diseño de este tipo de estructuras es importante contar con algunos datos generales como; luz entre centros de torres, luz libre entre estribos, altura de las torres, flecha del puente y longitud entre las torres y los bloques de anclajes.

Estos puentes son generalmente utilizados cuando es necesario salvar grandes luces, por lo que generalmente su tablero es metálico. El puente colgante es, igual que el arco, una estructura que resiste gracias a su forma; en este caso salva una determinada luz mediante un mecanismo resistente que funciona exclusivamente a tracción, evitando, gracias a su flexibilidad, que aparezcan flexiones en él. Los elementos principales de este tipo de puente son el cable principal, las torres y el tablero. Es pertinente señalar que durante el diseño y construcción de este tipo de estructuras se deberá respetar el área de protección definida sobre cada una de las márgenes del cuerpo a intervenir (50 m a cada lado) de manera que no se podrá instalar ningún tipo de estructura de apoyo o similar al interior de la misma, salvo en los casos en los que se cuente con la aprobación de la respectiva ocupación de cauce. A continuación, se ilustra de manera general la longitud del cruce típico de este tipo (**Figura 2.2.2-113**), dejando presente que las longitudes y especificaciones de cada línea a construir serán definidas al momento de la ejecución del proyecto en específico y presentadas dentro del PMAE para cada proyecto a realizar.

Figura 2.2.2-113 Diseño típico cruce aéreo



Fuente: ECOPETROL S.A., 2020; adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2022)

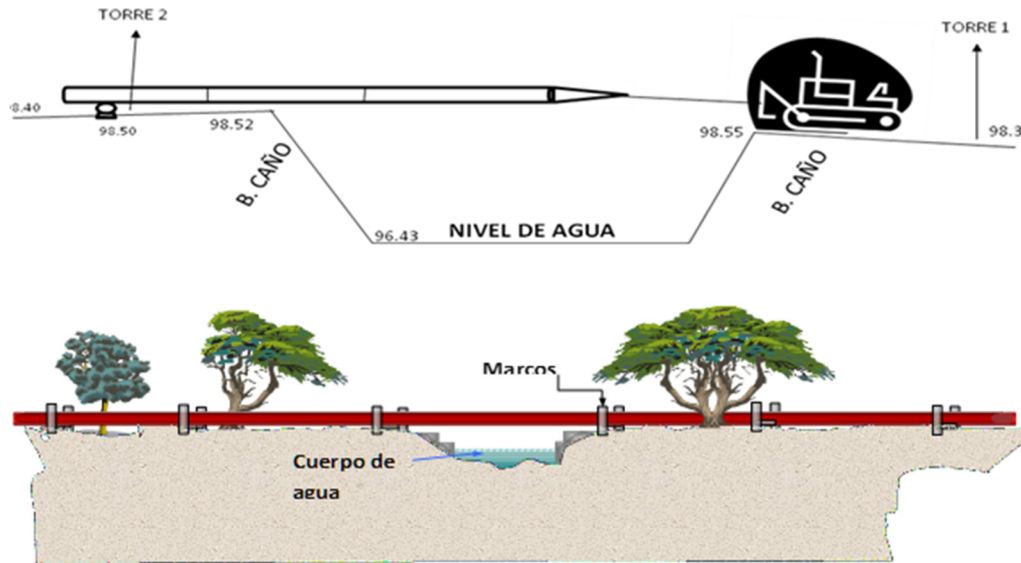
- **Cruces sobre marcos “H”**

El método de cruce mediante lanzamiento sobre “Marco H” hincados o cercha, evitara el aporte de sedimentos a cuerpo de agua. El procedimiento para realizar el hincado de marco H, consiste en primer lugar en buscar el espacio donde se encuentre menor vegetación, posteriormente se realiza la lingada del cruce antes de entrar al morichal o bosque en el lado opuesto y por fuera del mismo **Figura 2.2.2-114**, actividad que básicamente consiste en la unión de varios tubos los cuales quedan con la suficiente longitud para atravesar el bosque.

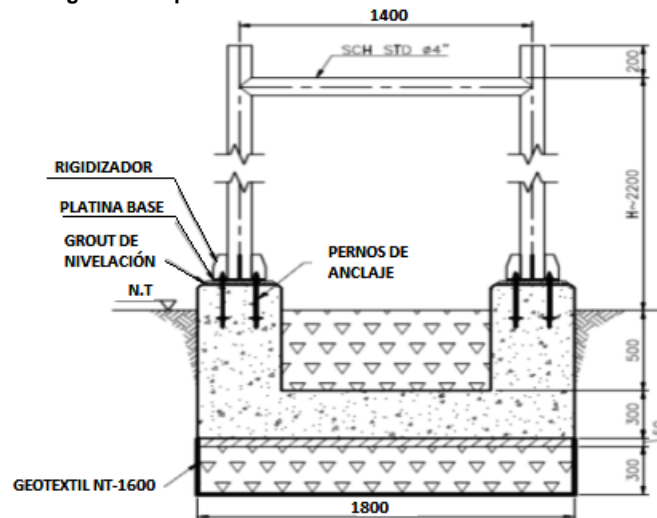
Desde el otro costado una máquina hala la lingada que rueda a través de rodillos, hasta llegar a su posición final. Al igual que para el tipo de estructura descrita en el numeral anterior, durante el diseño y construcción de este tipo de estructuras se deberá respetar el área de protección definida sobre cada una de las márgenes del cuerpo a intervenir (30 m a cada lado a partir de la cota máxima de inundación) de manera que no se podrá instalar ningún tipo de estructura de apoyo o similar al interior de la misma, salvo en los casos en los que se cuente con la aprobación de la respectiva ocupación de cauce.



Figura 2.2.2-114 Cruces con marcos “H”



Perfil longitudinal tipo de un cruce de corriente menor sobre marcos “H”



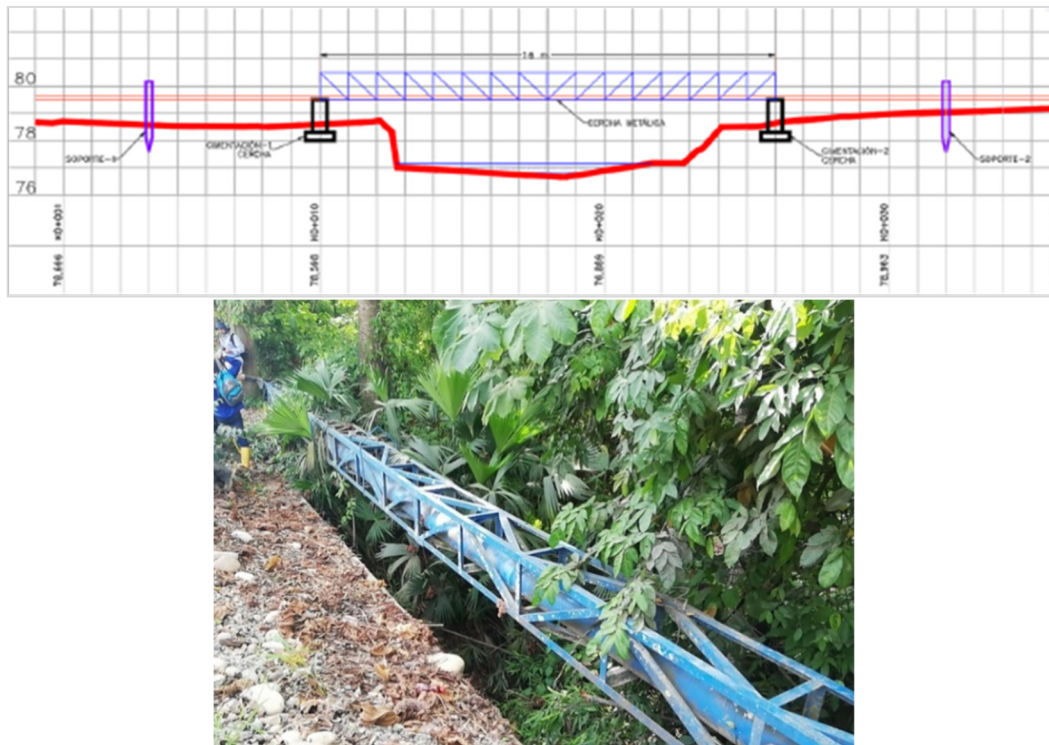
Detalle tipo marco “H”

Fuente: ECOPEPETROL S.A., 2020; adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2022)

- **Cruce cerchas metálicas**

Las cerchas o armaduras son estructuras compuesta de elementos delgados, unidos en sus extremos. Los elementos que se usan comúnmente en la construcción consisten en puntales, barras de metal, ángulos o canales. Las conexiones en las juntas suelen formarse al empernar o soldar los extremos de los elementos a una placa común, llamada placa de empalme o simplemente pasando un perno o un pasador de gran tamaño a través de cada uno de los elementos estructurales. Más allá del uso de formas triangulares para darle su estabilidad a la cercha, no existe un diseño específico que determina el aspecto de una cercha (Figura 2.2.2-115). El diseño de una cercha se determina realmente según cuál sea su finalidad de uso.

Figura 2.2.2-115 Cruce con cercha metálica



Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

### ➤ Cruces lanzados

Su uso se limita a la instalación de ductos en áreas bajas, de poca o gran extensión, con lámina de agua permanente durante todo el año (inundadas). Estas zonas se consideran de gran valor ambiental; de ellas hacen parte las ciénagas, lagunas, lagos, embalses, bajos inundables, esteros y los morichales, entre otros, donde el flujo de agua es mínimo y la posibilidad de crecientes torrenciosas es nula. Este tipo de cruce consiste en que al soldarse la tubería se permite que ésta se vaya acomodando de manera natural sobre el fondo del cauce de acuerdo con su deflexión natural y la forma del lecho.

Esta técnica de cruce presenta como desventajas, el choque de materiales de arrastre sobre la superficie del tubo y la inducción de procesos de socavación sobre el lecho, por efecto de la obstrucción al paso que sufre la corriente de agua, fenómeno que se acentúa ante crecientes excepcionales, llegando inclusive a arrastrar buena parte del fondo que soporta la tubería, quedando ésta simplemente suspendida.

Con el fin de proteger el ducto ante fenómenos de abrasión o impacto se debe implementar la instalación de un lastrado en concreto. Para el caso en el que se pueda presentar flotabilidad de la tubería se utilizará el lastrado y eventualmente se pueden utilizar silletas de contrapeso.

### ➤ Cruces por perforación

La tecnología sin zanjas incluye un gran grupo de métodos de construcción usados para instalar y rehabilitar sistemas de instalaciones subterráneas con una perturbación mínima de la superficie a causa de la excavación. Un método del grupo de tecnologías sin zanja ampliamente usado es la

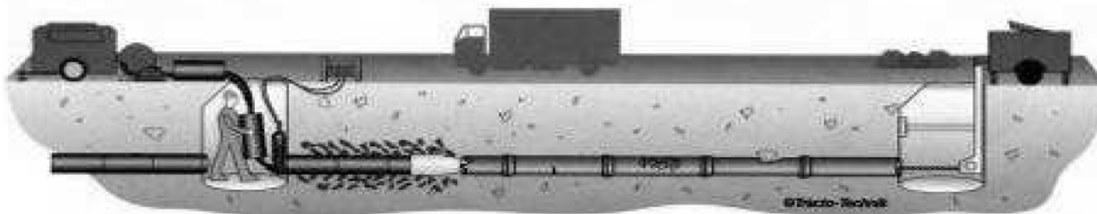
perforación. Esta técnica consiste en que con equipo especializado se hace una perforación tubular con una broca piloto desde un punto de lanzamiento a un punto de recibo para alojar la tubería, instalando tuberías bajo obstáculos tales como ríos, litorales, áreas congestionadas, vías fluviales costa fuera, pistas de aeropuertos, autopistas, etc., los cuales por su complejidad demanda una atención especializada durante su construcción. El nivel de perforación debe ser cuidadosamente seleccionado a través de estudio de suelos, inventario de interferencias y estudios de socavación para el caso de los ríos, en el que, a partir de las condiciones de la corriente, se estima la máxima profundidad a la que un evento de creciente, para un período de retorno establecido, se produciría la pérdida por arrastre del material del fondo.

Este tipo de cruce se suele utilizar en cauces perennes, es decir con caudal de poca variabilidad en el tiempo, que transportan agua en forma permanente y en el que la lámina de agua es importante, de tal manera que no pueden construirse ataguías para construcción a cielo abierto, o que éstas resultan antieconómicas. La técnica de cruce por perforación reduce el impacto ambiental asociado a la construcción de cruces.

- **Perforación horizontal**

Aplica para el cruce de obstáculos con anchos de cruce no muy grandes y localizados en terrenos planos o ligeramente inclinados. En este caso no se requiere manejo de piscinas de lodos y se debe realizar una excavación para la conformación de las cajas de lanzamiento y recibo de la broca piloto (Figura 2.2.2-116).

**Figura 2.2.2-116 Perforación horizontal**



Fuente: ECOPETROL S.A., 2020; adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2022)

- **Perforación Horizontal Dirigida (PHD)**

Método para instalación de tuberías de acero al carbón de diámetros y longitudes variadas dependiendo de las condiciones del sitio. Se utiliza principalmente para la ejecución de cruces subfluviales (objeto del presente estudio), de canales, bajo vías y pistas de aterrizaje. La Perforación Horizontal Direccional (PHD) es una técnica de construcción que posibilita la instalación subterránea de infraestructura de servicios sin la necesidad de realizar zanjas cuando, por requerimientos del diseño geométrico del trazo de la línea de conducción, se deben salvar cruces con diversos obstáculos, ya sean naturales (i.e: ríos, áreas ecológicas o de protección, zonas pantanosas de difícil acceso, etcétera) o antrópicos (i.e: vías de comunicación en tierra y núcleos urbanos). Las principales ventajas relacionadas a la aplicación de esta técnica comprenden: un impacto ambiental prácticamente nulo; la posibilidad de realizar cruces en cauces de ríos y vías terrestres de comunicación sin afectar las condiciones de flujo, servicio y la eliminación de la afectación a la infraestructura existente.

La técnica de Perforación Horizontal Direccional comparte ciertas características con la perforación vertical de pozos de agua e hidrocarburos, con la diferencia fundamental de la direccionalidad pues en este proceso la herramienta de ataque o perforación puede ser conducida por el suelo, tanto en la dirección vertical como en la horizontal, siguiendo una trayectoria preestablecida, definida, entre

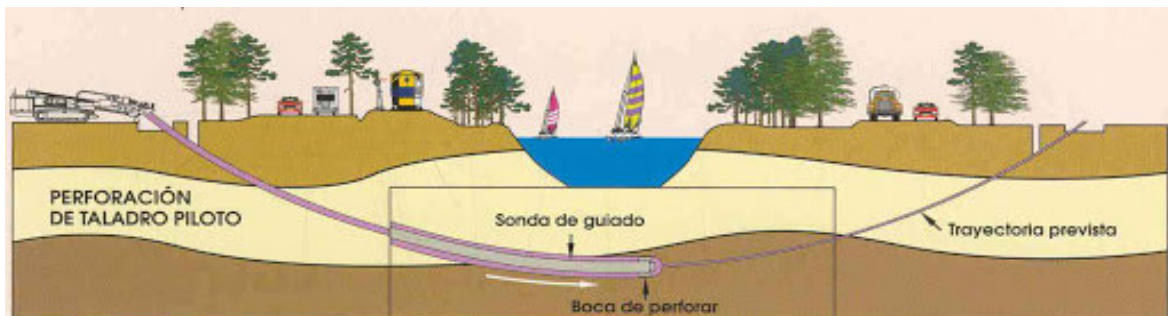
otras cosas, por el radio de curvatura de la tubería a instalar. Destacan en este proceso que, a diferencia de la perforación vertical, los puntos de entrada y salida están localizados sobre la superficie en ubicaciones distintas. Diferenciándose, a su vez, de la perforación horizontal o tuneleo, por entrar de la superficie y salir a ella, es decir, por no mantenerse a profundidad constante. El movimiento de perforación generalmente se realiza en un plano vertical que contiene longitudinalmente a la línea de perforación, constituida por la cabeza y la sarta de perforación. Para la ejecución de esta técnica constructiva se hace necesario el empleo de equipo de construcción especializado.

- **Proceso constructivo**

La perforación dirigida se basa en la realización de un orificio mediante un taladro, este taladro dirigido se denomina “perforación piloto”, por su carácter de ser conducido, y constituye el trazado y camino base, para su posterior ensanchado mediante sucesivos repasos interiores con herramientas tipo fresas, de diámetros progresivamente crecientes. La perforación se inicia desde una pequeña ranura en la superficie del terreno, en la que se introduce una varilla que en su frente sostiene la cabeza de perforación, de características adecuadas al tipo de suelo que se va a perforar. El ángulo de incidencia puede oscilar, normalmente y dependiendo de características y condiciones del equipo y del trabajo, entre 8° y 15° respecto a la superficie en donde se coloca la máquina. Mediante los movimientos de empuje y rotación, se van introduciendo varillas, que son roscadas automáticamente unas a otras a medida que va avanzando la perforación, combinando controlada y adecuadamente ambos movimientos, que se proporcionan desde la máquina. Para facilitar la perforación se utilizan lodos constituidos por la dilución de arcillas bentoníticas, “bentonita”, que son inyectados a alta presión y adecuado caudal, por el interior de las varillas y hasta el cabezal de perforación.

La ejecución de una perforación dirigida requiere un previo análisis de las condiciones en que debe realizarse. Se deberán determinar los puntos origen y final del cruce, las curvaturas admisibles y en general cualquier circunstancia del terreno, servicios enterrados, que puedan resultar afectados por la perforación, los condicionantes administrativos por distancias de resguardo a infraestructuras públicas, etc. Paso seguido se realiza una Perforación piloto (**Figura 2.2.2-117**), siguiendo con toda precisión la curva de perforación proyectada. Constituye una fase esencial del trabajo, ya que define la trayectoria de la perforación, que posteriormente se ampliará hasta la sección final que se pretenda, es de señalar que tras la broa direccional va adosada una sonda emisora de señal que arroja información que, al ser interpretada mediante un sistema receptor, permite conocer en todo momento la posición exacta del cabezal perforador. Con lo que el trazado ejecutado queda perfectamente controlado y definido, con un seguimiento continuo.

**Figura 2.2.2-117 Perforación piloto para la realización de una Perforación Horizontal Dirigida - PHD**



Fuente <http://perfhora.es/inicio/tecnicas-no-diq?layout=edit&id=27>; adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2022)

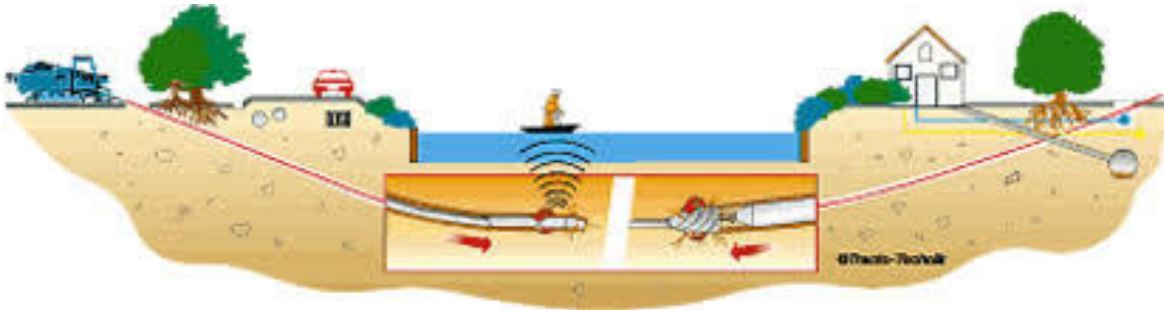


La adecuada ejecución de la perforación al trazado proyectado, mediante el guiado de la cabeza de perforación, se consigue por continuas y mínimas variaciones de la trayectoria, que se realizan gracias a las pequeñas asimetrías axiales de la configuración del cabezal.

La orientación de estas asimetrías, ejecutada por el Técnico Perforador a través de los controles y automatismos de la máquina de perforación, son conocidas en todo momento por medio de la información del sistema de sonda, y permiten corregir periódicamente la dirección que se describe en la perforación así pilotada. La exactitud de la trayectoria real no dependerá sólo del sistema de guiado, influye determinadamente las condiciones del terreno.

Una vez realizada la perforación piloto, se desmonta el cabezal de perforación y en su lugar se monta un cono escariador para aumentar el diámetro del túnel de la perforación (**Figura 2.2.2-118**). Este proceso se realiza en sentido inverso, es decir por tracción desde la máquina adicionalmente al giro continuo, con lo que se progresa en el ensanche la perforación anterior hasta alcanzar el diámetro deseado. La repetición sucesiva de estas operaciones de escariado, con diámetros crecientes, concluye con la tunelación al diámetro deseado.

**Figura 2.2.2-118 Realización del sobre ancho de la perforación piloto**



Fuente <https://www.centrasas.com/perforacion-horizontal.html>; adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2022)

La introducción de la tubería se realiza una vez que el túnel ha sido excavado al diámetro deseado. Para esta maniobra de instalación de la tubería en la perforación ejecutada, se alinea un tren de tiro para el arrastre de la tubería dentro del túnel ya perforado (**Figura 2.2.2-119**), arrastre que se realiza mediante el conjunto del varillaje de perforación, y según el siguiente orden:

- A las varillas de perforación se une un cono escariador-ensanchador, normalmente el correspondiente al último diámetro tunelado, el cual girará en su avance hacia la máquina, en un último repaso del túnel en la maniobra de arrastre conjunto para la inmediata introducción de la tubería dentro del propio túnel.
- Tras el escariador se acopla una pieza intermedia, “antigiro”, que es un dispositivo de giro libre, que elimina y no transmite al tubo este movimiento giratorio del varillaje y del escariador anterior a él, con lo que la tubería sólo tiene un movimiento de traslación.
- Finalmente, tras el “antigiro” se engancha a la pieza de tiro. Este enganche se hace mediante una pieza “tirador”, con amarre firme al tubo mediante un sistema de presión. La maniobra se realiza con arrastre del conjunto desde la máquina de perforación, recogiendo varillas, con lo que el escariador realiza un último repaso del túnel, en giro y avance, seguido inmediatamente del tubo que se instala (lingada), en sólo movimiento de traslación, hasta pasar en su totalidad dentro del túnel ejecutado.



Figura 2.2.2-119 Tiro de la lingada a lo largo del túnel construido

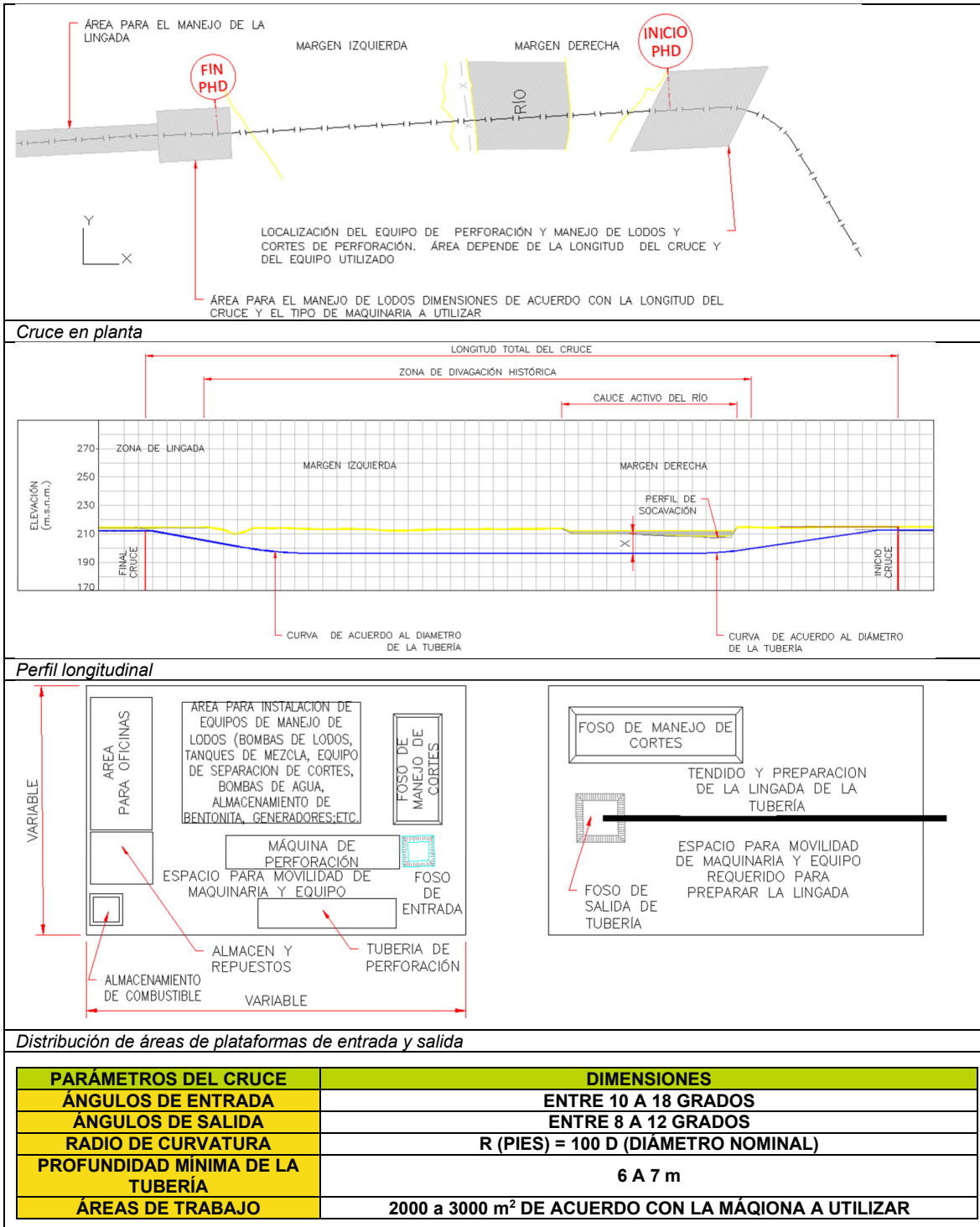


Fuente <https://montecz.com/perforacion-horizantal-dirigida>; adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2022).

Para la ejecución del procedimiento constructivo, al igual que otros procesos especializados, la PHD requiere el empleo de maquinaria y equipo especializado. El equipo necesario para ejecutar la Perforación Horizontal Direccional generalmente se compone de:

- **Máquina de perforación:** La maquinaria de perforación empleada en la ejecución de la técnica PHD es tan variada al igual que los fabricantes de las mismas. La selección del equipo a emplear estará en función de la tracción necesaria para instalar la tubería en la perforación. De manera general, todas estas máquinas poseen tres funciones principales: rotación (torque), fuerza de empuje y fuerza de tracción.
- **Lodo de perforación:** El lodo de perforación es un fluido compuesto por agua y un tipo especial de arcilla conocida como bentonita el cual es bombeado a través de la sarta de perforación mientras se ejecuta el proceso de barrenado. Su composición se ajusta conforme cambian las exigencias de la perforación por cuanto a profundidad y naturaleza de los materiales encontrados. Las principales funciones con las que debe cumplir el lodo de perforación son: estabilizar las paredes de la perforación, enfriar la herramienta de ataque, formar un recubrimiento delgado e impermeable contra la pared de la perforación, remover escombros resultado de la perforación y transportarlos hacia la superficie, soportar parte del peso del taladro y proporcionar potencia hidráulica a la herramienta de perforación.
- **Equipo adicional de apoyo:** El equipo adicional de apoyo lo constituye el sistema de mezclado, almacenamiento y bombeo del lodo de perforación. Los tanques de mezclado y almacenamiento normalmente son de polipropileno. La selección de los tanques adecuados dependerá del tipo de perforación a realizar. El sistema de bombeo de los lodos de perforación requiere una bomba que trabaje a alta presión con un bajo volumen de lodos. En la Figura se exhibe las características típicas asociadas al cruce descrito (**Figura 2.2.2-120**)

Figura 2.2.2-120 Cruce subfluvial típico por perforación horizontal dirigida (PHD)



Parámetros principales de diseño de un cruce por perforación horizontal dirigida (PHD)

Fuente: Anexo 2. Descripción del proyecto \ 5.CIVIL \ ECP-ULL-LLANOS141-IP01-0-CI-PL-003-D; adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

- **Cruces de cuerpos de agua con tubería flexible**

La instalación de la tubería flexible en cruces de cuerpos de agua o en vías se realizará encamisada a través de conductos de acero (**Figura 2.2.2-121**) o de cerchas metálicas, de acuerdo con esto, se tendrán en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Los bordes de la tubería de acero deben ser inspeccionados y si se observan los bordes afilados estos deben ser pulidos o eliminados.
- La tubería flexible debe entrar directamente en el tubo y no entrar en ángulo, esto minimiza la posibilidad de que la tubería flexible roce el tubo de acero evitando el riesgo de daños en el tubo.
- Se sugiere una sección recta antes de la entrada y la salida del tubo de acero o de la cercha de por lo menos 2 metros.
- Al realizar una transición entre tubería flexible y tubería metálica se debe conservar un solo plano, nivelado horizontal.
- Cuando existen estructuras para el cruce vehicular de cuerpos de agua (puentes) con longitudes mayores a 20 m, la tubería flexible se debe cruzar utilizando una la cercha metálica para soportar la tubería metálica de 12" que servirá de encamisado a las líneas de flexible.
- Los cruces aéreos con longitudes inferiores a 20 m se ubicarán al costado de cada uno de los puentes o box coullvert que cruzan los cuerpos de agua, los cruces se harán con tubería metálica de 4" que servirá de encamisado a las diferentes líneas de Thermoflex®.

**Figura 2.2.2-121 Instalación de tubería flexible**



Fuente <https://www.slideserve.com/kohana/flexsteel-tuber-as-flexibles-de-acero>; adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2022)

- **Cruces con infraestructura existente**

Entre este tipo de cruces se contemplan los cruces de líneas de flujo en vías y los cruces con otras líneas o tuberías existentes, cada uno de los cuales se describe a continuación.

- **Cruces de vías secundarias y/o terciarias**

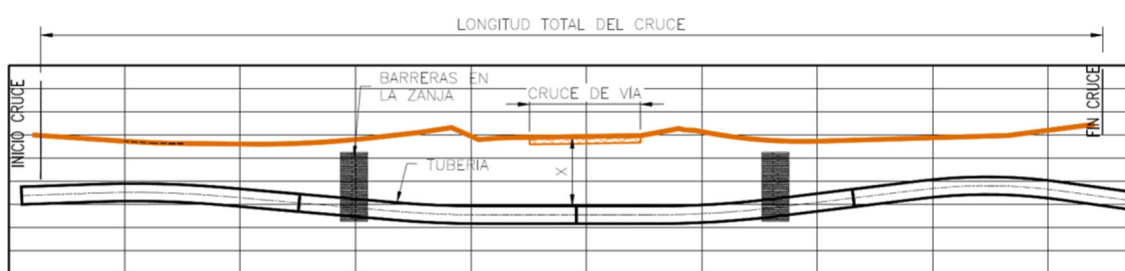
Este procedimiento comprende la intervención directa de la vía mediante la excavación de una zanja, generalmente de forma perpendicular a la vía a intervenir, en la cual se instala la tubería a una

profundidad por debajo del nivel de socavación. La construcción de un cruce de este tipo estará dada por las siguientes actividades:

- Antes de iniciar cualquier actividad relacionada con la adecuación del tramo para la instalación de la tubería sobre la vía, se obtendrá un registro fílmico o fotográfico detallado sobre el estado de la vía y sus obras de arte en el sector de cruce, dicho registro servirá para comparar el estado final de la obra con respecto a lo que se tenía en un principio y definir así las acciones de reconstrucción.
- Se implementará un sistema de tráfico vehicular seguro y de personal en el tramo de la vía a intervenir.
- La profundidad de enterramiento de la tubería a lo largo del cruce garantizará que ésta no se vea afectada posteriormente debido a las cargas transmitidas al suelo por el paso de los vehículos.
- La apertura de la zanja se realizará con retroexcavadoras de cuchara angosta que satisfagan el ancho de tubería y la correcta instalación.
- Se realizará una excavación en dos etapas, con el fin de no detener el flujo vehicular
- Se instalará el medio en el cual la tubería será protegida para atravesar la vía en los niveles inferiores que se presentan, luego se realizará los relleno para habilitar la vía de tránsito vehicular.
- En el caso de presentarse un desnivel entre los dos costados de la vía, generalmente se realizará una excavación generalmente tipo rampa justo en la salida de la excavación de la intervención de la vía, esto con el fin de contar con un área que suavice la instalación de tubería, y la profundidad que va quedar la tubería con respecto a las dos áreas del derecho de vía provisional.
- En el derecho de vía provisional, se realizará actividades de alineación de tubería, soldadura, pintura de juntas, traslado de equipos de orugas para el posicionamiento
- Se realizará la recuperación de la capa vegetal que se vea afectada por el paso del personal, por los equipos y herramientas que se implementen en las actividades de la tubería.
- Una vez se tenga el tramo de zanja abierto se instalará la tubería sobre un relleno previamente dispuesto en el fondo de la zanja; posteriormente, se hará el tapado respectivo empleando generalmente el mismo material excavado debidamente compactado, lo anterior para aprovechar el material de excavación y minimizar los sobrantes de excavación que deban ser dispuestos en las ZODME existentes al momento
- Inmediatamente terminada la instalación de la tubería, se procederá a reconstruir las estructuras y elementos afectados de la vía, como la capa de rodadura, entre otros

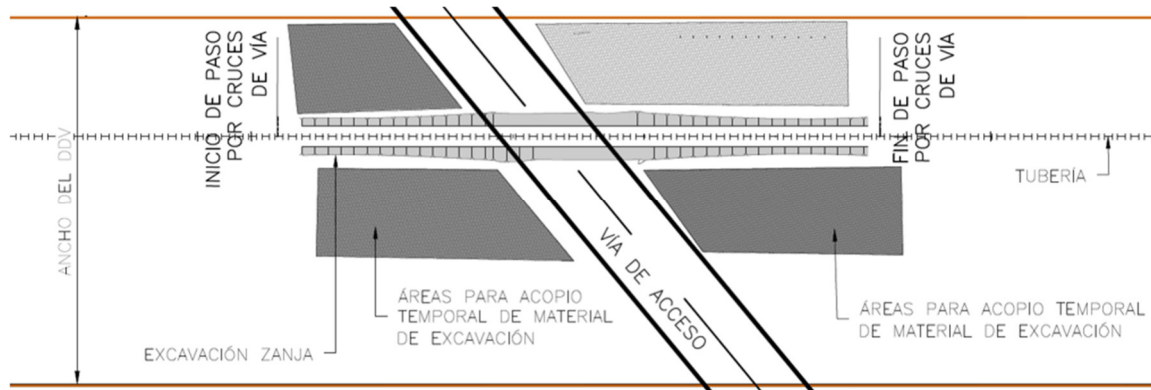
A continuación, en la **Figura 2.2.2-122 y Figura 2.2.2-123** se aprecia la sección en planta y transversal típica para este tipo de cruce

**Figura 2.2.2-122 Detalle Típico para Cruce de Vías**



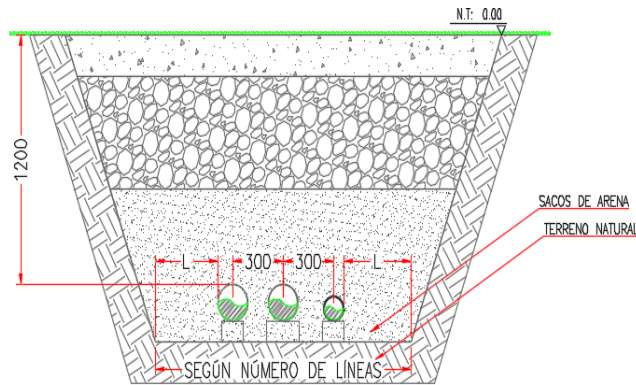
*Perfil cruce tipo de vía con excavación a cielo abierto*



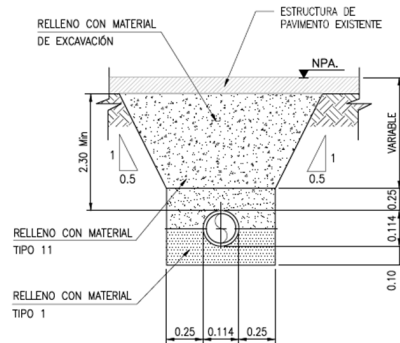


Sección transversal – Cruce de vías  
Fuente: ECOPETROL S.A., 2020; adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2022)

**Figura 2.2.2-123 Detalles Instalación Tuberías enterradas**



DETALLE TÍPICO DE TUBERÍA ENTERRADA  
SECCIÓN TRANSVERSAL A-A  
ESCALA 1:20



NOTA-9  
SECCION TÍPICA CRUCE VÍA NACIONAL EXISTENTE  
CORTE TRANSVERSAL  
SIN ESCALA

Fuente: ECOPETROL S.A., 2020; adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2022)

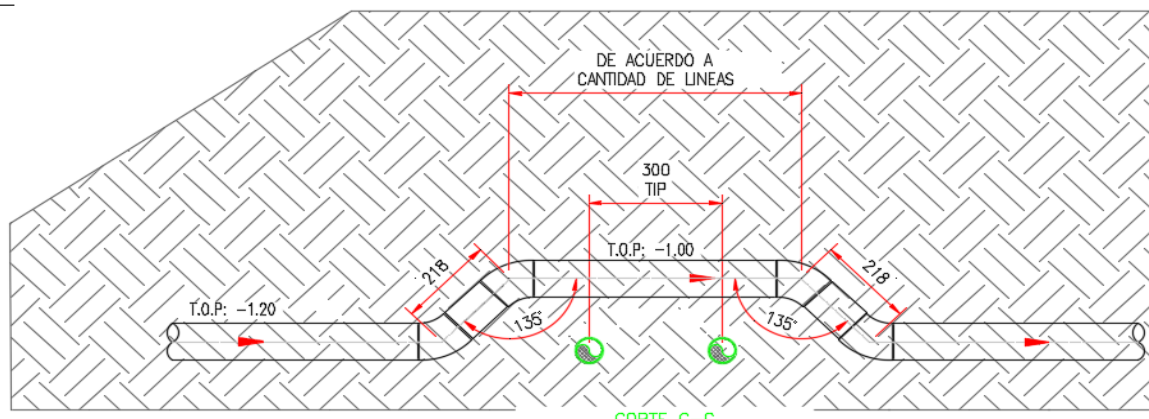
• **Cruces con otros ductos**

Existe otro tipo de cruce correspondiente al de la tubería de la nueva línea con otros ductos existentes, ya sean ductos de transporte de hidrocarburos, acueductos, alcantarillados u otros ductos



donde no se puede interrumpir el servicio, excluyendo instalaciones domiciliarias donde el paso se considera como una línea regular. Donde sea necesario el cruce con otros ductos, deben realizarse inicialmente una excavación manual a cielo abierto (apiques) u otro tipo de exploración para determinar con exactitud la profundidad a la cual se encuentra el tubo. Estos sondeos deben hacerse extremando las precauciones para evitar daños a los tubos existentes. Se pueden usar equipos para detección de elementos o tubería metálica. Después de localizar el ducto existente, no se debe permitir la excavación mecánica dentro de los 1.50 m entre el lomo del ducto existente y el corte de excavación mecánica. La excavación final se debe hacer manualmente. La tubería de la línea en construcción, además de cumplir con la profundidad mínima para la línea regular, debe quedar a una distancia libre mínima de 0.80 metros por debajo del tubo existente o de acuerdo a las exigencias del propietario del ducto a cruzar. Solo en casos excepcionales, en donde el diseño indique lo contrario, la nueva línea puede instalarse por encima de la tubería existente (**Figura 2.2.2-124**).

**Figura 2.2.2-124 Detalles Cruce entre Tubería Enterrada**



Fuente: ECOPETROL S.A., 2020; adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2022)

#### 2.2.2.4.1.4 Métodos constructivos, prueba hidrostática e instalaciones de apoyo (campamentos, talleres, caminos de servicio, otras).

##### ➤ Métodos constructivos

Los corredores de línea de flujo serán empleados para conectar plataformas exploratorias entre sí, plataformas y facilidades tempranas de producción, plataformas o facilidades con otras líneas o realizar la transferencia de fluidos hasta campos de producción cercanos; la construcción e instalación de las líneas de flujo podrán ir a nivel de superficie del terreno y/o apoyadas en soportes marcos “H” paralelas a las vías y/o enterradas.

En los derechos de vía, definidos en función del diámetro de la tubería al interior de la misma, para las líneas de flujo podrá ir un rack de tuberías de hasta 24” cuyo diámetro final será definido en función de los análisis hidráulicos y de procesos y presentado en los respectivos PMAEs en los que se requiera la construcción de este tipo de infraestructura ya sea para el transporte de diferentes fluidos como: aguas, hidrocarburos, aguas residuales tratadas y otros líquidos que se requieran transportar. Estas estarán dentro del Área de Desarrollo Llanos 141, estas podrán ser a campo traviesa y paralelo a las vías, superficiales y/o enterradas.

La instalación de tubería se ejecutará bajo las normas y estándares de construcción e instalación de líneas de flujo que se encuentren vigentes. Durante la construcción de la línea de flujo no se requiere

de campamentos de tipo habitacional ya que el personal podrá hospedarse en los centros poblados cercanos al área de trabajo.

En el campamento de obra se contempla el acopio de tubería temporal, la tubería será transportada desde los diferentes puntos de acopio, podrá ser doblada y almacenada temporalmente en el área de la localización de perforación o en áreas libres de los pozos existentes. Las especificaciones técnicas asociadas a este tipo de infraestructura se agrupan en el **Anexo 2. Descripción del proyecto \ 7\_ESPEC\_TECN\_OBRAS CIVILES**, mientras en la **Tabla 2.2.2-72** se listan las actividades a ejecutar para la ampliación de Locaciones existentes.

**Tabla 2.2.2-72 Actividades a ejecutar asociadas a la construcción de líneas de flujo**

ETAPA	SUBETAPA	ACTIVIDAD	ID
CONSTRUCTIVA (OBRAS CIVILES NECESARIAS)	CONSTRUCCIÓN DE INFRAESTRUCTURA LINEAL (LÍNEAS DE FLUJO E INFRAESTRUCTURA CONEXA)	Localización y replanteo	A13
		Conformación de obras geotécnicas preliminares y estabilización de taludes	A14
		Apertura y adecuación del derecho de vía	A15
		Transporte, acopio, tendido de tubería	A16
		Alistado de la tubería (Doblado, soldado, sandblasting y pruebas no destructivas de la tubería)	A17
		Construcción de cruces especiales	A18
		Apertura de zanja, instalación y tapado de tubería	A19
		Instalación estructuras sobre marcos H	A20
		Cruces cuerpos de agua	A21
		Pruebas hidrostáticas y/o neumáticas	A22

Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

Adicionalmente se tienen otra serie de actividades que, si bien no son parte del proceso constructivo, son complementarias a este proceso, en este sentido se contemplan actividades preoperativas, desmantelamiento y abandono, y finalmente actividades transversales, en aras de no ser repetitivos en la información presentada estas se encuentran descritas de manera general en la **Tabla 2.2.2-2**. A continuación, se presenta una descripción de cada una de las actividades contempladas en el proceso constructivo.

- **Localización y replanteo (A13)**

Previo a las actividades de obras civiles, se deben realizar los trabajos por la comisión de topografía para determinar la localización planimétrica, altimétrica, a partir de puntos y ejes; de igual manera se determina la localización de las diferentes estructuras de apoyo donde descansarán las diferentes líneas de flujo a construir, los sitios donde se realizarán cruces de vías, de drenajes y PHD, de igual manera se delimitará el corredor y derecho de vía respectivo. Dentro de los trabajos a realizar se encuentran: Rocería, poda, fundición de mojones (agua, arena y cemento).

El control de la ubicación de las obras se realiza, de manera que todos los elementos nuevos cuenten con coordenadas que estén sujetas a un sistema de referencia de coordenadas determinado. En este orden de ideas, el control de la ubicación de los elementos se realiza usando la red de mojones georreferenciados disponible en el sector. Esta actividad se ejecuta durante todo el periodo de ejecución de esta estrategia.

- **Conformación de obras geotécnicas preliminares y estabilización de taludes (A14)**

Una vez demarcado el corredor, se plantearán las obras necesarias para la adecuación del derecho de vía, que servirán para retener los materiales provenientes de las remociones realizadas, necesarias para la movilización de maquinaria, equipo y obras referentes a la instalación de las tuberías (**Figura 2.2.2-125**), las obras de geotecnia preliminar entre otras serán trinchos en madera, entibados, muros en gaviones y alcantarillas provisionales para el paso de maquinaria a través de los drenajes esta función de las obras es evitar la afectación de corrientes de agua y suelos.

**Figura 2.2.2-125 Ejemplo de obras de geotecnia al interior del derecho de vía**



Fuente <https://acp.com.co/web2017/es/guias/144-guia-ambiental-transporte-ductos-1998/file>; adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2022)

- **Obras de geotecnia para retención de materiales de corte**

El acopio adecuado de materiales de corte y descapote se plantea como un requerimiento de carácter ambiental y constructivo, con el fin de evitar la afectación de zonas no autorizadas por la licencia ambiental y realizar un manejo adecuado de la construcción acopiando el material de corte que posteriormente será utilizado durante la etapa de reconfiguración final del área intervenida por el corredor. La implementación de determinada estructura de contención depende principalmente de la pendiente longitudinal del corredor y de la cantidad de material a disponer. Las obras que se podrán utilizar son: coronas en sacos rellenos de suelo, trinchos en madera y gaviones provisionales.

- **Coronas en sacos de suelo**

Corresponde a barreras longitudinales conformadas con dos (2) o (3) tres niveles de sacos de fique rellenos de suelo (**Figura 2.2.2-126**), ubicadas en zonas donde el derecho de vía presenta pendientes longitudinales entre el 3% y el 5%, con el objetivo de retener perimetralmente los materiales resultantes de la actividad de desmonte y descapote de tal manera que se minimice la posibilidad que dichos materiales por efecto de la escorrentía en periodos de lluvias fluyan hacia las corrientes de agua de la zona.

**Figura 2.2.2-126 Diferentes tipos de protección con sacos de suelo cemento**

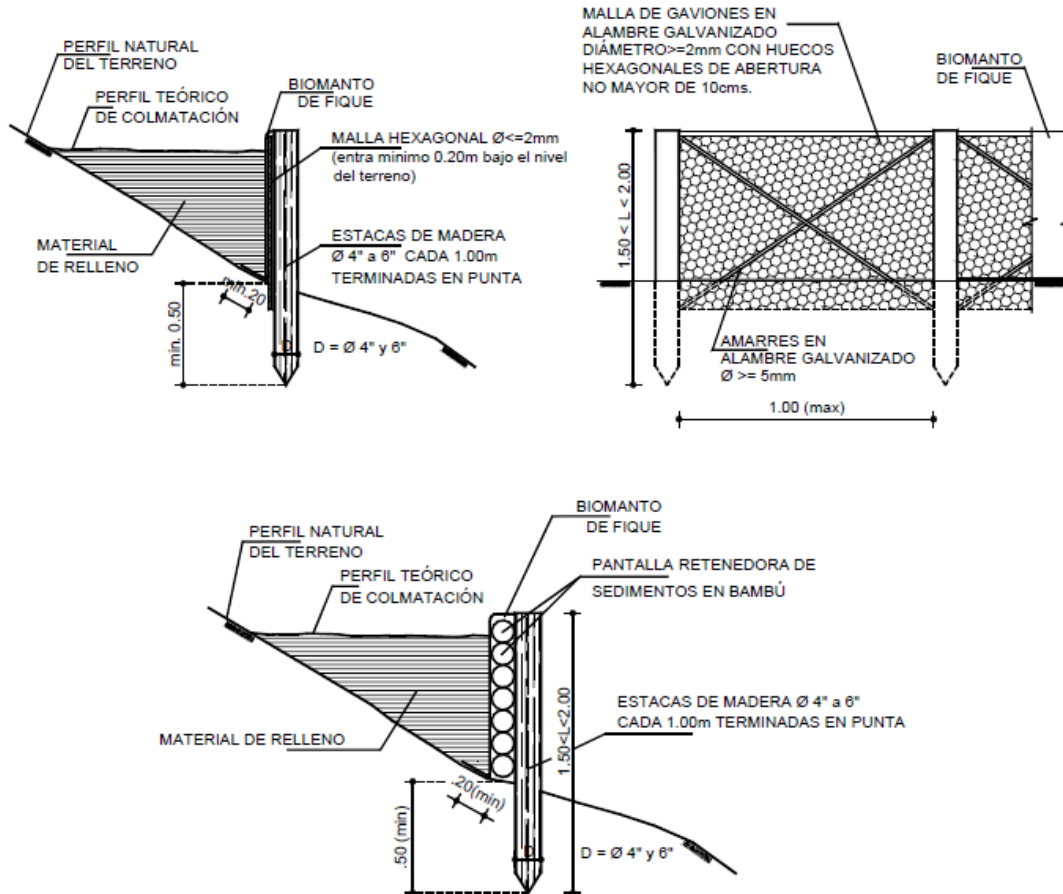


Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

○ **Trinchos**

Son estructuras en madera o en sacos de suelo o suelo – cemento, que se disponen de forma paralela o transversal al corredor, para acopio de material generado como resultado de las labores de adecuación del derecho de vía. Los trinchos deben ser construidos previamente a la conformación del corredor. El tipo de trincho y sus dimensiones dependerá de las condiciones topográficas del terreno. Así las cosas, en franjas con gradientes longitudinales entre el 6% y el 15%, se construirán trinchos en madera hasta de 1m de altura mientras que en los sectores donde el corredor aumenta localmente la pendiente a valores por encima del 15% (**Figura 2.2.2-127**), la estructura deberá ser de mayor capacidad y en este orden de ideas se construirán trinchos en madera de 1,5 m a 1,8 m de altura, con el fin de contar con la capacidad suficiente para acopio del material de corte. Es de señalar que también se podrá emplear “tubería de pozo” para la conformación de este tipo de estructuras.

**Figura 2.2.2-127** Diseño tipo de un trincho de madera



Fuente: Suárez Díaz, Jaime. *Control de erosión en zonas tropicales*. Universidad Industrial de Santander. 2001; adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

○ **Obras de geotecnia preliminar para manejo de aguas**

Las estructuras de manejo de agua se implementan en los sitios donde el derecho de vía cruza drenajes naturales de orden principal, secundario y menor; sectores en los cuales se deben instalar

obras provisionales que garanticen el tránsito normal de maquinaria y equipo y minimicen la intervención del cauce y la contaminación de las aguas.

El tipo de obra en cada cruce depende del volumen de agua y de las características locales del cauce en el periodo de construcción, por ejemplo, si el corredor en determinado sector se construye en periodo seco (baja precipitación), es posible que pueda circularse sin que sea necesario implementar alcantarillas o puentes provisionales y que el cauce pueda “vadearse” con la instalación de enrocados provisionales de protección. En periodos de lluvias las obras de manejo de aguas son necesarias por requerimientos constructivos y para un adecuado manejo ambiental.

❖ Alcantarillas temporales

La conformación del derecho de vía en el paso de corrientes menores se debe adecuar con la instalación de alcantarillas provisionales en tubería de concreto o tubería metálica con la capacidad suficiente para evitar la obstrucción del caño o quebrada en cualquier época del año. Estas alcantarillas normalmente son construidas en una o varias hileras de tubería, de acuerdo al ancho efectivo de la corriente, de tal manera que el sector protegido con la obra sea suficiente para el tránsito de los equipos utilizados en la construcción

❖ Enrocados

Corresponde a una protección implementada sobre parte del derecho de vía con el fin de proteger el fondo del cauce durante el paso de maquinaria y equipo de construcción. Se recomienda su implementación en los cauces que presentan alto contenido de material aluvial; cantos y bloques de areniscas cuarzosas y donde el ancho de los mismos y el volumen de agua que transportan dificultan el manejo y la operatividad de la construcción. Son cauces con volúmenes de agua de difícil manejo mediante la instalación de alcantarillas y puentes provisionales. La protección con enrocado se elabora mediante la conformación de un empedrado o enrocado con los cantos y bloques de mayor tamaño que se acomodan en el fondo del cauce para permitir el paso sobre ellos de la maquinaria y equipo utilizado para la instalación de la tubería.

❖ Sedimentadores

Son elementos instalados en los cauces de corrientes principales, secundarias y menores intervenidas por el corredor. Se instalan aguas abajo del paso del derecho de vía sobre el cauce con el objeto de disminuir el volumen de sedimentos aportados a la corriente por el tránsito frecuente de maquinaria y equipo. Constituyen pequeñas barreras construidas en cantos, bloques o sacos de suelo, recubiertos con geotextil e instaladas de manera transversal a la dirección del flujo de la corriente en todo el ancho del cauce de tal forma que actúen como retención y sedimentación de materiales en procura de minimizar el grado de turbiedad de la corriente que pueda ocasionarse durante las labores de construcción. Estas obras deben ser periódicamente reconstruidas, especialmente después de periodos de crecientes de las corrientes durante las cuales se genera destrucción parcial del sedimentador, los sedimentos acumulados deben ser retirados y dispuestos adecuadamente.

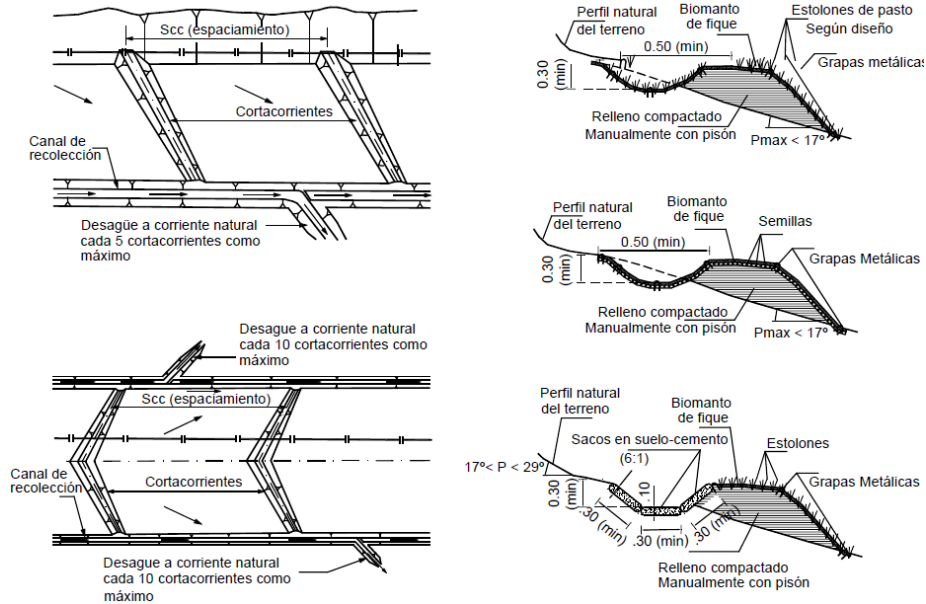
❖ Cortacorrientes

Los cortacorrientes actúan como estructuras desviadoras de las corrientes de escorrentía. El desvío de las aguas superficiales mediante el uso de estas técnicas es muy utilizado para la prevención de los problemas de inestabilidad geotécnica, en derechos de vía de oleoductos y otras obras lineales. Se han empleado varios tipos de cortacorriente dependiendo de las condiciones del talud y de los materiales disponibles. Los cortacorrientes son canales transversales al talud (espaciados a intervalos) para recolectar el agua de escorrentía y evitar la formación de corrientes a lo largo de la



pendiente principal. La construcción de canales transversales a un talud permite que el agua de escorrentía sea interceptada, impide que su velocidad aumente y la lleva a un lugar seguro. (Figura 2.2.2-128).

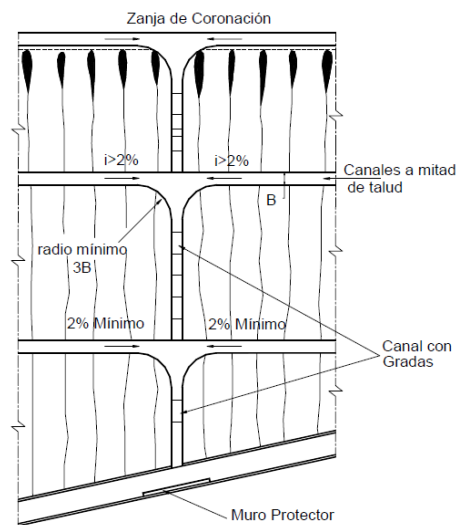
Figura 2.2.2-128 Tipos de cortacorriente



Fuente: Suárez Díaz, Jaime. Control de erosión en zonas tropicales. Universidad Industrial de Santander. 2001; adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

Estos cortacorrientes deben estar protegidos de la erosión con revestimientos en sacos de suelo-cemento o vegetación. Las aguas recolectadas por los cortacorrientes son llevadas a unos canales colectores localizados, generalmente, a un lado del talud (Figura 2.2.2-129).

Figura 2.2.2-129 Esquema de entrega de canales interceptores en la mitad del talud



Fuente: Suárez Díaz, Jaime. Control de erosión en zonas tropicales. Universidad Industrial de Santander. 2001; adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

○ **Obras de geotecnia definitiva**

Durante la reconfiguración del corredor se construirán las obras de geotecnia definitiva (cortacorrientes, canales, muros en gavión, colchonetas reno, enrocados de protección, protección en sacos de suelo o suelo-cemento; etc.), necesarias para prevenir la formación de procesos erosivos sobre el derecho de vía o sobre los costados de este. La localización y definición de las obras de protección geotécnica, se realizará con base en las observaciones de campo y la información obtenida a partir del levantamiento topográfico, algunas de las obras que se definen dentro del corredor son

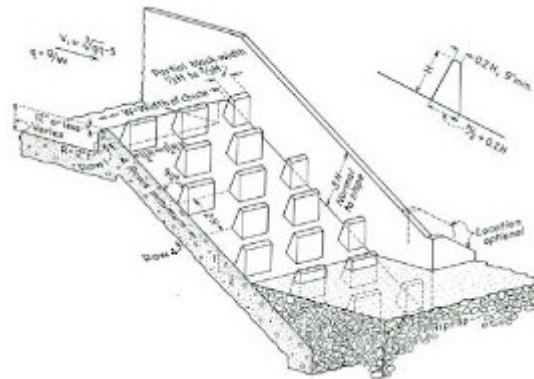
❖ **Canales laterales**

Son obras de recolección y conducción del agua captada por los cortacorrientes y pueden construirse en sacos de suelo – cemento o en piedra pegada. En zonas de pendiente fuerte, se construyen con el fin de conducir y entregarlas en forma controlada en los cauces naturales vecinos, y/o áreas planas o semiplanas donde no causen daños sobre el terreno. Si la pendiente es mayor al 10%, los canales deben construirse con disipadores de energía (**Figura 2.2.2-130**) que son estructuras consisten en un escalonamiento del canal construido en sacos de suelo – cemento para generar disminución de la velocidad del agua transportada por el canal y evitar el deterioro rápido de la estructura.

**Figura 2.2.2-130 Ejemplos de disipadores**



Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)



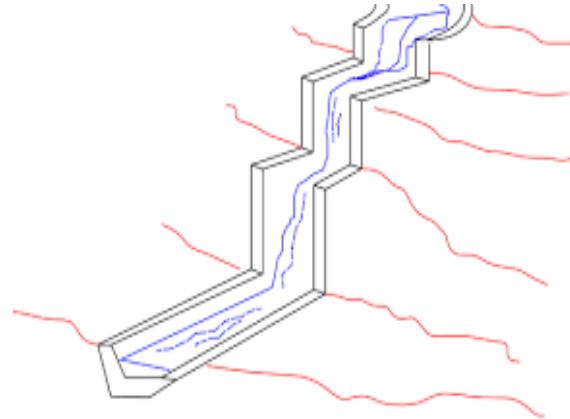
❖ **Descoles**

La entrega del agua desde los canales de recolección construidos sobre el derecho de vía generalmente se realiza a descoles o estructuras de entrega elaboradas en sacos de suelo, suelo-cemento o en piedra pegada que son obras de disipación de energía del agua, construidas con un área superior al canal lateral sobre la cual se distribuye el volumen de agua, de tal forma que el volumen transportado pierde la velocidad y cuando sale del descole al terreno natural la velocidad no es suficiente para generar procesos de erosión. Cuando la entrega de los canales se realiza a terreno naturales de pendiente fuerte los descoles deben construirse de manera escalonada para mitigar la velocidad progresivamente (**Figura 2.2.2-131**).

**Figura 2.2.2-131 Ejemplos de descoles**



Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)



❖ Barreras en zanja en sacos rellenos de suelo - cemento

Consisten en estructuras enterradas y construidas en sacos rellenos de suelo o suelo cemento, que sirven para estabilizar y confinar el relleno con el cual se tapa la tubería; en zonas de pendientes fuertes (p. ej. en las pendientes de acceso a los cauces que se construyan a cielo abierto). Estas barreras deben estar enterradas y empotradas en los costados de la zanja, por lo menos 50 cm

❖ Muros de gaviones

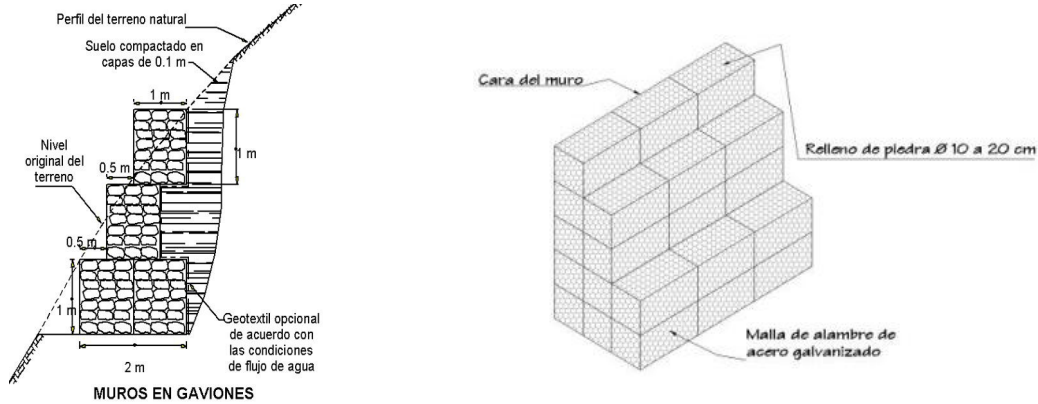
Son estructuras que se plantean para la protección de los taludes en cruces de corrientes principales, secundarias construidas a “cielo abierto” y en algunos cauces menores. Se construyen en sacos de fique rellenos con una mezcla de suelo, suelo-cemento o en piedra y son colocados en filas confinados dentro de una canastilla de alambre.

Cada gavión consiste en una estructura de forma paralelepípedo en malla de alambre galvanizado, que se llena con fragmentos de roca dura. Los gaviones deben comportarse como estructuras flexibles para soportar grandes deformaciones sin perder su capacidad estructural o sus funciones de revestimiento. Los factores que influyen en la flexibilidad de estas estructuras son:

- Geometría y dimensiones de la malla.
- Propiedades mecánicas del alambre.
- Tamaño y forma de las piedras de relleno.
- Número de tirantes y diafragmas.
- Dimensiones del gavión.

Según García (1996), los muros en gaviones son efectivos en situaciones donde es importante el control de erosión, y deben considerarse como parte de los diseños de bermas y taludes tendidos adyacentes a ríos y corrientes. Los principales componentes de un muro de gaviones se muestran en la **Figura 2.2.2-132**.

**Figura 2.2.2-132 Esquema típico de un muro en gaviones Fuente: Ministerio de Transporte, Instituto Nacional de Vías (INVIAS)**



Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

De acuerdo con la Sociedad Colombiana de Geotecnia (2000), los tipos de gaviones más empleados en Colombia son los siguientes (Tabla 2.2.2-73)

**Tabla 2.2.2-73 Dimensiones tipo para cada unidad de gavión según la estructura a conformar**

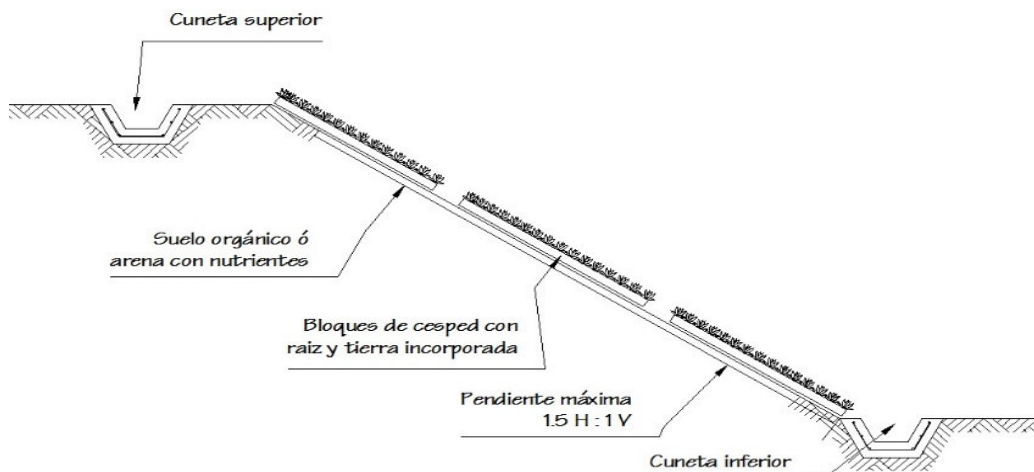
TIPO	LONGITUD (m)	ANCHO (m)	ALTURA (m)
Gaviones de base	2,00	1,00	0,50
Gaviones de cuerpo	2,00	1,00	1,00
Colchonetas	4,00	2,00	0,15 a 0,30

Fuente: Sociedad Colombiana de Geotecnia, 2000; adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

o **Empradización**

Una vez realizados los trabajos de perfilado y estabilización, se deben empradizar los taludes para esto se proponen especies nativas para evitar que por acción del agua (erosión hídrica) sean deteriorados (Figura 2.2.2-133).

**Figura 2.2.2-133 Taludes con empradización**



Fuente: Japan Road Association, 1984 en Suárez, 1998; adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

- **Apertura y adecuación del derecho de vía (A15)**

La apertura del derecho de vía comprende todas las actividades requeridas para la preparación del corredor donde se realizará el tránsito temporal, los trabajos asociados a la instalación de líneas de flujo, la construcción de infraestructura asociada y el posterior mantenimiento de la misma (**Figura 2.2.2-134**); adicionalmente define el área donde, previa construcción de las obras de geotecnia preventivas, el material de corte y descapote extraído de esta labor, se acopiará temporalmente y en forma separada a un lado del derecho de vía utilizando trinchos laterales, Es de señalar que el ancho del derecho de vía se define en función del diámetro de las tuberías a instalar y el cual no supera un ancho máximo de 20m.

**Figura 2.2.2-134 Apertura del derecho de vía**



Fuente: <https://comunidadpipeline.blogspot.com/2011/11/apertura-de-pista.html>; adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

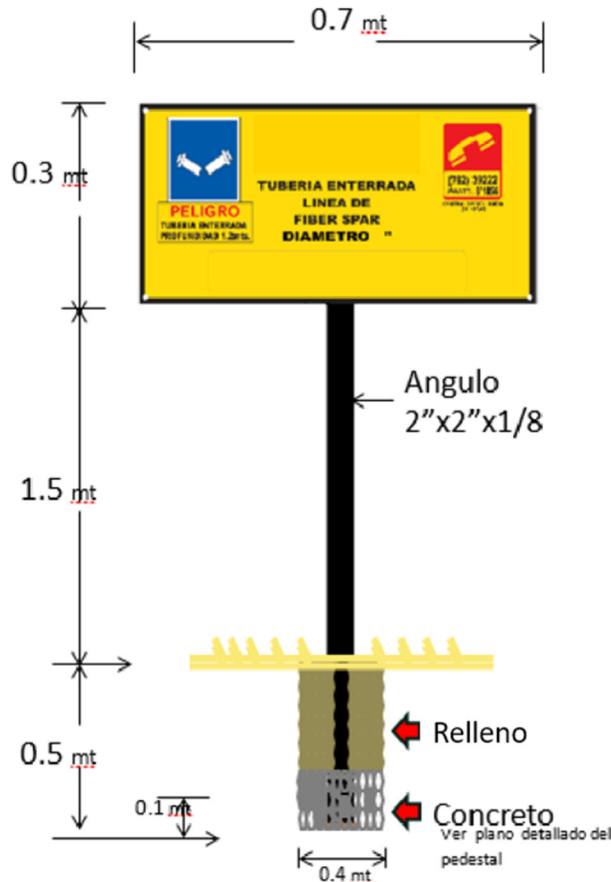
Es de señalar que el anchó máximo estimado para las diferentes líneas de flujo a construir será definido en función del diámetro de la tubería a instalar donde el máximo diámetro será hasta 36” y un derecho de vía asociado a la misma hasta de 20 m.

Dentro de esta actividad también se incluye las labores asociadas a la señalización del DDV, en este sentido, se señalizará el trazado de las líneas enterradas para prevenir a contratistas de construcción y a terceros sobre la presencia de líneas de flujo por medio de avisos auto soportados, de acuerdo con la **Figura 2.2.2-135** indicada abajo de la siguiente manera

- En los tramos rectos debe instalarse un aviso generalmente cada 100 m o en cada punto donde se requiera y permita una adecuada visualización.
- En los cambios de dirección debe instalarse un aviso.
- Antes y después del cruce de vías deben instalarse avisos.



Figura 2.2.2-135 Tipo de señal informativa



*Nota: Las dimensiones presentadas pueden variar en función de los requerimientos del DDV y de las señales a instalar*  
Fuente: Suárez Díaz, Jaime. Control de erosión en zonas tropicales. Universidad Industrial de Santander. 2001; adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

- **Transporte, acopio, tendido de tubería (A16)**

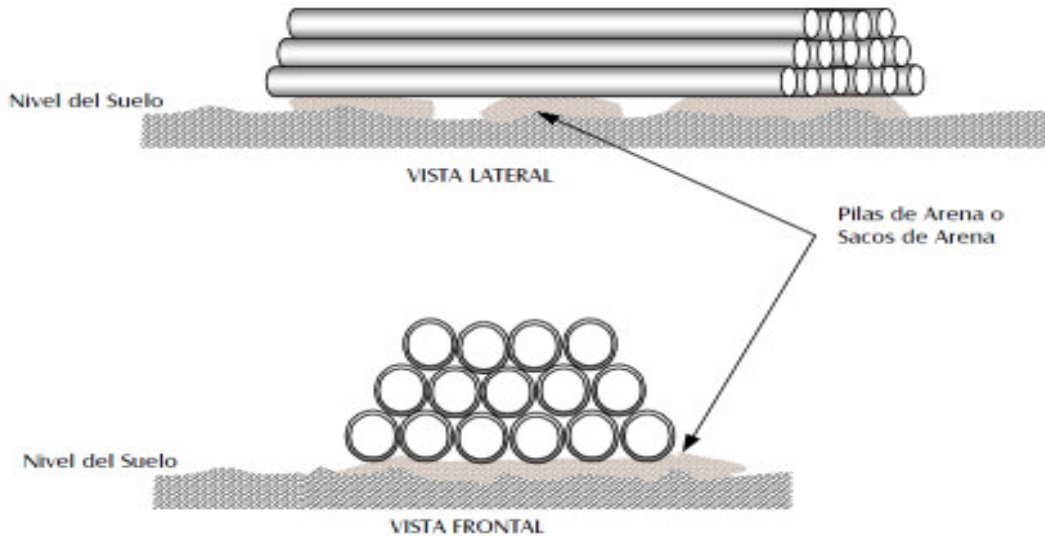
Luego de tener el derecho de vía conformado, se realizará la movilización de las tuberías, accesorios, soportes y marcos (si aplica) desde los lugares de acopio (**Figura 2.2.2-136**), hacia el sector de la vía donde finalmente se instalará la tubería, los sitios de acopio que pueden utilizarse en un principio corresponden a las plataformas existentes. El tendido de las tuberías se realizará de acuerdo con los frentes establecidos para la ejecución de la obra según el diseño de detalle y el replanteo, procurando que ésta se encuentre protegida contra daños se realizará sobre soportes de madera, sacos de fique o de polipropileno rellenos de suelo generado durante los movimientos de tierras para evitar el contacto directo con el suelo (**Figura 2.2.2-137**), la distribución debe hacerse de tal manera que no interfiera el tránsito de vehículos, maquinaria, equipos, personas y animales.

**Figura 2.2.2-136 Tendido típico de tuberías para líneas de flujo**



*Fuente: PLAN DE MANEJO AMBIENTAL ESPECÍFICO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DEL CENTRO DE MANIOBRAS SANTA MÓNICA (CMS) Y SU VÍA DE ACCESO, LAS LÍNEAS ELÉCTRICAS DE 34,5 kV DEL CMS AL CPF Y DEL CMS A LA ESTRUCTURA EXISTENTE DE LA LÍNEA ELÉCTRICA DEL CLÚSTER 3, LAS LÍNEAS MECÁNICAS DEL CPF AL CL3 Y DEL CPF A CLÚSTER 41 DE CHICHIMENE (TRAMO EN EL CAMPO 50K). CAMPO DE PRODUCCIÓN 50K; adoptado por Antea Colombia SAS, 2023*

**Figura 2.2.2-137 Modelo para acopio de tubería**



*Fuente: PLAN DE MANEJO AMBIENTAL ESPECÍFICO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DEL CENTRO DE MANIOBRAS SANTA MÓNICA (CMS) Y SU VÍA DE ACCESO, LAS LÍNEAS ELÉCTRICAS DE 34,5 kV DEL CMS AL CPF Y DEL CMS A LA ESTRUCTURA EXISTENTE DE LA LÍNEA ELÉCTRICA DEL CLÚSTER 3, LAS LÍNEAS MECÁNICAS DEL CPF AL CL3 Y DEL CPF A CLÚSTER 41 DE CHICHIMENE (TRAMO EN EL CAMPO 50K). CAMPO DE PRODUCCIÓN 50K; adoptado por Antea Colombia SAS, 2023*

- **Alistado de la tubería (Doblado, soldado, sandblasting y pruebas no destructivas de la tubería) (A17)**

En cuanto al alistado y doblado de tuberías consiste en primer lugar en ajustar la tubería a los cambios de dirección establecidos en el alineamiento o a los cambios topográficos, para lo cual la comisión de topografía determinará el grado de curvatura para cada tubo con el objetivo de adecuarlo al máximo posible con el fondo de la zanja o a la forma del terreno, este proceso se efectúa en frío,

mediante el empleo de una máquina dobladora con la capacidad de impacto apropiada a la clase y resistencia de las tuberías y con la ayuda de la maquinaria apropiada para sostenerla (Side Boom, retroexcavadoras, pluma grúas entre otros). El procedimiento de doblado evitará arrugamientos o deformaciones que afecten los espesores requeridos (**Figura 2.2.2-138**).

**Figura 2.2.2-138 Doblado de tuberías para líneas de flujo**



*Fuente: PLAN DE MANEJO AMBIENTAL ESPECÍFICO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DEL CENTRO DE MANIOBRAS SANTA MÓNICA (CMS) Y SU VÍA DE ACCESO, LAS LÍNEAS ELÉCTRICAS DE 34,5 kV DEL CMS AL CPF Y DEL CMS A LA ESTRUCTURA EXISTENTE DE LA LÍNEA ELÉCTRICA DEL CLÚSTER 3, LAS LÍNEAS MECÁNICAS DEL CPF AL CL3 Y DEL CPF A CLÚSTER 41 DE CHICHIMENE (TRAMO EN EL CAMPO 50K). CAMPO DE PRODUCCIÓN 50K; adoptado por Antea Colombia SAS, 2023*

Luego del proceso de doblado, se realizará una inspección, reparación y limpieza de los extremos de la tubería, para continuar con el procedimiento de alineación, en el que se utilizarán grapas alineadoras y herramientas que faciliten la separación adecuada para iniciar el proceso de soldadura.

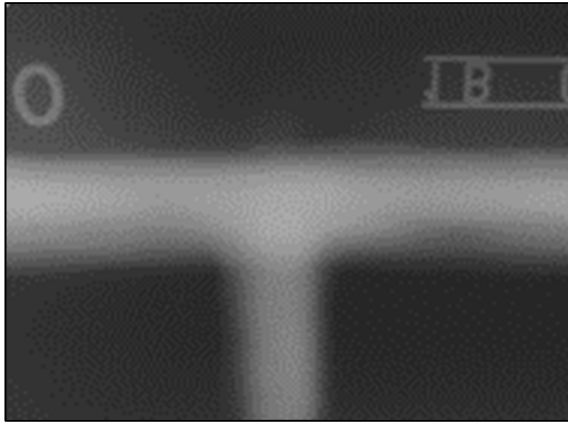
Luego de que la tubería se encuentre debidamente alineada y con los extremos biselados, se procede a la unión de la tubería por medio de soldadura. La operación de soldadura se realiza siguiendo un procedimiento previamente aprobado y probado, el método de calificación certifica no solo la idoneidad de este sino la de los soldadores encargados de la aplicación, simultáneamente se realiza una inspección visual del cordón de soldadura para verificar el grado de penetración y acabado de la misma y bajo los siguientes requerimientos:

- Trabajar con el equipo adecuado que garantice su eficiencia
- Mantener el amperaje y voltaje apropiados para el tipo de tubería utilizado, de tal manera que se logre una completa fusión y una penetración máxima.
- La soldadura no debe hacerse cuando ésta se vea sujeta a un enfriamiento rápido; no se debe mover el tubo ni retirar la grapa alineadora hasta que no esté terminado el 50% del fondeo.
- Los biselados de la tubería deben limpiarse perfectamente con equipo electrónico o en su defecto con limas hasta dejar el metal libre de óxido y mugre en toda su superficie, esta operación no debe adelantarse a la soldadura más de 100m, ni permanecer la superficie expuesta al aire por más de 1 hora después de haber sido limpiada.
- Evitar la soldadura en época de lluvias, o utilizar las protecciones debidas.
- Se colocará protección al suelo durante la limpieza de impurezas y óxidos de las soldaduras para prevenir que caigan directamente sobre el terreno.

- El revestimiento de la tubería debe protegerse adecuadamente de las salpicaduras propias de la soldadura.
- Se deberá contar con un recipiente para la recolección en la fuente de las colillas de soldadura y se manejará este residuo como residuo peligroso.

Al finalizar el proceso de soldadura, la calidad de esta se realiza una inspección mediante pruebas radiográficas o de ultrasonido (ambas con el empleo de equipos portátiles); la inspección en mención se realizará con control radiográfico o por ultrasonido del 30% de las pegas soldadas en línea regular mientras en los cruces de corrientes de agua principales la inspección se hará al 100% de las pegas. Así las cosas y en caso de detectarse fallas se procederá a repararlas o si es el caso para reemplazar las pegas que se encuentren defectuosas. El control radiográfico o de ultrasonido (**Figura 2.2.2-139**) será realizado por personal especializado que se encargará del manejo de los equipos y materiales utilizados, durante la ejecución de esta actividad, se mantendrán las medidas de seguridad establecidas para garantizar un desarrollo normal de la misma.

**Figura 2.2.2-139 Prueba radiográfica y de ultrasonido realizada a una tubería**



**Prueba radiográfica**



**Prueba de ultrasonido**

*Fuente: PLAN DE MANEJO AMBIENTAL ESPECÍFICO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DEL CENTRO DE MANIOBRAS SANTA MÓNICA (CMS) Y SU VÍA DE ACCESO, LAS LÍNEAS ELÉCTRICAS DE 34,5 KV DEL CMS AL CPF Y DEL CMS A LA ESTRUCTURA EXISTENTE DE LA LÍNEA ELÉCTRICA DEL CLÚSTER 3, LAS LÍNEAS MECÁNICAS DEL CPF AL CL3 Y DEL CPF A CLÚSTER 41 DE CHICHIMENE (TRAMO EN EL CAMPO 50K). CAMPO DE PRODUCCIÓN 50K; adoptado por Antea Colombia SAS, 2023*

Terminadas y verificadas radiográficamente las pegas o soldaduras de juntas, se procede a su limpieza superficial, de la cual se retira todo tipo de impurezas corrosivas, residuos de soldadura, protuberancias, aceite, grasa y cualquier material extraño mediante métodos como el esmerilado con pulidoras y limpieza con chorros de arena a presión, esta operación deberá realizarse empleando recipientes para recolectar fragmentos de material, colillas de soldadura y los demás residuos industriales que se produzcan. Paso seguido se aplica un recubrimiento anticorrosivo y la capa de pintura final para proteger la tubería contra la oxidación y finalmente, se efectúa la inspección de la lingada con equipo especial (holliday detector), para detección de posibles puntos de falla en el revestimiento de las tuberías, finalmente, se efectúa la inspección de la lingada con equipo especial (holliday detector), para detección de posibles puntos de falla en el revestimiento de las tuberías (**Figura 2.2.2-140**).

**Figura 2.2.2-140 Prueba de integridad de la tubería con equipo (holliday detector)**



Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

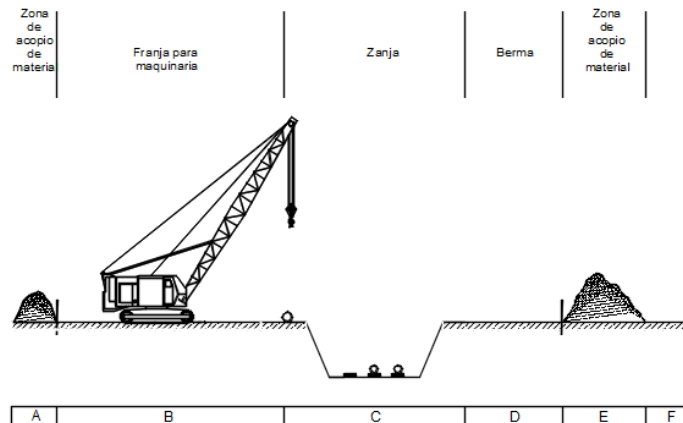
- **Construcción de cruces especiales (A18)**

Corresponden a tramos de líneas de flujo que en su trazado interceptan vías (generalmente de 2do o 3er orden) o accesos a predios, en estos sectores la línea proyectada puede cruzar la vía ya sea de forma perpendicular o diagonal, lo anterior según lo señale los planos de diseño civiles y mecánicos. Las características de este tipo de cruces se presentaron anteriormente en el ítem **Cruces de vías secundarias y/o terciarias** de la presente estrategia de desarrollo.

- **Apertura de zanja, instalación y tapado de tubería (A19)**

Bajo esta denominación, se agrupan las labores asociadas a la excavación, conformación y adecuación de la zanja que recibirá los tramos de tubería que según los planos de diseño de las líneas a construir estará enterrada ya que corresponden a cruces de vías, broches de fincas, etc. Previa a la apertura de la zanja, se replanteará por parte del equipo de topografía, un eje guía para las retroexcavadoras, el material excavado se acordonará separado del material de descapote en el espacio comprendido entre el borde de la zanja y el límite del derecho de vía, conservando una distancia prudencial para evitar el deslizamiento de material al interior de la zanja o el derrumbe de las paredes por efecto del peso del material de excavación dispuesto de forma adyacente (**Figura 2.2.2-141 y Tabla 2.2.2-74**), el ancho promedio de la zanja será definido en función del diámetro de la tubería a instalar.

**Figura 2.2.2-141 Áreas que hacen parte del derecho de vía y área de maniobras para actividades de instalación de tubería**



Fuente: ECOPETROL S.A., 2020; adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2022)



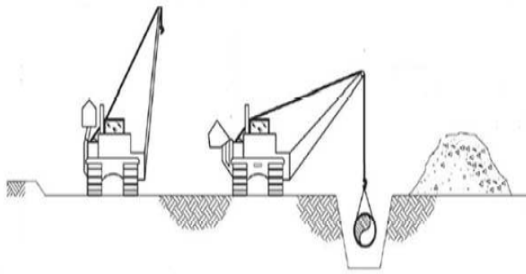
**Tabla 2.2.2-74 Zonas de trabajo en el derecho de vía**

DDV HASTA PARA TRES TUBERÍAS	ANCHO DE LA FRANJA (METROS)
A: Zona de acopio de material de descapote orgánico (disposición material de descapote)	Entre 1 y 2 m
B: Área de trabajos, tránsito de maquinaria pesada, disposición de lingadas y tránsito de personal.	Entre 5 y 6 m
C: Zanja para la instalación de tuberías	Entre 4,0 m a 5,0 m
D: Berma para tránsito de maquinaria liviana y personal	2,0 m
E: Zona de acopio de material de zanjado (disposición de material de corte y excavación)	2,0 m
D: Zona libre para instalación de obras de drenaje o estabilización.	1,0 m

*Fuente: PLAN DE MANEJO AMBIENTAL ESPECÍFICO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DEL CENTRO DE MANIOBRAS SANTA MÓNICA (CMS) Y SU VÍA DE ACCESO, LAS LÍNEAS ELÉCTRICAS DE 34,5 kV DEL CMS AL CPF Y DEL CMS A LA ESTRUCTURA EXISTENTE DE LA LÍNEA ELÉCTRICA DEL CLÚSTER 3, LAS LÍNEAS MECÁNICAS DEL CPF AL CL3 Y DEL CPF A CLÚSTER 41 DE CHICHIMENE (TRAMO EN EL CAMPO 50K). CAMPO DE PRODUCCIÓN 50K; adoptado por Antea Colombia SAS, 2023*

Antes de instalar la tubería debe verificarse que el fondo de la zanja este perfectamente nivelado a la profundidad establecida en los diseños y libre de rocas o de objetos que puedan deteriorar su recubrimiento, la instalación se realizará de manera gradual y uniforme, con ayuda de malacates, poleas diferenciales o retroexcavadoras (**Figura 2.2.2-142**), de manera que se distribuya uniformemente el peso de esta y quede completamente apoyada en el fondo de la zanja, la tubería se dispondrá sobre sacos de fique rellenos de suelo colocados en el fondo de la zanja.

**Figura 2.2.2-142 Instalación de la tubería, tramo regular**



*Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)*

La zanja se llenará después de instaladas las tuberías con el material procedente de la excavación, libre de materia orgánica o de suelos muy húmedos o blandos, el relleno deberá ser terminado extendiendo el material, a una altura de 20cm por encima del nivel del terreno adyacente y compactando con ayuda del buldócer cual pasará sobre el relleno mínimo 3 veces. Es de señalar que el anchó máximo estimado para las diferentes líneas de flujo a construir será definido en función del diámetro de la tubería a instalar donde el máximo diámetro será hasta 36" y un derecho de vía asociado a la misma hasta de 20 m.

De manera general, los movimientos de tierra estimados para la construcción de las líneas de flujo objeto de solicitud en el presente EIA y que son requeridas para la operación el Área de Desarrollo Llanos 141 se presentan en la **Tabla 2.2.2-75**.

Tabla 2.2.2-75 Movimientos de tierra estimados para la presente estrategia de desarrollo

Tipo de actividad	Derecho de vía (m)	Máximo diámetro de tubería a instalar (“)	Longitud de líneas a construir (km)	Derecho de vía, Área total (ha)	Área total a solicitar para esta estrategia (m2)	Espesor Descapote (m)	Espesor promedio excavación (m)	Ancho promedio excavación (m)	Área de intervención directa (m2)	Volumen Descapote (m3)	Volumen Excavación (m3) (*)	Espesor afirmado y relleno (m) (**)
Construcción y operación de líneas de flujo	Hasta 20	36	30	72	720000	0,2	2,5	2	60000	12000	150000	150000
Nota general: Las cantidades presentadas son estimadas y se ajustarán en función de los diseños presentados en los PMAE con base en las especificaciones técnicas que apliquen												
Nota (*): Se estima que el material proveniente de la excavación se utilizará como material de relleno en la misma												
Nota (**): Este ítem contempla el material de relleno producto de la excavación y el material (arena) sobre el que asentará la tubería en la zanja												

Fuente: Autor Antea Colombia SAS, 2023

- **Instalación estructuras sobre marcos H (A20)**

Comprende la instalación de estructuras metálicas sobre los que descansará la tubería en los tramos donde no va enterrada y definidos en la etapa de diseños (i.e: puntos de conexión a trampas, manifold, entre otros); esta actividad comprende la ubicación sobre los cimientos, izado, alineación vertical y apuntalamiento temporal de las estructuras metálicas o marcos H que servirán de soporte para las líneas de flujo en los sitios referidos anteriormente. Las características de este tipo accesorios se presentaron anteriormente en el ítem 2.2.2.4.1.3 de la presente estrategia de desarrollo.

- **Cruces cuerpos de agua (A21)**

Los diferentes tipos de cruces a emplear para el paso de cuerpos de agua, se encuentran descritos en el literal 2.2.2.4.1.3 de la presente estrategia de desarrollo.

- **Pruebas hidrostáticas y/o neumáticas (A22)**

Se realizará la prueba hidrostática al tendido de la línea de flujo, cumpliendo con las normas planteadas en API-1110: “Recommended Practices for Pressure Testing of Liquid Petroleum Pipelines”, el agua para la prueba hidrostática será tomada de los puntos de captación autorizados para el Área de Desarrollo Llanos 141.

Esta prueba consiste en inyectar agua a presión a través de la tubería de acero, con el fin de verificar la resistencia tanto de la tubería como de las soldaduras, uniones de estas y la hermeticidad del sistema. La prueba hidrostática comprende la limpieza interna, calibración de la tubería, llenado (con agua), purga de aire, presurización, despresurización, desplazamiento de agua y secado de la tubería. Una vez el agua haya sido extraída en su totalidad de la tubería, se llevan a cabo los empalmes finales entre tramos. Los equipos utilizados para la prueba hidrostática son bombas de presión y de caudal, registradores de presión y temperatura y carro tanque. Esta prueba se realiza según lo consignado en la Especificación Técnica de Construcción para Prueba Hidrostática de Tubería (EDP-ET-118).

El agua residual de la prueba hidrostática se llevará hasta los tanques y/o frac tanks, en donde se les dará el tratamiento que tenga implementado el campo, para ser entregada posteriormente a un tercero debidamente aprobado por la autoridad ambiental, para su manejo y/o vertimiento.

La realización de la prueba hidrostática representa la fase final de la construcción de una línea de flujo y tiene por objeto verificar que el tramo de prueba tenga la integridad estructural requerida para soportar la presión normal y máxima de operación. Esta prueba consiste en llenar la sección a probar de la tubería con un fluido, generalmente agua, y someterla a presión verificando que no se presenten escapes ni pérdidas por las uniones soldadas o por los accesorios como válvulas y demás. El procedimiento de prueba se desarrolla a 1,25 veces la presión de diseño durante un tiempo de 24 horas. Se considera fallida la prueba si la presión de la línea no se sostiene. Es de señalar que los volúmenes de agua a utilizar serán definidos y presentados en los Planes de Manejo Específicos (PMAE) que incluyan la construcción de líneas de flujo; de otra parte, la captación y disposición del recurso utilizado se detallan en el Capítulo **4 DEMANDA, USO, APROVECHAMIENTO Y/O AFECTACIÓN DE RECURSOS NATURALES** del presente EIA. La ubicación definitiva de los puntos o tramos en donde se va a realizar la prueba hidrostática serán definidos y presentados en los Planes de Manejo Específicos (PMAE) que incluyan la construcción de líneas de flujo y en función de distintos factores como pendiente, longitud de tubería, rendimientos de obra, entre otros.

- **Presurización**

La realización de la prueba hidrostática representa la fase final de la construcción de una línea de flujo y tiene por objeto verificar que el tramo de prueba tenga la integridad estructural requerida para soportar la presión normal y máxima de operación. Esta prueba consiste en llenar la sección a probar de la tubería con un fluido, generalmente agua, y someterla a presión verificando que no se presenten escapes ni pérdidas por las uniones soldadas o por los accesorios como válvulas y demás. El procedimiento de prueba se desarrolla a 1,25 veces la presión de diseño durante un tiempo de 24 horas. Se considera fallida la prueba si la presión de la línea no se sostiene.

Cuando la sección de prueba esta lista, se debe conectar a la bomba de presión a la instalación, bombeando hasta alcanzar una presión de 100 a 200 psi aproximadamente y permitiendo que dicha presión se mantenga a ese nivel durante un mínimo de 30 minutos, con el propósito de probar que no existen fugas mayores. Se continúa comprimiendo hasta alcanzar el 70% de la presión de prueba, la que se debe mantener 30 minutos hasta que se estabilicen presiones y temperaturas.

Posteriormente se realizan incrementos de 10 psi, los cuales deben ser perfectamente leídos en la escala del manómetro y registrados, hasta alcanzar la presión de prueba, la cual debe mantenerse por una hora; posteriormente se reduce la presión 50 psi para realizar la prueba de hermeticidad con el propósito de prevenir aumentos de presión por encima del rango de presión hidrostática por efectos de aumento en la temperatura de la tubería. Una vez la presión de prueba haya sido alcanzada, se detiene y desconecta la bomba.

Se hará una cuidadosa revisión final para asegurar que ninguna de las válvulas en la sección de prueba presente fugas. El período oficial de pruebas inicia cuando se hayan estabilizado presiones y temperaturas. Al iniciarse el período oficial de pruebas se registrar a la presión, determinada mediante un registrador e indicador de presión instalado en un extremo de la sección de prueba, y simultáneamente registrarse las temperaturas en dos puntos diferentes de la sección. Se mantendrá a la presión de prueba durante un período mínimo de 4 horas.

Se tomarán lecturas de presión y temperatura cada hora. Los datos de la prueba se registrarán. La prueba es satisfactoria si no sobreviene una caída de presión durante el periodo de prueba y si los cambios de presión que se lleguen a presentar pueden ser correlacionados satisfactoriamente con las variaciones de temperatura. En la **Tabla 2.2.2-76** se presenta volúmenes de referencia estimado para la realización de la prueba hidrostática en líneas de 1 km de longitud.

**Tabla 2.2.2-76 Estimativo del volumen de agua a utilizar en la prueba hidrostática por un km de longitud de tubería**

DIÁMETRO	VOLUMEN m <sup>3</sup>
2"	2.1
2 1/2"	3.2
6"	18.5
8"	32.43
12"	72.96
16"	129.71
18"	144.54
20"	179.45
24"	215.34
30"	269.17
36"	323.00

Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

○ **Llenado y purga de aire**

Se instalará un medidor en el lado de la succión de la bomba de llenado con el fin de determinar el tiempo aproximado requerido para llenar cada sección de prueba y un proporcionador con su bomba de descarga, con el fin de inyectar el inhibidor de corrosión en el agua de prueba. En el caso que el agua de prueba vaya a permanecer un tiempo significativo dentro de la tubería, se empleará además un secuestrante de oxígeno. Durante el llenado, la columna de agua irá precedida de raspadores de desplazamiento para eliminar bolsas de aire y hacer una limpieza interna adicional. Cuando los raspadores de desplazamiento llegan a las trampas receptoras, la válvula del extremo opuesto a la inyección se abre y el agua se deja salir libremente a un recipiente que permite la sedimentación de partículas, hasta que se nota que el agua fluye libre de polvo, herrumbre o materiales extraños; en este momento, todas las válvulas en los tramos de la sección de prueba se cierran y se instalan los tapones de prueba o bridas ciegas, habiendo detenido previamente la bomba de llenado (Figura 2.2.2-143).

**Figura 2.2.2-143 Prueba hidrostática**



Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

● **Ubicación de los sitios de prueba**

La ubicación definitiva de los puntos o tramos en donde se va a realizar la prueba hidrostática serán definidos y presentados en los Planes de Manejo Específicos (PMAE) que incluyan la construcción

de líneas de flujo y en función de distintos factores como pendiente, longitud de tubería, rendimientos de obra, entre otros.

- **Otras actividades**

Como se señalaba al comienzo del ítem Métodos constructivos, se tienen otra serie de actividades que si bien no son parte del proceso constructivo, son complementarias a este proceso, en este sentido se contemplan actividades preoperativas, desmantelamiento y abandono, y finalmente actividades transversales la relación de este compendio de actividades se listan en la **Tabla 2.2.2-20** mientras la descripción de las mismas y en aras de no ser repetitivos en la información presentada se encuentran descritas de manera general en la **Tabla 2.2.2-2**.

**Tabla 2.2.2-77 Actividades preoperativas; desmantelamiento, abandono y restauración; y actividades trasversales**

ETAPA	SUBETAPA	ESTRATEGIAS DE DESARROLLO ASOCIADAS	ACTIVIDAD (***)	ID
PRE-OPERATIVA (**)		Aplica para la ejecución de todas las estrategias que involucren la construcción, adecuación y/o mantenimiento de infraestructura	Gestión social y participación comunitaria e institucional	A1
			Adquisición de predios y derechos de servidumbre	A2
DESMANTELAMIENTO, ABANDONO Y RESTAURACIÓN (**)		Aplica para la ejecución de todas las estrategias de desarrollo	Desmantelamiento de instalaciones, retiro de infraestructura, equipos y salida del área	A42
			Cierre de piscinas y abandono de áreas para manejo de lodos y cortes de perforación	A43
			Cierre y abandono del pozo y contrapozo	A44
			Desmante y demolición de infraestructura	A45
			Limpieza de áreas	A46
			Reconformación del terreno, empedradización y/o revegetalización	A47
			Cierre de compromisos sociales y ambientales	A48
			Transporte del material, equipo, maquinaria, insumos y personal	A49
ACTIVIDADES TRANSVERSALES (**)		Aplica para la ejecución de todas las estrategias de desarrollo	Manejo de Productos químicos y combustibles	A50
			Contratación de mano de obra, bienes y servicios	A51
			Instalación y operación de campamentos temporales	A52
			Generación de energía temporal y uso de combustibles	A53
			Captación, transporte, almacenamiento y distribución de agua superficial y/o subterránea para uso doméstico e industrial	A54
			Manejo, tratamiento y disposición final de agua residual doméstica e industrial	A55
			Manejo y disposición de residuos sólidos domésticos, industriales y especiales	A56
			Transporte helicoportado	A57
			Reubicación de infraestructura de servicios públicos	A58

Nota (\*\*): Las etapas: preoperativa; desmantelamiento, abandono y restauración; y transversal no hacen parte de estrategias específicas, pero se deben considerar ya que agrupan actividades que son necesarias y complementarias de ejecución para el desarrollo de las diferentes estrategias a desarrollar dentro del presente EIA

Nota (\*\*\*): Para cada una de las etapas y estrategias asociadas se listan las actividades generales a ejecutar, pero es de señalar que no necesariamente para cada una de las estrategias asociadas se deben realizar la totalidad de las actividades listadas.

Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)



➤ **Instalaciones de apoyo**

El personal no profesional será de la región por lo que pernochará en sus casas. El personal profesional debe pernochar en las poblaciones cercanas donde se cuenta con infraestructura hotelera, ya que no se instalarán campamentos para pernochar durante la ejecución de las actividades asociadas a la construcción de las líneas de flujo. En este orden de ideas, se adecuarán campamentos temporales compuestos por carpas modulares en estructura metálica armable, una cubierta en tela de poliéster recubierta de PVC resistente al agua y al sol, en que servirán para la instalación del puesto de trabajo del grupo profesional, el almacenamiento de materiales que requieren estar cubiertos; la instalación de canecas para la disposición de residuos y baños temporales, de otra parte el almacenamiento de tubería, válvulas y accesorios se podrá realizar en locaciones cercanas a la línea a construir o dispuestas a lo largo del derecho de vía de la línea en construcción. En la **Figura 2.2.2-144** se presentan algunos ejemplos de diferentes tipos de instalaciones de apoyo a emplear.

**Figura 2.2.2-144 Tipos de diferentes instalaciones de apoyo**

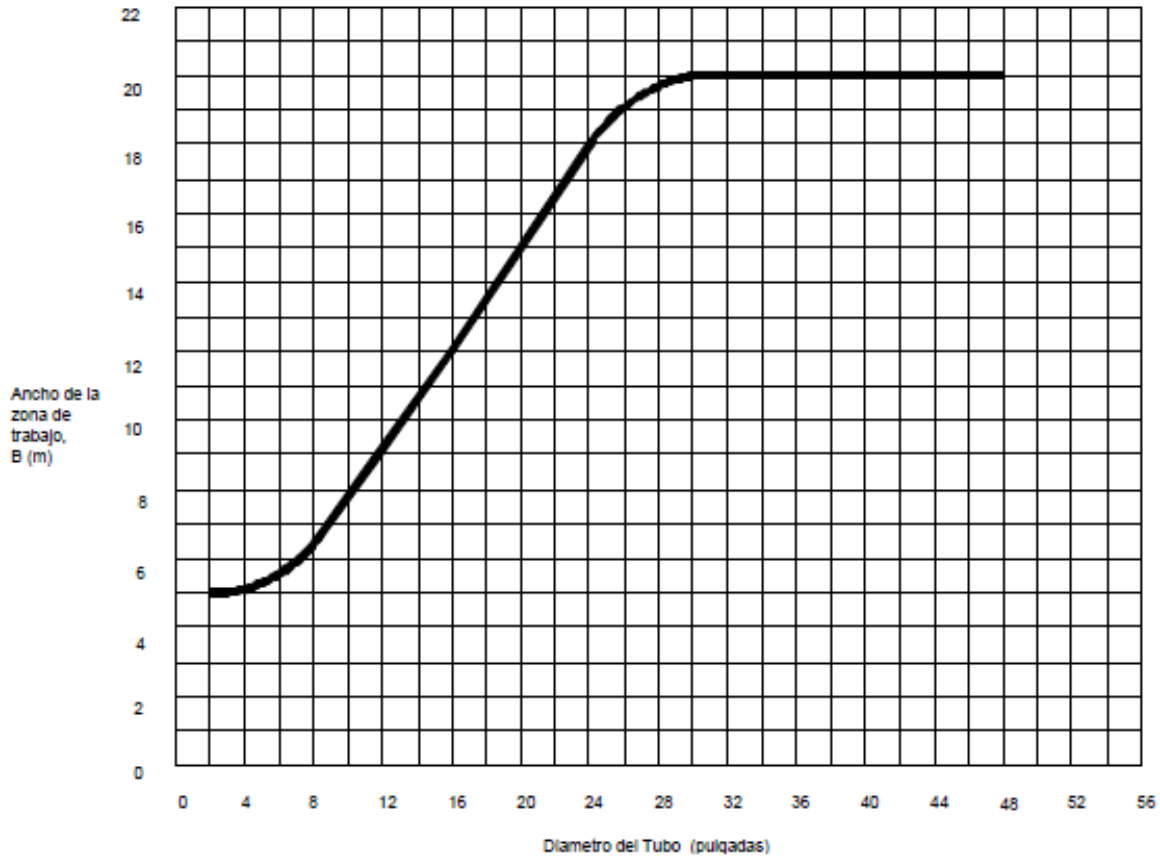


Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

**2.2.2.4.1.5 Diámetro de la tubería a instalar, incluyendo la longitud y derecho de vía**

El diámetro y longitud de la tubería a instalar, será definido a partir de los diseños específicos presentados en los Planes de Manejo Específicos (PMAE) que incluyan la construcción de líneas de flujo; de otra parte, el ancho del derecho de vía será definido en función del diámetro de la tubería (**Figura 2.2.2-145**).

Figura 2.2.2-145 Definición del ancho del derecho de vía



NOTA: Cuando se instale mas de un tubo en el mismo Derecho de Via se puede ampliar el ancho de la zona de trabajo, del tubo mayor, hasta un 50 % de la correspondiente al tubo de menor diametro.

Fuente: MODIFICACIÓN DEL PLAN DE MANEJO AMBIENTAL INTEGRAL – PMAI-DE MARES; Adaptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

**2.2.2.4.1.6 Asentamientos humanos e infraestructura social, económica y cultural a intervenir**

El proyecto para el Área de Desarrollo Llanos 141 determinó una Zonificación de Manejo Ambiental -ZMA- a partir de la cual se proyectaría la ubicación de las diferentes estrategias de desarrollo en función de las exclusiones y/o condiciones que esta ZMA establece; en este sentido, los asentamientos humanos no serían intervenidos con ocasión del proyecto. Sin embargo, en función de las condiciones que desde el diseño se visualizan, de los procesos y métodos constructivos y demás premisas para la intervención en el área con las diferentes estrategias de desarrollo y sus actividades particulares, enmarcado siempre en la Jerarquía de la Mitigación (como enfoque estratégico para abordar los impactos ambientales desde la prevención y minimización de estos), es factible la intervención en áreas que cuenten con algún tipo de infraestructura social que pueda ser trasladada o construida de nuevo prestando el servicio para el cual fue inicialmente concebida (v.g aljibes y/o pozos profundos). Por su parte, las unidades familiares que eventualmente presenten

algún tipo de afectación, con ocasión de las actividades del proyecto, serían objeto de un traslado temporal que no implica la reubicación de la unidad familiar.

En virtud de lo anterior, se reitera que los asentamientos humanos no serán objeto de intervención y que en todos los casos (y para todas las estrategias de desarrollo contempladas) en el presente EIA se incluye, como parte del Programa de Compensación Social, la ficha de Manejo de la infraestructura social potencialmente afectada, cuyo objetivo es el de “Garantizar el restablecimiento de infraestructura social afectada por las estrategias de desarrollo del proyecto” y para ello cuenta las acciones tendientes a implementar las medidas necesarias para que la infraestructura social y comunitaria eventualmente afectada sea restablecida.

#### 2.2.2.4.1.7 Maquinaria y mano de obra

En la **Tabla 2.2.2-78**, se presenta un estimativo de la maquinaria, equipos y herramientas requeridos para el montaje de las líneas de flujo; estas cantidades pueden cambiar de acuerdo con los alcances parciales generados año a año por el proyecto.

**Tabla 2.2.2-78 Estimativos de maquinaria, equipo y herramientas para el montaje de las líneas de flujo**

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
Bulldozer	1
Retroexcavadora	2
Dobladora de Tubería	2
Malacates o poleas diferenciales	2
Equipo de soldadura	4
Pulidoras	4
Equipo de hidrolavado	2
Equipo prueba de presión	1
Mezcladoras	2
Carrotanque	1
Soldadoras tipo diesel	2
Cable para soldar	300 m
Equipos de oxicorte	2
Kit de derrames	1
Juegos de grapas	2
Corta tubo	1
Extintores	2
Juego de Herramientas Manuales	2
Andamios	2
Guadañadora	1
Grúa	1
Camión cama alta	1
Vehículo para transporte de personal	1
Cámara fotográfica con fechador	1
Equipo de GPS submétrico	1
Juego de galgas	1
Juego de Herramientas menores	2
Extensiones Eléctricas	2
Elementos de Seguridad	Para todo el personal

Fuente: ECOPETROL S.A., 2020; adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2022)

En la **Tabla 2.2.2-79** se reúne el listado de maquinaria y equipos necesarios para las actividades asociadas a la perforación dirigida

**Tabla 2.2.2-79 Equipos y maquinaria necesaria para perforación dirigida**

VEHÍCULO O MAQUINA	CANTIDAD
Máquina perforadora	1
Unidad de mezcla de lodos de perforación	1
Bomba de agua	1
Equipo de separación de lodos	1
Bomba slurry	1
Almacenaje de bentonita	1
Generadores de potencia	1
Almacenamiento de suministros	1
Carrotanque	1
Volquetas	1

Fuente: ECOPETROL S.A., 2020; adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2022)

De otra parte, en la **Tabla 2.2.2-80** se reúne la relación de maquinarias y equipos requeridos para la ejecución de la prueba hidrostática

**Tabla 2.2.2-80 Equipos, insumos y materiales para la prueba hidrostática**

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	FUNCIÓN
Múltiples	2	Enviar y recibir los raspadores
Raspadores	Varios	Para limpieza interior de la tubería y desplazamiento de fluidos
Bomba de llenado 100 psi	1	Inyección del agua dentro del ducto
Bomba de presión 200 psi	1	Para alcanzar la presión de prueba
Válvulas	Varias	Controlar entrada y salida de agua
Bridas ciegas (tapón de prueba)	Varias	Sellado de la sección a probar
Flow meter	1	Medición de la cantidad de agua entrando al ducto
Manómetros	Varios	Medición y control de presión
Termómetros	Varios	Medición y control de temperatura
Probadores de peso muerto	Varios	Para calibrar los manómetros
Proporcionador con bomba de descarga	Varios	Para inyección de aditivos al agua
Aditivos	Varios	Inhibidor de corrosión Secuestrante de oxígeno

Fuente: ECOPETROL S.A., 2020; adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2022)

En cuanto a la ejecución de las actividades de obra civil, es necesario contar con una cantidad de cuarenta y dos (42) personas; el personal referido comprende mano de obra profesional y que está constituida por ingenieros, ayudantes técnicos, supervisores, operadores de equipo y maquinaria pesada, conductores y maestros de obra, así como mano de obra no profesional.

En la **Tabla 2.2.2-81** se relaciona el personal estimado para la construcción de una línea de flujo. La cantidad de personal es estimada y podría variar por imprevistos en el desarrollo de las obras o variación de las condiciones del entorno, entre otros casos.

**Tabla 2.2.2-81 Personal estimado para realizar la construcción de una línea de flujo**

Nota (\*): El personal indicado es estimado, el número dependerá de los requerimientos propios del proyecto y de la actividad

CARGO	CONSTRUCCIÓN	
	TIPO MO	CANTIDAD
Director de obra	Profesional	1
Ingeniero Civil	Profesional	1
Ingeniero Mecánico	Profesional	1
Ingeniero Eléctrico	Profesional	1
Inspector de HSE	Profesional	1
Supervisores	Profesional	3
Soldadores	Profesional	3

CARGO	CONSTRUCCIÓN	
	TIPO MO	CANTIDAD
Electricistas	Profesional	2
Topógrafo	Profesional	1
Cadeneros	No Profesional	2
Operadores de maquinaria pesada	Profesional	2
Operador de camión grúa	Profesional	1
Conductor de volqueta	No Profesional	1
Auxiliar vial	No Profesional	2
Técnicos inspección de soldadura y revestimientos	Profesional	2
Técnicos pruebas hidrostáticas	Profesional	2
Dobladores	No Profesional	3
Alineadores	No Profesional	3
Ayudantes de soldadura	No Profesional	3
Oficiales	No Profesional	1
Obreros	No Profesional	6
<b>TOTAL</b>		<b>42</b>

específica que se lleve a cabo. Por tal razón, el personal podrá variar según lo presentado, (ECOPETROL S.A., 2023)  
Fuente: ECOPETROL S.A., 2022; adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2022)

De otra parte, para el desarrollo de las actividades asociadas a la Perforación Horizontal Dirigida (PHD) se requieren alrededor de 14 personas, que hacen parte de la mano de obra calificada conformada por ingenieros, ayudantes técnicos, supervisores, operadores de equipo y maquinaria pesada, conductores y maestros de obra, como se detalla en la **Tabla 2.2.2-82**.

**Tabla 2.2.2-82 Personal estimado para realizar la Perforación Horizontal Dirigida (PHD)**

CARGO	TIPO MO	CANTIDAD
Ingeniero Especialista PHD	Profesional	1
Ingeniero Especialista en Direccionado PHD	Profesional	1
Ingeniero Especialista en Fluidos PHD	Profesional	1
Supervisor de PHD	Profesional	1
Técnico de Lodo y Recicladora	Profesional	1
Operario de Equipo PHD	Profesional	1
Técnico de Taladro PHD	Profesional	2
Mecánico Especialista en PHD	Profesional	1
Eléctrico Especialista en PHD	Profesional	1
Obrero	No Profesional	3
Operador de Excavadora	Profesional	1
<b>TOTAL</b>		<b>14</b>

Nota (\*): El personal indicado es estimado, el número dependerá de los requerimientos propios del proyecto y de la actividad específica que se lleve a cabo. Por tal razón, el personal podrá variar según lo presentado, (ECOPETROL S.A., 2022)  
Fuente: ECOPETROL S.A., 2022; adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2022)

#### 2.2.2.4.1.8 Desmantelamiento y restauración de áreas intervenidas

El desmantelamiento y retiro de líneas de flujo se realiza acorde con los lineamientos generales presentados a continuación y en consideración de la Guía para la desincorporación de Activos de Producción IDA-G-010 (2020) - Anexo 9\_Desmantelamiento-abandono. En el caso de líneas enterradas, y previo un análisis de implicaciones ambientales y sociales, existe la posibilidad de acuerdo a la evaluación técnica de dejar la línea enterrada bajo estándares de seguridad ambiental y social, soportados en la valoración de los impactos ambientales que genera la desincorporación de la línea o líneas, o la alternativa de mantener la sección de línea en su condición subterránea.

##### ➤ Líneas superficiales

- Se identifica la existencia de otras tuberías mediante el detector de tuberías, verificando la existencia de estructuras de concreto, acometidas etc.
- Se debe realizar el corte de tubería en los extremos, limpieza y descontaminación de la tubería a desmantelar. Se debe asegurar que el límite de limpieza requerida en tubería a dejar enterrada debe ser menor a 5 ppm de hidrocarburos y sólidos.



- Se debe empaquetar la línea definiendo el tipo de fluido a utilizar de acuerdo con las condiciones del entorno, según análisis de riesgo previo. Dentro de los posibles tipos de fluido se encuentran: Gs inerte. y Concretos pobres.
- No se requiere el uso de inhibidores de corrosión, secuestrantes de oxígeno y biocidas debido a que la tubería se deja enterrada para su degradación natural y estos tipos de componentes podrían generar una contaminación en el suelo.
- Se debe cegar la tubería en los extremos de esta.
- Para el caso de variantes, cuando sea posible se debe garantizar una distancia de por lo menos 10 metros entre el punto de inicio o finalización de la tubería a abandonar y la tubería que quede en operación, para que en un futuro no interfiera con el trabajo de mantenimiento de esta última.

#### ➤ Líneas aéreas

- Se realizan las condiciones de seguridad, se deben tener puntos de acceso para iniciar con la actividad de corte de desmontaje de la tubería en dimensiones que permitan garantizar la fácil manipulación.
- Se realiza el amarre de la tubería antes de iniciar el corte del tramo a desmantelar, de modo que no se ruede y pueda ser izada por partes, en caso de ser necesario.
- Se lleva a cabo el corte de la tubería por segmentos.
- Se realiza el cargue y transporte de la tubería desmantelada con base en el plan de izaje.
- Se realiza el desmantelamiento de los marcos H, para los casos en que se encuentran anclados a bases de concreto.

#### ➤ Líneas enterradas

Basado en las consideraciones anteriores y el marco de referencia internacional se recomienda que las tuberías enterradas a profundidades mayores de un (1) metro, se dejen en el sitio, el procedimiento definido para el abandono de las líneas de flujo incluye en términos generales los siguientes aspectos:

- Antes de iniciar las labores de excavación, se verificará mediante planos o inspección visual la existencia de otras tuberías, estructuras de concreto, acometidas etc.
- Se deberá limpiar el derecho de vía dejándolo en condiciones seguras para el retiro de los tubos. Este debe quedar libre de maleza, pastos y arbustos.
- Se realiza el drenaje, venteo y posterior monitoreo de atmosferas para detectar cualquier situación peligrosa relacionada con explosividad o toxicidad.
- Se realizar excavación mecánica y manual para liberar el segmento de tubería. Las dimensiones de la excavación serán las adecuadas que puedan permitir la instalación de las herramientas requeridas para realizar el corte de los dos extremos de la tubería.
- Se realiza amarre de la tubería antes de iniciar el corte del tramo a retirar de modo que no se ruede y pueda ser izada por partes, en caso de ser necesario.
- Se realiza el corte de la tubería, limpieza y descontaminación de la tubería a desmantelar. Drenaje de los fluidos contenidos. El fluido residual de este proceso se transportará a una estación para su tratamiento.
- Se carga y transportar la tubería desmantelada con base en el plan de izaje.
- Se desmonta el sistema de protección catódica.
- Se lleva a cabo el tapado de la zanja y recuperación ambiental, según lo definido en el Instrumento Ambiental.
- En los sitios en donde se retiren las válvulas se deberán disponer ciegos en los extremos de la tubería.

➤ **Líneas a dejar en el sitio (enterradas)**

- Se identifica la existencia de otras tuberías mediante el detector de tuberías, verificando la existencia de estructuras de concreto, acometidas etc.
- Se debe realizar el corte de tubería en los extremos, limpieza y descontaminación de la tubería a dismantlar. Se debe asegurar que el límite de limpieza requerida en tubería a dejar enterrada debe ser menor a 5 ppm de hidrocarburos y sólidos.
- Se debe empaquetar la línea definiendo el tipo de fluido a utilizar de acuerdo con las condiciones del entorno, según análisis de riesgo previo. Dentro de los posibles tipos de fluido se encuentran: Gas inerte y Concretos pobres.
- No se requiere el uso de inhibidores de corrosión, secuestrantes de oxígeno y biocidas debido a que la tubería se deja enterrada para su degradación natural y estos tipos de componentes podrían generar una contaminación en el suelo.
- Se debe cegar la tubería en los extremos de esta.
- Para el caso de variantes, cuando sea posible se debe garantizar una distancia de por lo menos 10 metros entre el punto de inicio o finalización de la tubería a abandonar y la tubería que quede en operación, para que en un futuro no interfiera con el trabajo de mantenimiento de esta última.

➤ **Marcos H y bases de concreto**

Se dismantlarán los marcos H de las líneas de flujo, y se almacenarán en los sitios dispuestos por ECOPETROL S.A. Las bases en concreto se demolerán y enviarán a las ZODME autorizadas o serán entregados a terceros autorizados. En las áreas de las excavaciones, dejadas por el retiro de estas bases, se rellenarán y se reconfigurará el terreno

➤ **Desmantelamiento de válvulas y accesorios**

Se refiere a los trabajos necesarios para retirar de la tubería las válvulas de seguridad y/o control, (tipo bola, compuerta, cheques, etc.), y elementos de sujeción (espárragos, tuercas, empaques), además de reducciones, bridas, té, codos, instrumentos entre otros, los cuales luego de retirados se podrán reutilizar en facilidades o campos que ECOPETROL S.A. determine o se llevarán a los sitios autorizados para su chatarrización o se entregarán a terceros autorizados para su disposición final.

Adicionalmente, se realizará la limpieza de todos los residuos generados tales como sobrantes de concreto, bolsas de cemento, cintas de seguridad, madera, sobrantes de acero, alambres, etc.; el retiro de la maquinaria pesada que se usó junto con las herramientas menores como mezcladoras, carretillas, palas, etc.; la clausura de las letrinas secas o el retiro de los baños portátiles (en caso de que se hubiesen empleado) y finalmente la empedradización de taludes y limpieza final de las áreas intervenidas. Estas actividades se encuentran detalladamente en el Capítulo 10 Plan de Desmantelamiento y Abandono, del presente Estudio de Impacto Ambiental Área de Desarrollo Llanos 141

#### **2.2.2.4.1.9 Duración de las obras, etapas y cronograma de actividades**

El cronograma general presentado reúne las diferentes estrategias de desarrollo contempladas para el Área de Desarrollo Llanos 141, corresponde a una proyección de tiempos estimados de ejecución de las mismas y puede presentar variaciones en función del desarrollo de las diferentes actividades a ejecutar, así las cosas, es de señalar que en función de los resultados obtenidos y tiempos de duración de las pruebas de producción realizadas en la fase de exploración, este cronograma puede ser ajustado en aras de dar inicio paralelo a la implementación de las estrategias de desarrollo asociadas a la operación y producción definidas para el Área de Desarrollo y que se encuentran contempladas en el presente EIA.



**Tabla 2.2.2-85 Estrategias de desarrollo contempladas dentro de la estrategia general de Facilidades de Producción**

Estrategia de Desarrollo Generales (HI-TER-1-03)	ID	Estrategias Definidas en el EIA ÁREA DE DESARROLLO LLANOS 141
Facilidades de producción	ED10	Construcción y operación de Facilidades Centrales de Producción -CPF-
	ED11	Construcción y operación de facilidades satélite -FS-
	ED12	Construcción y operación de Zonas de Disposición de Materiales Sobrantes de Excavación -ZODME-
	ED13	Construcción y operación de centro de acopio
	ED14	Construcción de Instalaciones de apoyo (i.e: helipuertos, oficinas, campamentos centrales, talleres, entre otros)
	ED15	Generación de energía eléctrica
	ED16	Construcción de planta solar fotovoltaica
	ED17	Instalación y operación de líneas eléctricas de 34,5 / 115 kV
	ED18	Instalación y operación Centros de Maniobra -CM-, Centros de Distribución -CD- y/o Subestaciones Eléctricas -SE-
	ED19	Construcción y operación de áreas para el acopio de lodos y cortes de perforación
	ED20	Construcción, operación y mantenimiento de plantas para el manejo de cortes de perforación
	ED21	Entrega y recibo de fluidos
	ED22	Entrega y recibos de cortes y lodos de perforación

Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

A continuación, se presenta la descripción de las estrategias de desarrollo que hacen parte de esta subetapa.

#### 2.2.2.5.1 Construcción y operación de Facilidades Centrales de Producción - CPF- (ED10)

Al interior del área que hace parte del Área de Desarrollo Llanos 141 se proyecta la construcción de facilidades de producción, las cuales comprenden el conjunto de procesos, materiales, equipos y/o elementos requeridos en superficie para la recolección, separación, tratamiento, medición, y despacho de los fluidos producidos; así como la caracterización y medición de cada uno de los fluidos provenientes de los pozos productores (Crudo, Gas, Agua de Producción y diluyente “Nafta”).

La construcción de este tipo de infraestructura se realizará respetando lo estipulado por la zonificación de manejo ambiental. Es de señalar que en lo pertinente a las “ Facilidades tempranas para producir los pozos en pruebas iniciales y pruebas extensas”, éstas hacen parte integral del diseño de las locaciones a construir, tal como se consigna en la estrategia de desarrollo 2.2.2.1.1.3 Construcción de Locaciones (ED3), **Figura 2.2.2-33 y Tabla 2.2.2-27.**

##### 2.2.2.5.1.1 Cantidades requeridas para el Área de Desarrollo Llanos 141

Se solicita la construcción y operación de nueva infraestructura de facilidades de producción representada por un (1) polígonos con un área máxima de hasta veinticinco (25) hectáreas, donde se realizará el conjunto de procesos, materiales, equipos y/o elementos requeridos en superficie para la recolección, separación, tratamiento, medición, y despacho de los fluidos producidos; así como la caracterización y medición de cada una de las corrientes provenientes de los pozos productores; con una capacidad de manejo máxima de crudo total de 450000 BOPD y agua de producción 160000 BWPD. La definición y localización de estas, se realizará en consonancia a las necesidades del desarrollo del campo y a la luz de la zonificación de manejo ambiental que hace parte integral de este estudio.

**Tabla 2.2.2-86 Cantidades requeridas para la Construcción y operación de Facilidades Centrales de Producción -CPF-**

Tipo de actividad	Área total (ha)
Construcción y operación de Facilidades Centrales de Producción -CPF-	Hasta 1 polígono de hasta un área total de 25 ha; con una capacidad de recibo y almacenamiento capacidad de crudo total de 450000 BOPD y agua de producción 160000 BWPD.

Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

#### 2.2.2.5.1.2 Alternativas de ubicación y selección de sitios (criterios técnicos, tecnológicos y ambientales).

Con respecto a la localización de la CPF es importante precisar que estas se proyectarán en aquellas áreas donde no se presenten elementos excluyentes y su geometría se adaptará a las áreas que dentro del campo queden disponibles para así hacerlo sin superar la extensión estimada (25 ha). Además, la ubicación se proyectará en función del crecimiento del campo y de la ubicación cronológica que se vaya teniendo de las diversas plataformas (locaciones) tal que se tenga el menor requerimiento energético tanto para el recibo de fluidos como para el despacho de estos.

La información de la ubicación exacta de cada CPF se detallará en el Plan de Manejo Ambiental específico que se elabore previamente a la ejecución de las actividades constructivas y operacionales. Finalmente, la ubicación final de cada CPF será determinada teniendo en cuenta la zonificación de manejo ambiental del presente estudio, criterios técnicos, económicos, sociales y ambientales que se presentan a continuación.

##### ➤ Criterios técnicos y tecnológicos

Para el Diseño final y ubicación de cada CPF se debe lograr una visión integral del manejo de todos los procesos y variables que intervienen en la recolección, separación, tratamiento, almacenamiento, medición, fiscalización y disposición final (venta, reúso, inyección, quema, entrega a terceros, entre otros) de los fluidos (Crudo, agua y gas) producidos.

El número prácticamente infinito de posibilidades puede reducirse a unos cuantos sitios de interés, mediante la aplicación de criterios sectoriales basados en consideraciones técnicas como la longitud de líneas, caída de presión, asociada a los requerimientos de bombeo o a la presión en cabeza de pozo, número y distribución de los pozos, etc.

En las facilidades se llevará a cabo el tratamiento y almacenamiento de los fluidos que se producirán en el campo (agua, crudo y gas), para el que se requerirán diferentes equipos que permitan la deshidratación del crudo, el tratamiento de las aguas de formación y el tratamiento y disposición final del gas mediante la tea o el reúso.

Para la ubicación de las facilidades se deberá tener en cuenta:

- La ubicación de las facilidades deberá tener proximidad a vías de acceso y a redes eléctricas, además deberá permitir la disminución de las líneas de flujo dentro del campo y las distancias de viajes a diferentes sitios clave como lo son los puntos de control de derrames, los centros de acopio de residuos y los clústeres. Mientras el CPF entra en operación a 100% el crudo será conducido principalmente hacia alguna de las estaciones más cercanas de Ecopetrol, que cuenten con la capacidad de recibir determinado volumen de fluidos.
- La disponibilidad de área y su distribución será la necesaria para instalar todos los equipos (tanques, líneas de flujo internas, bombas, cargadero, entre otros) e instalaciones de apoyo (manifold, casetas, oficinas, sistema de tratamiento de agua, sistema contra incendio, área para obras temporales, laboratorios, entre otros), utilizadas en el tratamiento y almacenamiento de los fluidos (agua, crudo y gas) producidos.
- Para el control de emisiones y manejo del gas residual se deberá instalar una tea horizontal y/o vertical que cumpla con la normatividad, la cual será ubicada teniendo en cuenta la dirección del viento, alejada de los equipos de tratamiento, y de las oficinas, además dispondrá de facilidades encargadas de la separación de líquidos los cuales retornarán por tubería al proceso de tratamiento; y para su operación cumplirá con las normas ambientales de emisión.



- Topográficamente el área de ubicación de las facilidades deberá ser plana, con el fin de minimizar los movimientos de tierra, permitir la instalación de todos los equipos, considerando que la deshidratación del crudo se realiza por asentamiento y evitar la alteración de los patrones de flujo que afecten el tratamiento.
- Adicionalmente se debe tener en cuenta el diseño preliminar de cada CPF, líneas de diluyente, líneas de inyección de agua, capacidad de procesamiento de los trenes de tratamiento, requerimientos de terreno y compra de predios asociados a la construcción de cada CPF, y el impacto tanto ambiental como social.
- Tomar como referencia los resultados del estudio hidráulico que se realice para las posibles alternativas de sistemas de recolección de crudo e inyección de nafta.
- Realizar un estimativo de costos teniendo en cuenta personal, operación y recursos al proyecto, mantenimiento, capital de Trabajo, permisos ambientales o licencias de construcción, rubros para seguridad física, costos por contingencias, costos asociados a compensaciones ambientales o sociales, costos por Interconexión Eléctrica, Costos Asociados a los Clúster, Costos de importación, fletes y aranceles, costos por ingeniería, compras e interventoría, construcción, entre otros con el fin de determinar la alternativa más apropiada para la ubicación de las facilidades.

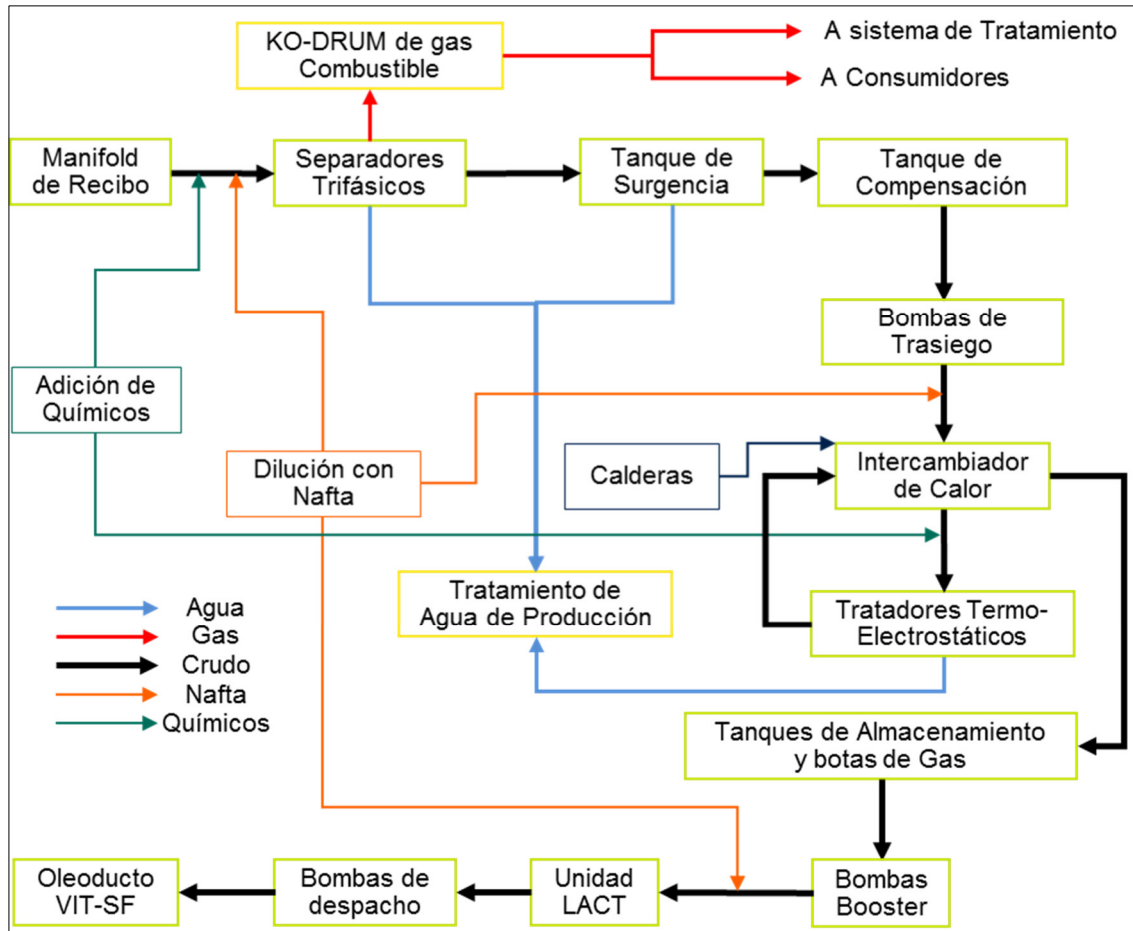
➤ **Criterios ambientales**

La ubicación deberá cumplir con los resultados en la zonificación presentada en el estudio, respetando la restricción y su ubicación final será definida en el plan de manejo ambiental específico, en el que también se presentará además del diseño las obras necesarias para el manejo de aguas lluvias, aguas aceitosas y los equipos necesarios en caso de presentarse un derrame durante la operación del CPF.

**2.2.2.5.1.3 Procesos de producción y manejo de fluidos (crudo, agua y gas, entre otros).**

Los procesos de producción que se llevarán a cabo en los CPF serán básicamente aquellos encaminados a la separación de fluidos, al almacenamiento y despacho de crudo, tratamiento de residuos líquidos y operación de infraestructura asociada a estos procesos (ver Figura 2.2.2 32). Adicionalmente, en los CPF tendrá lugar la infraestructura y procesos necesarios para la producción y almacenamiento de hidrógeno verde y a lo pertinente para la captura e inyección de CO<sub>2</sub> (estrategias de desarrollo descritas posteriormente).

Figura 2.2.2-146 Esquema tipo asociado al tratamiento de crudo en una Estación o Planta



Fuente: ECOPETROL S.A., 2023; adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

El fluido proveniente de los pozos del Área de Desarrollo Llanos 141 (o procedente de campos o bloques con los que sea posible realizar entrega y/o recibo de fluidos) ingresará a los CPF, vía carrotanques y/o líneas de flujo. Como parte del proceso, en los fondos o cabezas de pozo podrá realizarse una mezcla con nafta a los hidrocarburos livianos tal que se logre una reducción de la viscosidad del fluido y mejorar su movilidad (lo cual refleja, entre otros, una reducción del consumo energético necesario para desplazar el fluido hasta los CPF).

El tratamiento del fluido en los CPF tendrá como principal objetivo separar el gas, el agua y sedimentos asociados al fluido producido y llevar este a condiciones específicas para la venta, cumpliendo con las condiciones para ingresar al sistema de transporte. En el marco del tratamiento, el fluido que ingresa es sometido a diversos procesos en donde se realiza, entre otros, la inyección de diluyente (nafta generalmente) y de químicos que facilitan la separación (antiespumante, rompedor inverso, rompedor directo, entre otros) y luego ingresa a la etapa de desgasificación donde se retira el gas asociado. Posteriormente, el fluido ingresa a un proceso de deshidratación (primaria) donde se logra la remoción del agua libre para pasar a una etapa de remoción de esta agua libre, donde se inyectan otros químicos rompedores de emulsiones, se hace un calentamiento y se remueve el agua que está emulsionada con el crudo.

Finalmente, el crudo se envía a la sección de almacenamiento desde donde es bombeado para entrega (al sistema de transporte para venta o a otros campos o bloques con los que se pueda realizar entrega y/o recibo de fluidos).

Con respecto al gas (asociado y mezcla de hidrocarburos livianos), vapor de agua, CO<sub>2</sub>, y otros gases, y al agua producidos en el proceso, es importante resaltar que se contará con opciones de aprovechamiento que irán en simultánea con la gestión que de estos se realice. Por ejemplo, el gas podrá ser quemado en tea, pero también podrá ser aprovechado para la generación de energía eléctrica; en el caso de las aguas, estas serán utilizadas en procesos de recobro EOR o en la producción de hidrógeno verde (o inyectadas en pozos Disposal).

Las Facilidades Centrales de Producción -CPF- contarán como mínimo con los siguientes sistemas:

- Sistema de recibo y tratamiento de crudo.
- Sistema de tratamiento de agua de producción
- Sistema de almacenamiento y despacho de crudo.
- Sistema de tratamiento de gas y recuperación de vapores de diluyente.
- Sistema de alivios y tea.
- Sistema de recepción, almacenamiento y despacho de diluyente.
- Sistema de tratamiento y manejo de agua de inyección.
- Sistemas auxiliares compuesto por:
  - **Sistema de tanque sumidero.**
  - **Sistema de aire de instrumentos y de servicios.**
  - **Sistema de agua industrial.**
  - **Sistema de combustible Diesel.**

#### ➤ **Sistema de recibo y tratamiento de crudo**

El crudo proveniente de las formaciones objetivo (o de las resultantes según lo arrojen los pozos NFE) corresponde con un crudo extrapesado con una gravedad API estimada y variable entre 7 y 9 grados. Básicamente el tratamiento inicia en el CPF en una serie de separadores donde se separa el gas, el agua y el crudo; este último es enviado a las fases de deshidratación y remoción de agua libre que se realiza en un tanque de surgencia (que ayuda a mantener una presión constante y evita variaciones abruptas del fluido) donde se da la separación de la mezcla crudo agua. El contenido de agua se reduce y esta sale por la parte baja del tanque y enviada al sistema de tratamiento; por su parte, el crudo sale por la parte superior del tanque y es enviado hacia el tanque de compensación (donde se compensan variaciones de volumen o presión del fluido) que da cabeza a las bombas de trasiego que son las que impulsan el fluido a través de las siguientes etapas.

En las bombas de trasiego se hace una dilución del crudo, con nafta (necesaria para disminuir la viscosidad en el tratamiento) y se hace pasar el fluido por un sistema de intercambio de calor (donde se calienta el fluido) y se completa la deshidratación con un tratamiento electrostático mediante la aplicación de campos eléctricos y de la inyección de químicos.

El sistema de calentamiento hace aprovechamiento del agua separada en los tratadores electrostáticos y luego utiliza un fluido térmico (hot oil) para calentar el crudo hasta aproximadamente 170 °F (o hasta la temperatura que técnicamente sea requerida). El crudo con un BS&W aproximado del 0,5% se envía a las botas de gas donde se realiza una última estabilización antes de ser enviado a los tanques de almacenamiento.

Desde los tanques de almacenamiento el crudo es enviado, con ayuda de bombas booster (bombas utilizadas para impulsar un fluido), a una unidad LACT (Lease Automatic Custody Transfer) para la transferencia de custodia previo al paso a las bombas de despacho.

Dado que el crudo a obtener será pesado y extrapesado se requerirá una dilución con nafta, para reducir viscosidad y dar movilidad y facilidad de transporte, reduciendo las demandas energéticas; las propiedades estimadas de la nafta se presentan en la **Tabla 2.2.2-87** sin embargo, cabe precisar que estas podrán variar en función de las condiciones del crudo, los procesos y demás involucrados en la producción.

**Tabla 2.2.2-87 Propiedades estimadas de la nafta.**

Propiedad	Valor / Rango
Punto inicial de ebullición	150 – 155 °F
Punto final de ebullición	225 – 270 °F
Azúfre	0,05 – 0,15 %w
Corrosión al cobre	1,0
API	58 – 75°
Gravedad específica	0,72 – 0,747
Presión de vapor	5,87 – 6,7 psia
Tasa de inyección	100 – 1500 Bls/día

Fuente: ECOPETROL S.A., 2023; adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

Cabe precisar que se estima el uso de nafta, sin embargo, podrá utilizarse de manera simultánea la inyección de otros diluyentes con calidades diferentes hasta lograrse la viscosidad y movilidad necesarias; esto debido a que el tipo de diluyente, la tasa de inyección y la relación porcentual del tipo de diluyente dependerá de las propiedades del fluido (GOR y BS&W).

Dentro del proceso de inyección de diluyente será necesaria la disposición de equipos como tanques, medidores, bombas de recibo / inyección, válvulas y demás accesorios que garanticen el proceso de dilución de forma eficiente y segura.

#### ➤ Sistema de tratamiento de agua de producción

El agua resultante de los procesos de deshidratación es enviada a un Sistema de Tratamiento de Aguas de Producción -STAP- desde donde se dispone para diferentes usos en los procesos del campo: producción de hidrógeno verde, inyección para procesos EOR, Disposal, entrega con otros campos y/o bloques, etc. El objetivo de los STAP será reducir la concentración de contaminantes presentes en las aguas (principalmente grasas, aceites, metales pesados y sales minerales).

La calidad de las aguas obtenidas varía de una formación a otra y dependen especialmente de las condiciones del yacimiento; sin embargo, existen algunas particularidades que pueden ser consideradas como estándares en este tipo de aguas, como son:

- Fracciones de crudo emulsionado remanente del proceso de deshidratación.
- Concentraciones elevadas de metales pesados.
- Concentraciones elevadas de sales minerales.
- Temperaturas elevadas.

En virtud de lo anterior, los sistemas de tratamiento tendrán la capacidad de manejo de aguas con este tipo de condiciones; en este sentido, los sistemas estarán compuestos por un separador de placas corrugadas (o separador de placas inclinadas) -CPI-, una unidad de flotación -DAF-, filtros de aserrín, cáscara de nuez o de membrana y tanques de almacenamiento. Como sistemas de tratamiento complementarios, existe la posibilidad de instalar unidades de filtración avanzada o de

ósmosis inversa. Cabe precisar que estos son sistemas estimados y que podrán variar tanto en componentes como en proceso en función de las condiciones de las aguas a tratar.

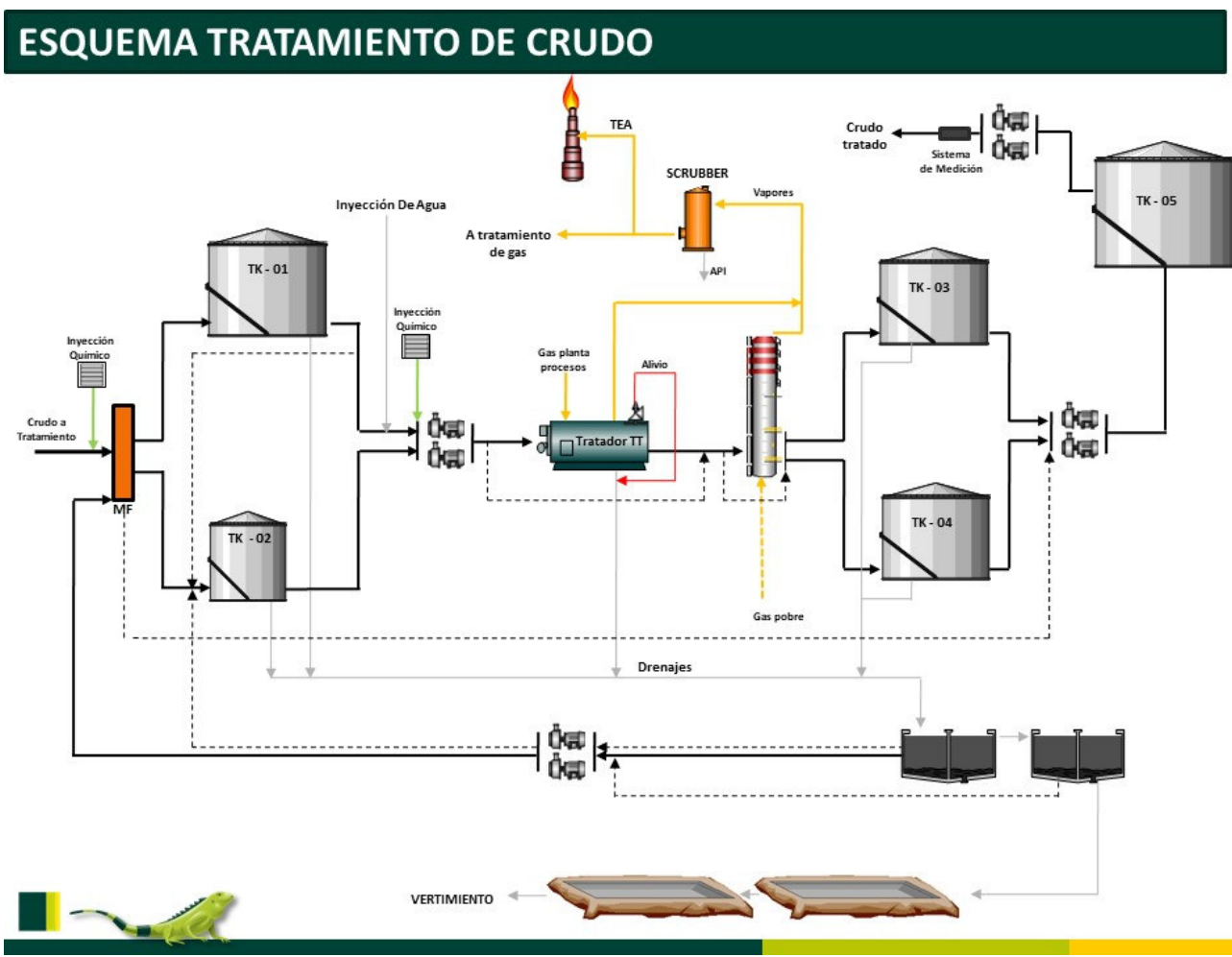
Los alivios líquidos generados en el proceso, como por ejemplo los generados en los calentadores y tratadores electrostáticos y los alivios de los múltiples de recibo serán enviados a los equipos de remoción de agua libre, asegurando que el cabezal de descarga no pueda ser bloqueado.

El aprovechamiento de gas producido estará direccionado a su uso en calderas y/o en generación de energía eléctrica; para este último existen diferentes alternativas como son: calderas y turbinas de vapor, motores reciprocantes (tipo 1 y tipo 2), turbinas a gas, microturbinas, en general, alternativas tecnológicas disponibles al momento de llevar a cabo el aprovechamiento de gas. La mejor alternativa dependerá de las características del gas producido y una vez se conozcan las propiedades de este se establecerán los equipos requeridos los cuales serían instalados en el área dispuesta para el CPF.

A continuación, se presenta de manera esquemática los diferentes procesos a realizar al interior de la facilidad de producción (**Figura 2.2.2-147** a la **Figura 2.2.2-150**), mientras los esquemas correspondientes a procesos de inyección se plasman en la **Figura 2.2.2-151** a la **Figura 2.2.2-153**.



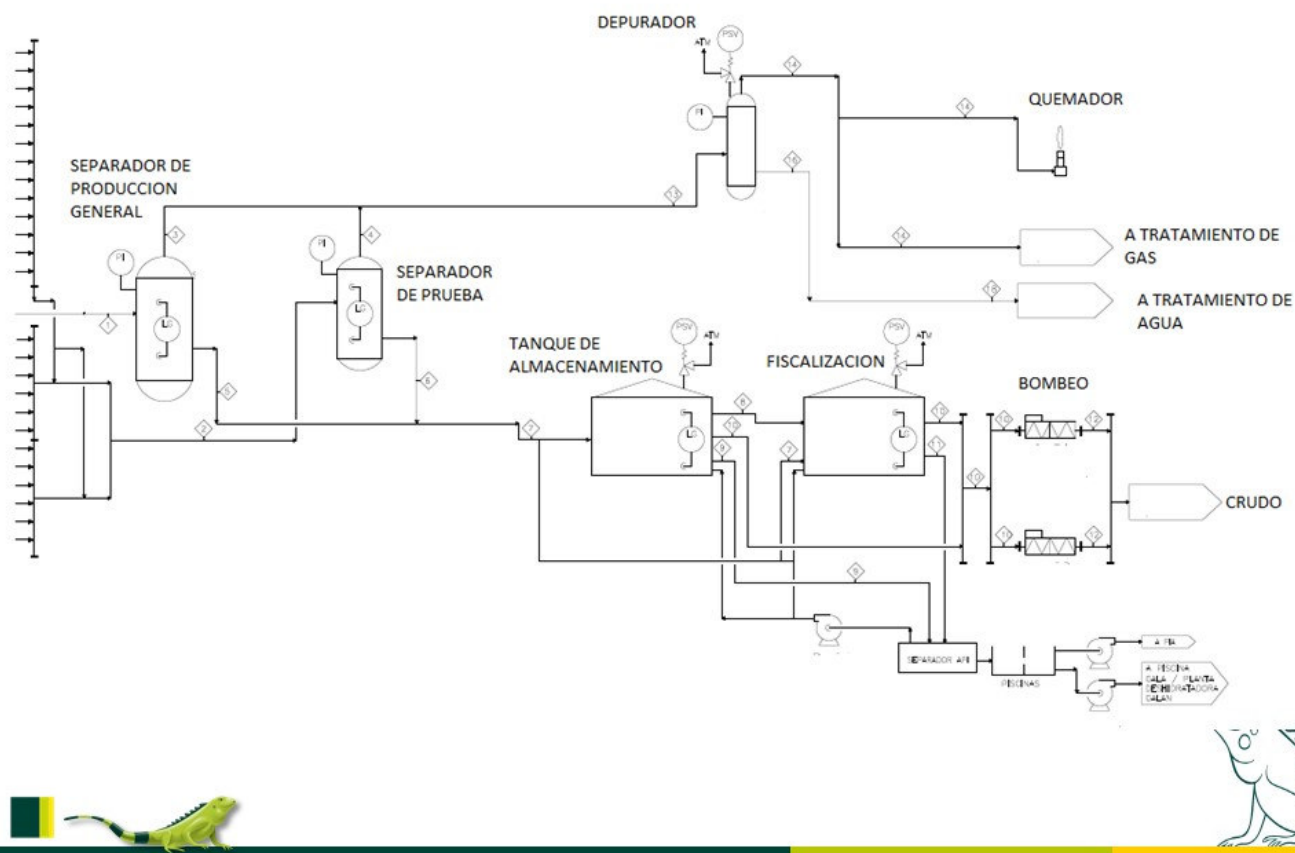
Figura 2.2-147 Esquema tipo asociado al tratamiento de crudo en una Estación o Planta



Fuente: ECOPETROL S.A., 2023; adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

Figura 2.2.2-148 Esquema tipo asociado a la Separación de Crudo y Gas en una Estación

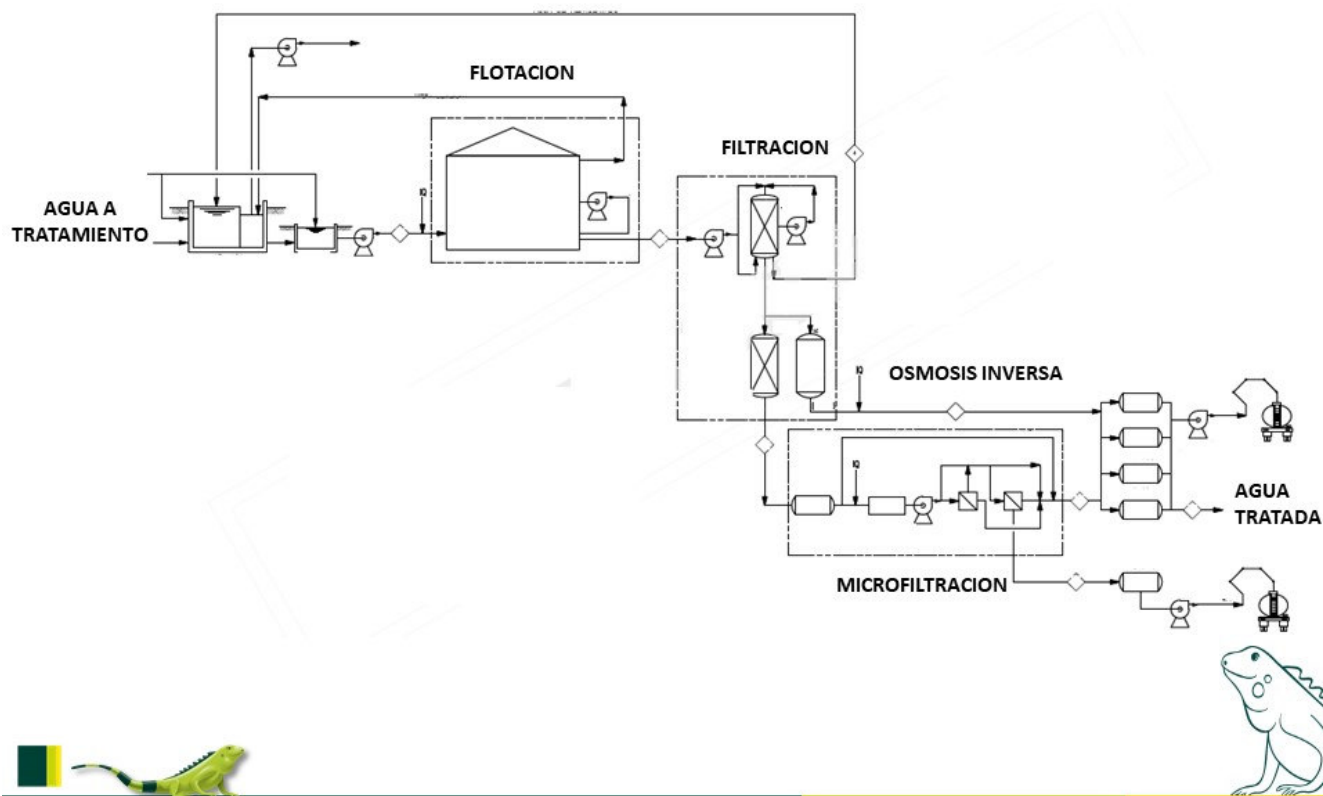
## ESQUEMA DE SEPARACIÓN DE CRUDO/GAS EN ESTACIONES



Fuente: ECOPETROL S.A., 2023; adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

Figura 2.2.2-149 Esquema tipo asociado al tratamiento de Agua para Vertimiento en una Estación o Planta

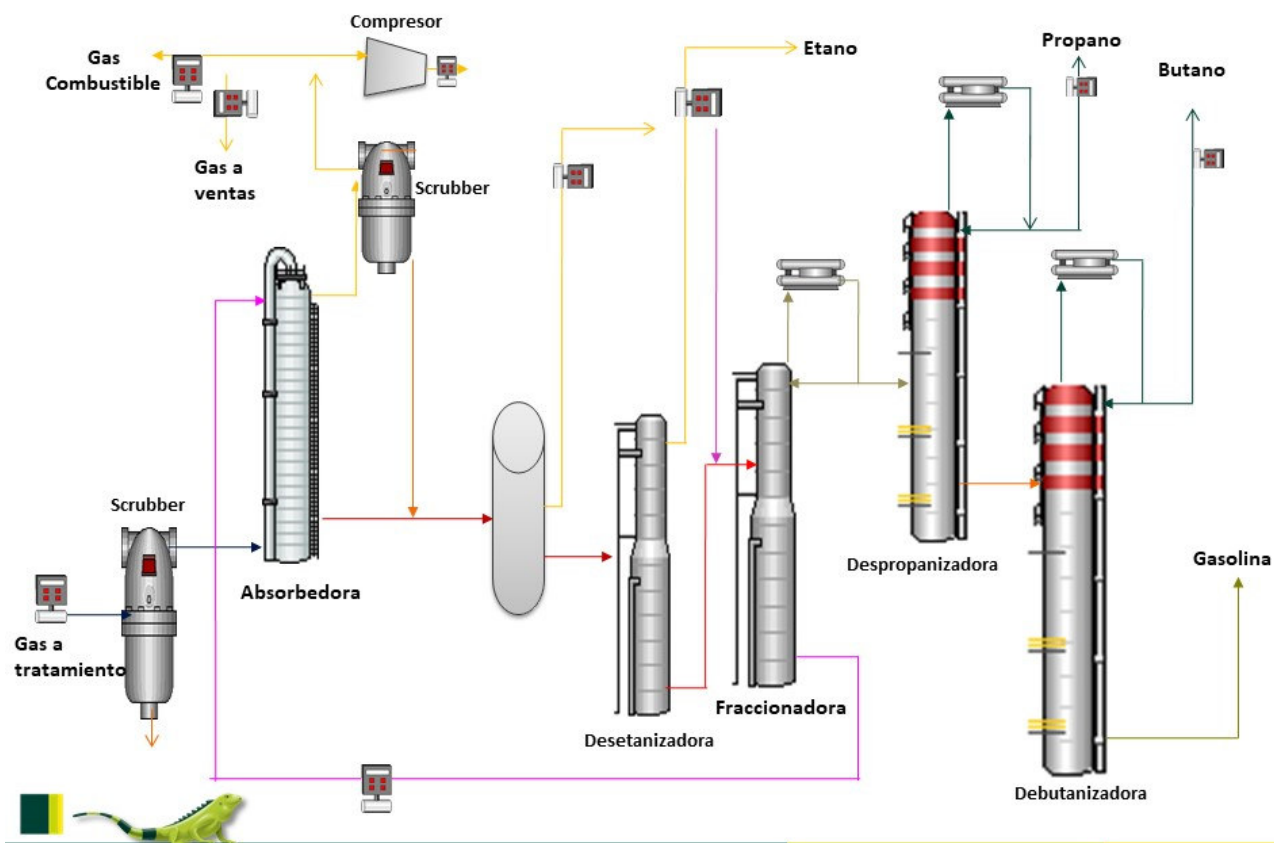
## TRATAMIENTO DE AGUA PARA VERTIMIENTO



Fuente: ECOPETROL S.A., 2023; adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

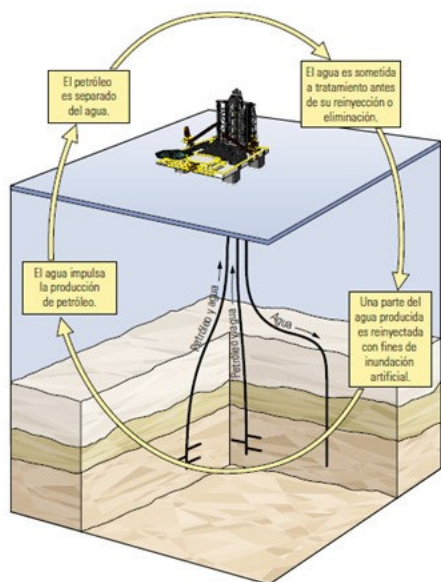
Figura 2.2.2-150 Esquema tipo asociado al tratamiento de Gas en una Estación o Planta

## ESQUEMA DE TRATAMIENTO DE GAS



Fuente: ECO PETROL S.A., 2023; adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

Figura 2.2.2-151 Esquema tipo asociado al tratamiento e Inyección de Agua



Fuente: Bailey, Bill y Crabtree, Mike. Control de Agua.  
 Oilfield Review, 2000

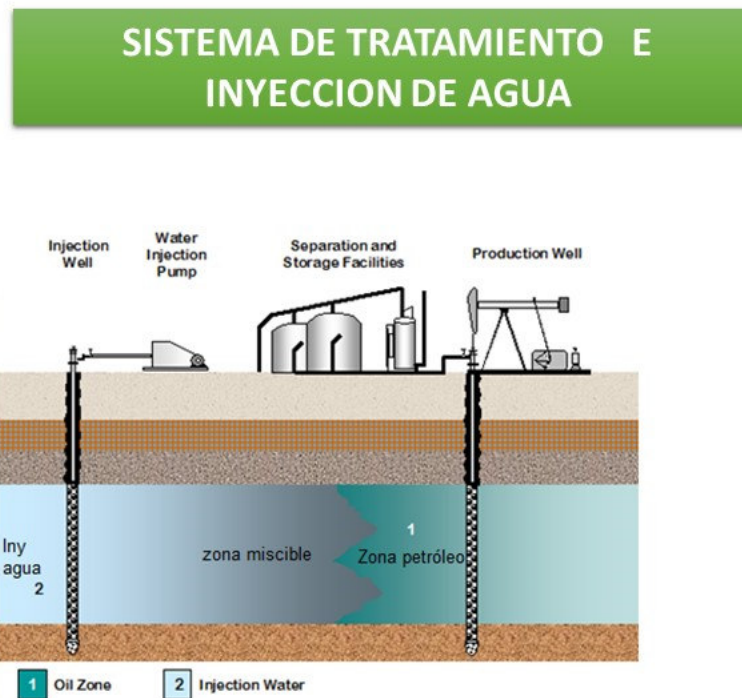
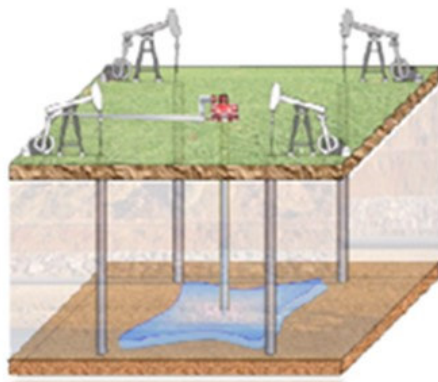


Diagrama de un proceso de inyección de agua

Fuente: ECOPETROL S.A., 2023; adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)



Figura 2.2-152 Esquema tipo asociado al tratamiento e Inyección de Agua

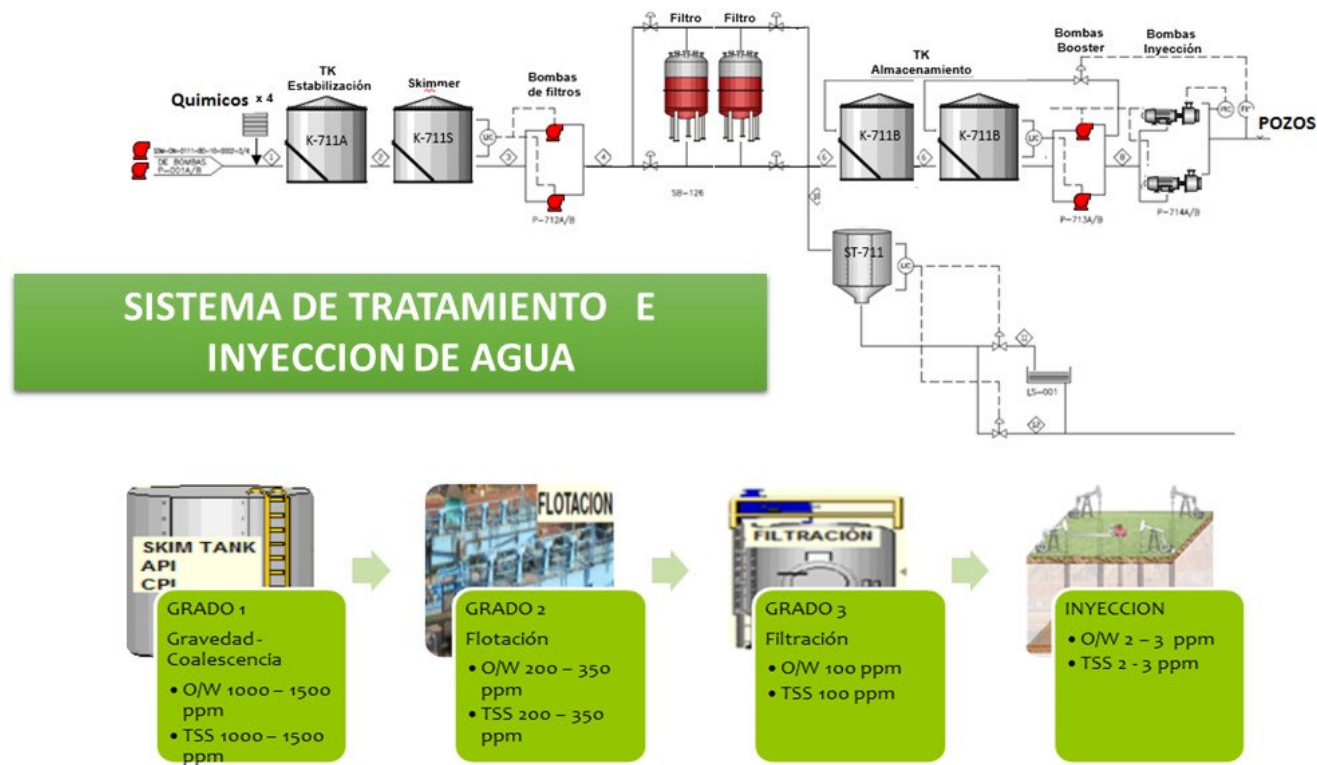


## SISTEMA DE TRATAMIENTO E INYECCION DE AGUA



Fuente: ECOPETROL S.A., 2023; adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

Figura 2.2.2-153 Esquema tipo asociado al tratamiento e Inyección de Agua



Fuente: ECOPETROL S.A., 2023; adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

En términos generales, las Facilidades Centrales de Producción -CPF- reciben la producción de crudo, gas y agua transportada por las troncales, tratada químicamente y diluida con Nafta hasta una gravedad promedio API de 10.5. Estas corrientes llegan al Manifold de entrada compuesto por cabezales que dirigen el fluido multifásico hacia los mezcladores estáticos donde pasan por un proceso de inyección de nafta recuperada y nafta nueva con el fin de que el fluido tenga una gravedad API de 15 a la entrada de cada separador bifásico o trifásico, y luego se dirigen hacia la primera fase de separación, compuesta por separadores trifásicos, desde donde se distribuye el gas, la mezcla de crudo emulsionado y el agua libre separadas hacia los correspondientes sistemas de manejo y tratamiento de cada fluido.

Posteriormente, la mezcla de crudo emulsionado que sale de los separadores trifásicos es dirigida al sistema de dilución y luego es enviada al sistema de separación secundaria configurado por las Botas de gas y Tanques de lavado. A la salida de este proceso el crudo deshidratado es enviado a los tanques de almacenamiento los cuales operan alternativamente (uno en recibo y otro en despacho). Finalmente, el crudo es bombeado a la unidad LACT para su envío a través de un oleoducto para su distribución y comercialización.

De otra parte, la salida del gas de los separados trifásicos es recolectado y aprovechado para uso interno en servicios auxiliares (sistema de blanketing, inyección de gas en equipos de flotación IGF, gas combustible para calentamiento), generación eléctrica o enviado hacia el K.O. drum del sistema de alivios para ser dispuesto en Tea en caso de contingencia.

Los vapores en baja presión provenientes de las botas de gas, tanques de lavado, tanque de producto fuera de especificaciones, y sumidero serán enviados a la unidad de recuperación de vapores (VRU), de donde la Nafta recuperada se recirculará hacia el Manifold y los gases no condensables se recolectarán para su uso interno.

Finalmente, el agua separada de los separadores trifásicos y de los tanques de lavado es direccionada al Sistema de Tratamiento de Agua de Producción (STAP) en el cual se logran condiciones fisicoquímicas aptas para inyección y luego es bombeada hacia la PIA para ser inyectada para recobro secundario o disposición. De igual manera el CPF podrá contar con un sistema de recibo, almacenamiento y bombeo de diluyente (Nafta de diferentes calidades disponibles en el mercado) hacia mezcladores estáticos y las troncales de distribución.

#### **2.2.2.5.1.4 Ubicación de instalaciones (incluir cuantificación de movimientos de tierra, redes de drenaje, áreas de tratamiento y disposición de residuos, zonas de almacenamiento de insumos, sustancias y combustibles y teas).**

Para el manejo de los fluidos producidos se construirá una Facilidades Central de Producción CPF, cuyo diseño tendrá en cuenta todos los procesos y variables que afectan la recolección, separación, tratamiento, almacenamiento, fiscalización y transporte de los fluidos que lleguen de los pozos productores.

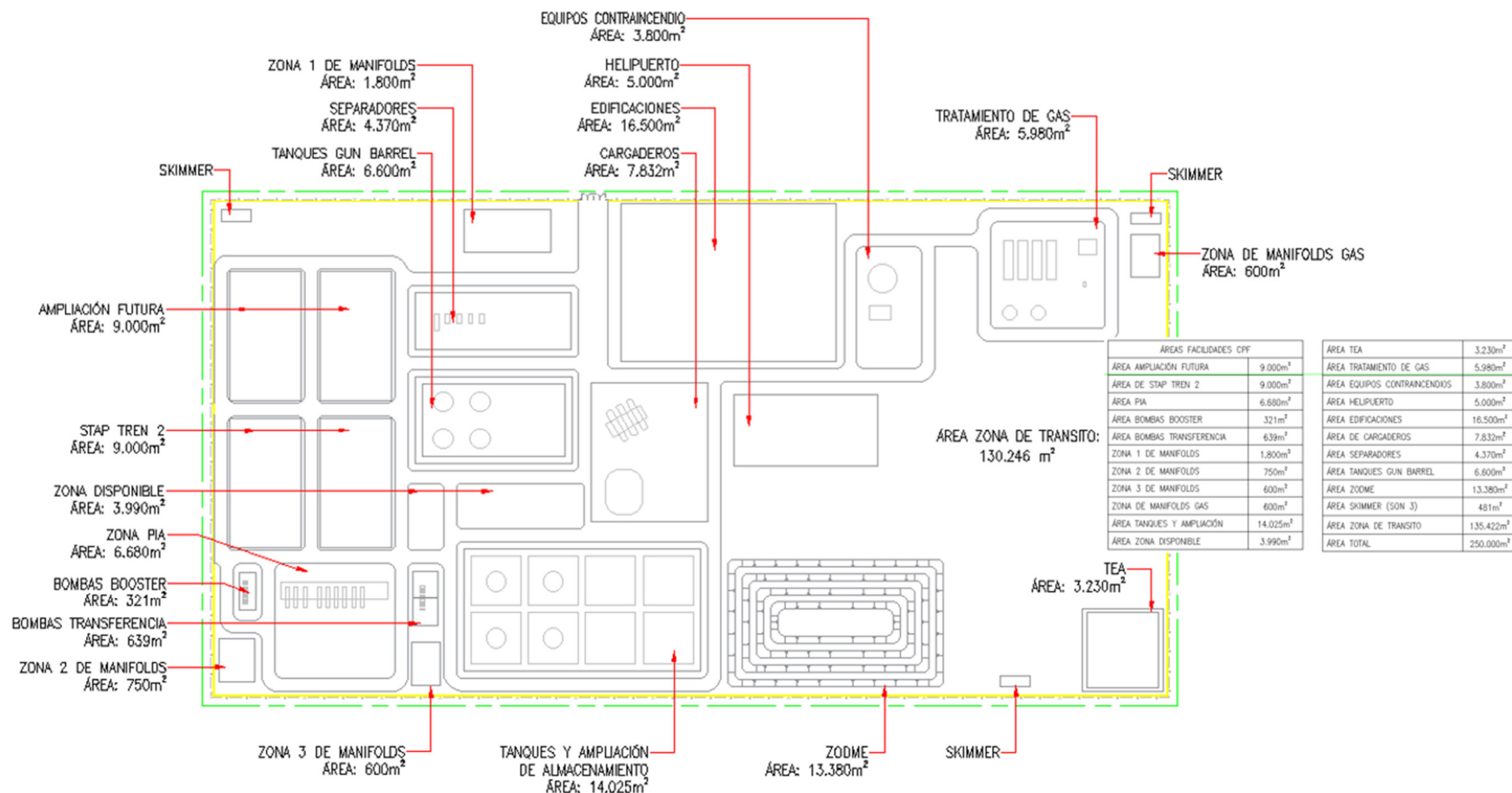
La información de la ubicación exacta se detallará en el Plan de Manejo Ambiental específico que se elabore previamente a la ejecución de las actividades constructivas y operativas; sin embargo, en la **Figura 2.2.2-154** se plasma el plot plan típico para este tipo de infraestructura.

Es de señalar que para el Área de Desarrollo Llanos 141, el CPF contempla un esquema de tratamiento donde el fluido de producción proveniente de los pozos productores ubicados en el área de LLA-141 ingresará al manifold de recolección nuevo con capacidad de 205,000 BFPD, de allí se distribuirá al sistema de separación primario compuesto por cuatro (4) separadores trifásicos con capacidad de 55,000 BFPD operando a una presión de 35 psig, allí se separa en tres (3) corrientes:

- El crudo con BSW del 30% será enviado a cuatro (4) Gun barrel donde por tiempos de residencia de doce (12) horas y efecto de la gravedad se separa el agua presente en el crudo, posteriormente el crudo con bajo contenido de agua será almacenado en cuatro (4) tanques con capacidad de 12,000 bbls, de allí es transferido mediante el sistema de bombeo (booster – principal) con filosofía de operación 3+1 al oleoducto Porvenir con una presión de descarga de 700 a 1,900 psig.
- El agua será a dos (2) trenes de tratamiento de agua con tanques de almacenamiento para posterior transferencia mediante un sistema de bombeo nuevo de agua de inyección (booster - principal) compuesto por nueve (9) bombas booster y principales con filosofía de operación 8+1 y capacidad de 20,000 BHPD y presión de descarga de 3,167 psig.
- Para el manejo del gas se propone: Transferirlo a las comunidades cercanas mediante un sistema de compresión; Utilizarlo para autogeneración; Adicionalmente contar con un sistema de quema (Knout drum – tea) en caso de una contingencia.

En la **Figura 2.2.2-155** y **Figura 2.2.2-156** los probables escenarios producción del CPF

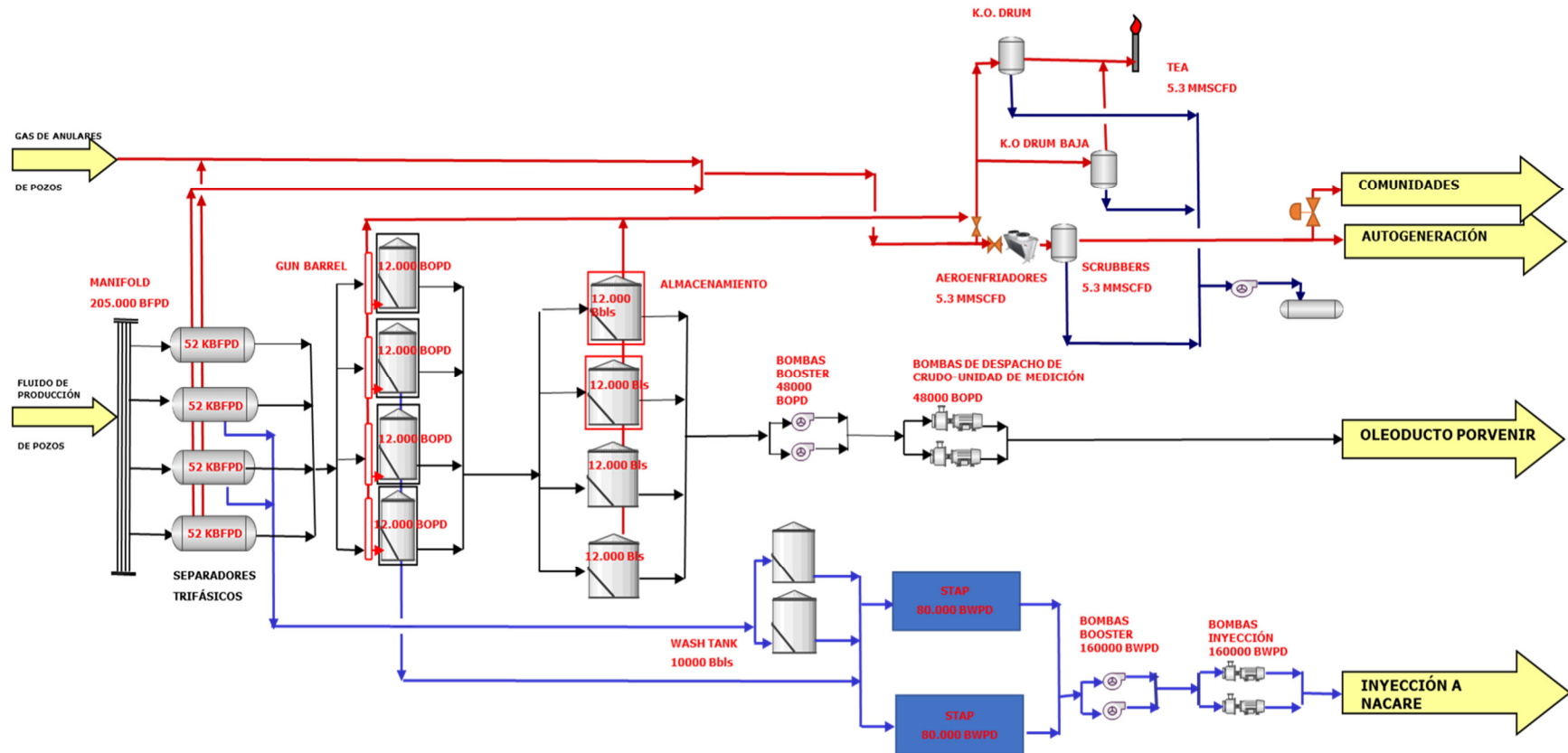
Figura 2.2.2-154 Planta general para Facilidades Centrales de Producción -CPF-



Fuente: Anexo 2. Descripción del proyecto / 5.CIV / ECP-ULL-LLANOS141-IP01-0-CI-PL-001-D1; Adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

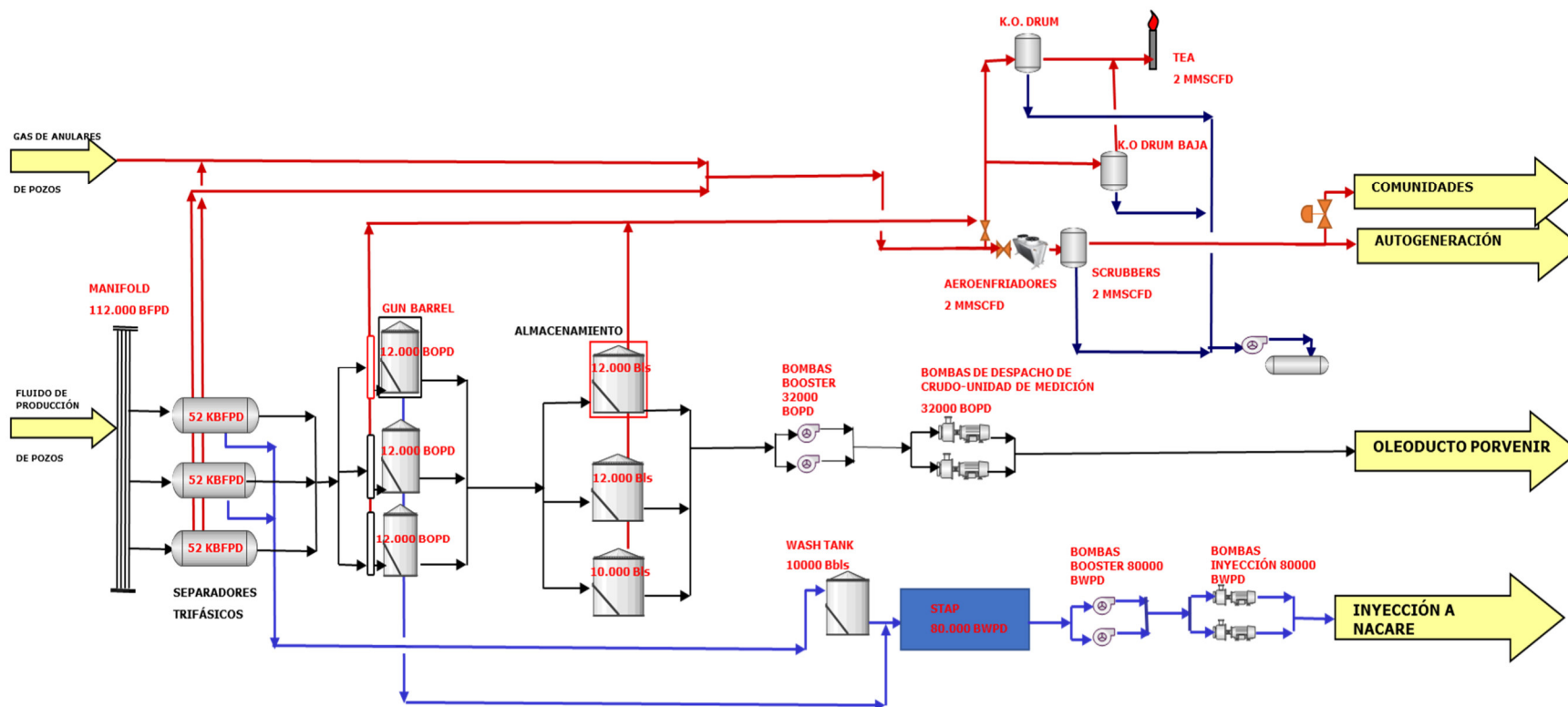


Figura 2.2.2-155 Diagrama de bloques– Escenario de producción 1



Fuente: (ECOPETROL S.A., 2023); Adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

Figura 2.2.2-156 Diagrama de bloques– Escenario de producción 2



Fuente: (ECOPETROL S.A., 2023); Adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

➤ Equipos al interior de la CPF

En la **Tabla 2.2.2-88** se relacionan los equipos mínimos requeridos en el CPF a construir según los escenarios de producción presentados anteriormente.

**Tabla 2.2.2-88 Listado de equipos**

EQUIPOS	ESCENARIO DE PRODUCCIÓN 2		ESCENARIO DE PRODUCCIÓN 2	
	Capacidades	Cantidades	Capacidades	Cantidades
Recolección (BFPD)	112,000	2	112,000	1
Separador trifásico (BFPD)	52,000	4	52,000	3
Gun Barrel (BOPD)	12,000	4	12,000	3
Tanque de Almacenamiento (Barriles)	12,000	4	12,000	3
Stap	80,000	2	80,000	1
Tanques de lavado (Barriles)	10,000	2	10,000	1
Compresor	5,3 MMSCFD @200 psi	1	1,8@ 150 psi	1
Sistema tea	5,3 MMSCFD	1	1,8 MMSCFD	1
BOMBAS BOOSTER Crudo al oleoducto	16,000 BOPD@150 psi Potencia hidráulica: 36.7	3+1	16,000 BOPD@150 psi Potencia hidráulica: 36.7	2+1
Sistema de transferencia de Crudo al oleoducto	16000 BOPD@1750 Potencia hidráulica:428	3+1	16000 BOPD@1750 Potencia hidráulica: 428	2+1
BOMBAS BOOSTER - PIA	20,000 BWPD@150 psi Potencia hidráulica: 51 HHP	8+1	20,000 BWPD@150 psi Potencia hidráulica: 51 HHP	4+1
BOMBAS INYECCIÓN	20,000 BWPD @3,146 psi Potencia hidráulica: 1061 HHP	8+1	20,000 BWPD @3,075 psi Potencia hidráulica: 1037 HHP	4+1

Fuente: (ECOPETROL S.A., 2023); Adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

Mientras En la **Tabla 2.2.2-89** se listan los equipos típicos que se usan principalmente dentro las diferentes facilidades.

**Tabla 2.2.2-89 Listado típico de los principales equipos empleados en una facilidad**

Tipo de infraestructura	Equipo	Tipo de infraestructura	Equipo
Planta de inyección de agua (pia)	Bombas	Estación de recolección	Separador
	Tratadores termoelctroestáticos		Compresor de gas
	Separadores api		Compresor de aire
	Manifold		Torre abastecedora
	Compresor		Rehervidor
	Subestación eléctrica		Caldera
	Filtros		Trampa api
	Tanques		Bombas
	Ko- drom de tea		Filtros
	Scrubber de gas		Subestación eléctrica
	Intercambiadores		Tanques
	Pulmón de aire		Medidores de flujo másico
	Decantadores		Generadores

Tipo de infraestructura	Equipo	Tipo de infraestructura	Equipo
Planta	Unidad de respuesta a derrame		Tea
	Dispensador de ventas		Trampa de raspadores
	Tanques		Pulmón de aire
	Unidad dew point		Manifold
	Calentador indirecto		Sistema contraincendios
	Urg		Hornos
	Separadores api		Slug catcher
	Compresor de gas		Motores
	Compresor de aire		Serpentinas
	Scrubber de gas		
	Manifold		
	Generador eléctrico-diésel		
	Subestación eléctrica		
	Tea		
	Bombas		

Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

### ➤ Movimientos de tierra

Para la construcción de las facilidades centrales de producción – CPF- se espera un movimiento de tierras tal como se observa en la Tabla 2.2.2 51. Donde se estima para el cálculo del descapote un espesor promedio de 0,20m y para la excavación un espesor promedio de 1,50m; así mismo se plantea, que el material producto de la excavación de las zonas de corte, se conformará el terraplén para las facilidades, por lo cual se contempla reutilizar el 60% del volumen excavado y que hasta un 40% del material de corte será dispuesto en los ZODME autorizados.

**Tabla 2.2.2-90 Volumen estimado de movimiento de tierras para la construcción de facilidades Centrales de Producción (CPF)**

Tipo de actividad	Área total (ha)	Área total (ha)	Área total a solicitar para esta estrategia (m2)	Espesor Descapote (m)	Espesor promedio excavación (m)	Espesor afirmado y relleno (m)	Volumen Descapote (m3)	Volumen Excavación (m3) (*)	Volumen Afirmado y relleno (m3)
Construcción y operación de Facilidades Centrales de Producción - CPF-	1 polígonos de hasta 25 ha	25	250000,00	0,20	1,50	2,00	50000,00	375000,00	500000,00
Nota general: Las cantidades presentadas son estimadas y se ajustarán en función de los diseños presentados en los PMAE con base en las especificaciones técnicas que apliquen									
Nota (*): Se estima que del volumen total de excavación se contempla reutilizar hasta el 60% del material y hasta un 40% del mismo podrá ser dispuesto en las ZODME autorizadas									

En el caso en el cual el material obtenido del corte no sea suficiente para cubrir las necesidades del terraplén, el material puede ser adquirido de fuentes de materiales o canteras que cuenten con el título minero y licencia ambiental vigente, en los cuales autorice la explotación y comercialización de los materiales necesarios. Las fuentes de material propuestas para el proyecto se pueden apreciar en el Capítulo 4, sin embargo, en el momento de la construcción, el proyecto deberá generar una actualización de las canteras legalmente autorizadas y que cuenten con el material necesario. En el

informe de cumplimiento legal ambiental se deberán adjuntar los documentos que acrediten los respectivos permisos de las canteras y los volúmenes utilizados.

➤ **Métodos constructivos e instalaciones de apoyo**

En lo referente al proceso constructivo asociado a la construcción de infraestructura de Facilidades Centrales de Producción -CPF- contempla la ejecución de las actividades contempladas en la **Tabla 2.2.2-91**, cuya descripción es similar a la descrita para la Estrategia de Desarrollo 2.2.2.1.1.3 Construcción de Locaciones (ED3), en el literal Métodos constructivos.

**Tabla 2.2.2-91 Actividades a ejecutar**

ETAPA	SUBETAPA	ACTIVIDAD	ID
CONSTRUCTIVA (OBRAS CIVILES NECESARIAS)	ADECUACIÓN Y/O CONSTRUCCIÓN DE INFRAESTRUCTURA BÁSICA, APOYO, FACILIDADES DE PRODUCCIÓN Y ELÉCTRICA	Localización y replanteo	A3
		Desmonte, descapote, rocería y limpieza	A4
		Cuneteo, extendido, nivelación y compactación	A5
		Movimiento de tierras (excavación, cortes y rellenos)	A6
		Construcción de obras para cruces de drenajes (ocupaciones de cauce)	A7
		Obras para manejo de drenajes, aguas superficiales y aguas aceitosas	A8
		Construcción de estructuras en concreto	A9
		Estabilización y revegetalización de Taludes	A10
		Suministro e instalación de estructuras metálicas	A11
		Operación de maquinaria y equipos	A12

Fuente: (ECOPETROL S.A., 2023)

Es de señalar que se tienen otra serie de actividades que, si bien no son parte del proceso constructivo, son complementarias a este proceso, en este sentido se contemplan actividades preoperativas, desmantelamiento y abandono, y finalmente actividades transversales, así las cosas, y en aras de no ser repetitivos en la información presentada las mismas se consignan y se encuentran descritas de manera general en la Tabla 2.2.2 2.

Finalmente, a continuación, se describen las actividades diferenciales o particulares para la Estrategia de desarrollo “Construcción y operación de las Facilidades Centrales de Producción – CPF –”

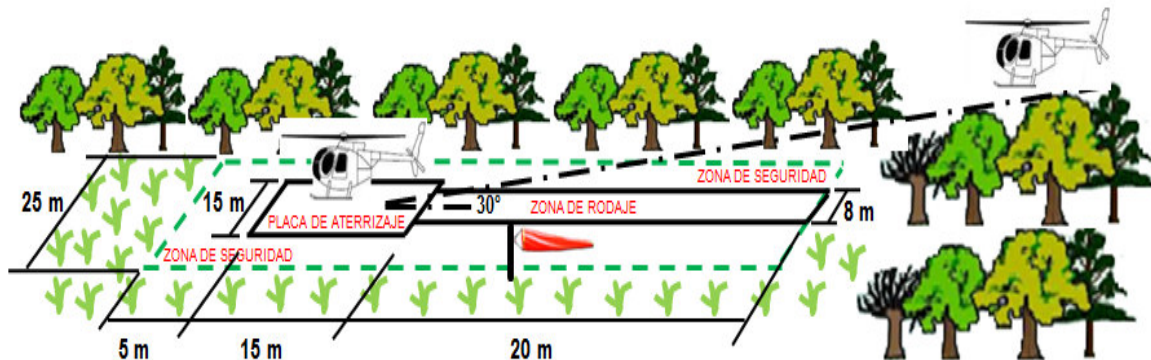
- **Construcción de helipuertos**

Dentro de las Facilidades Centrales de Producción -CPF- es indispensable dejar un área destinada para el aterrizaje de los helicópteros, no solo para el transporte de personal de ECOPETROL S.A., sino para una eventual emergencia como medio de evacuación. Generalmente corresponde a un terraplén a nivel circundante a este, en cuya corona se construirá una placa de concreto reforzado y/o una placa de suelo estabilizado con cemento y/o una placa de afirmado y/o instalación placas prefabricadas que cumplan con el diseño requerido de Helipuertos según normativa vigente, donde se tendrá las zonas de seguridad, placa de aterrizaje y corredor de aterrizaje; además se tendrá en cuenta la dirección de los vientos para definir la posición de la misma. Las especificaciones y diseños se establecerán en los Planes de Manejo Ambiental Específicos asociados a la construcción de locaciones y perforación de pozos. Podrá contar con la adopción de diferentes alternativas en cuanto a los materiales de acabado: concreto, suelos estabilizados, paneles de láminas portables o cualquier otro material que cumpla las especificaciones de diseño. Además, se tendrá en cuenta la



dirección de los vientos para definir la posición de esta. Las especificaciones y diseños definitivos se establecerán en los Planes de Manejo Ambiental Específicos asociados a la construcción de locaciones y perforación de pozos (Figura 2.2.2-157).

Figura 2.2.2-157 Distribución típica de la zona de aterrizaje



Fuente: FAA-150/5390-2 – OACI – COOPER GROUSE HINDS IH-10/1; adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

Si el área de facilidades de producción no se encuentra anexa a otra área de interés en ninguna de las locaciones proyectadas, se dispondrá de un área dentro de las locaciones para la construcción del Helipunto, que facilite la movilización del personal desde y hasta las diferentes áreas de interés.

Las dimensiones y otros datos afines de los Helipuertos son definidos en los Reglamentos Aeronáuticos de Colombia por la Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil – UAEAC. En relación con cada una de las instalaciones que se proporcionen en un Helipunto se tendrá en cuenta<sup>2</sup>:

- **Tipo de helipuerto (superficie)**

El explotador del Helipunto medirá o describirá, según corresponda, en relación con cada una de las instalaciones que se proporcionen en un Helipunto, los siguientes datos:

- **Tipo de Helipuerto — de superficie, elevado o heliplataforma**

- Área de toma de contacto y de elevación inicial – dimensiones redondeadas al metro o pie más próximo, pendiente, tipo de la superficie, resistencia del pavimento en toneladas (1.000 Kg),
- Área de aproximación final y de despegue –FATO (Final Approach and Take-Off área), marcación verdadera redondeada a centésimas de grado, número de designación (cuando corresponda), longitud, anchura redondeada al metro o pie más próximo, pendiente, tipo de la superficie,
- Área de seguridad – longitud, anchura y tipo de la superficie,
- Calle de rodaje en tierra para helicópteros y ruta de desplazamiento aéreo – designación, anchura, tipo de la superficie,
- Plataformas – tipo de la superficie, puestos de estacionamiento de helicópteros,
- Zona libre de obstáculos – longitud, perfil del terreno,
- Ayudas visuales para procedimientos de aproximación; señales, FATO (Final Approach and Take-Off área) y TLOF (Touchdown and Lift-Off área),

<sup>2</sup> Unidad Administrativa Especial de Aeronáutica Civil – Oficina de Transporte Aéreo – Grupo de Normas Aeronáuticas, Reglamentos Aeronáuticos de Colombia página 174 numeral 14.4.2.4.1.

- Distancias redondeadas al metro o pie más próximo, con relación a los extremos de las TLOF o FATO correspondientes, de los elementos del localizador y la trayectoria de planeo que integran el sistema de aterrizaje por instrumentos (ILS).

Las especificaciones siguientes se refieren a los Helipuntos terrestres de superficie donde la FATO (Final Approach and Take-Off área) puede estar en tierra, son entre otras:

- En Helipuertos previstos para helicópteros de clase de performance 1, según lo prescrito en el Manual de Vuelo de Helicópteros, salvo que, a falta de especificaciones respecto a la anchura ésta no será inferior a 1.5 veces la longitud/anchura total del helicóptero más largo/más ancho para el cual esté previsto el Helipuerto.
- En Helipuertos previstos para helicópteros de clases de performance 2 y 3, de amplitud y forma tales que comprendan una superficie dentro de la cual pueda trazarse un círculo de diámetro no inferior a 1 veces la longitud/ anchura total del helicóptero más largo/más ancho (sea cual fuere la mayor dimensión) para el cual esté previsto el Helipuerto.

La pendiente total en cualquier dirección de la superficie de la FATO no excederá del 3%, la superficie de la FATO será resistente a los efectos de la corriente descendente del rotor, estará libre de irregularidades que puedan afectar adversamente el despegue o el aterrizaje de los helicópteros, tendrá resistencia suficiente para permitir el despegue interrumpido de helicópteros de clase de performance 1.

El área de seguridad que circunde una FATO, prevista para ser utilizada en condiciones meteorológicas de vuelo visual (VMC), se extenderá hacia afuera de la periferia de la FATO hasta una distancia de por lo menos 3.0 metros o 0.25 veces la longitud/anchura total (sea cual fuere la mayor dimensión) del helicóptero más largo/más ancho para el cual esté prevista el área.

El área de seguridad que circunde una FATO prevista para operaciones de helicópteros en condiciones meteorológicas de vuelo por instrumentos (IMC), se extenderá:

- Lateralmente hasta una distancia de por lo menos 45 m a cada lado del eje Y.
- Longitudinalmente hasta una distancia de por lo menos 60 m más allá de los extremos de la FATO.

Las calles de rodaje en tierra para helicópteros están previstas para permitir el rodaje en superficie de los helicópteros por su propia fuerza motriz. Las especificaciones relativas a las calles de rodaje, márgenes de calles de rodaje y fajas de calle de rodaje que se aplican igualmente a los helicópteros. La anchura de las calles de rodaje en tierra para helicópteros (si el caso lo requiere) no será inferior a los siguientes valores (**Tabla 2.2.2-92**).

**Tabla 2.2.2-92 Anchura de las calles de rodaje en tierra para helicópteros (si el caso lo requiere)**

ENVERGADURA DEL TREN PRINCIPAL DEL HELICÓPTERO	ANCHURA DE CALLE DE RODAJE EN TIERRA PARA HELICÓPTEROS
Hasta 4.5 m - exclusive	7.5 m
De 4.5 m a 6 m - exclusive	10.5 m
De 6 m a 10 m - exclusive	15.0 m
De 10 m y más	20.0 m

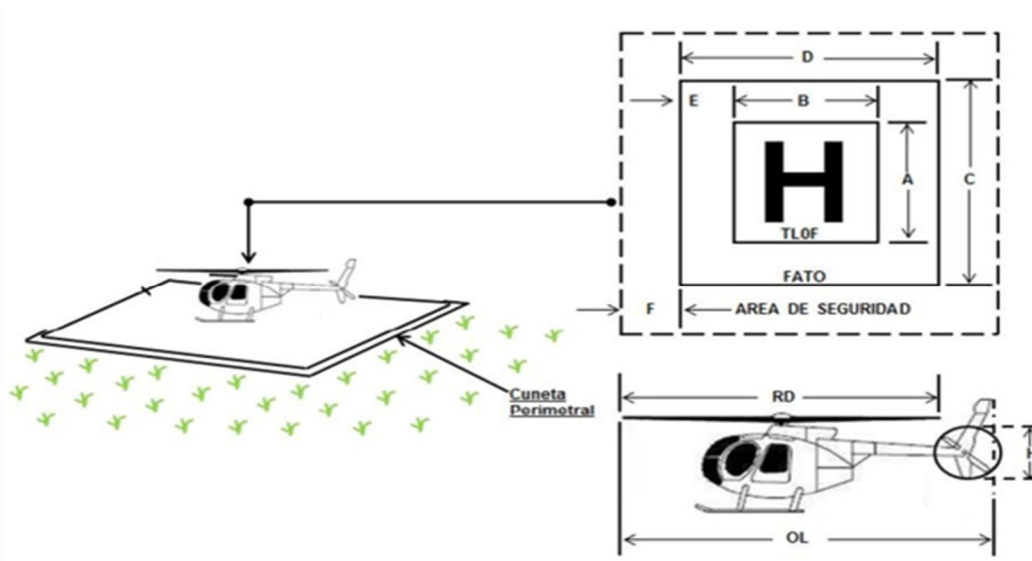
Fuente: FAA-150/5390-2 – OACI – COOPER GROUSE HINDS IH-10/1; adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

Las instalaciones mínimas de un Helipuerto deben incluir los siguientes aspectos:

- Un área de toma de contacto y de elevación inicial denominada como TLOF (Touchdown and Lift-Off área).
- Un área de aproximación final y de despegue denominada FATO (Final Approach and Take-Off área).
- Un área perimetral.
- Una o más trayectorias de aproximación y despegue.
- Un cono de viento

Las dimensiones básicas recomendadas por la FAA 150/5390-2 para el diseño de un Helipuerto se representan en la **Figura 2.2.2-158**.

**Figura 2.2.2-158 Distribución típica de la zona de aterrizaje**



Donde:

A: Ancho Mínimo de la TLOF –  $1.0 RD$ . B: Longitud mínima de la TLOF –  $1.0 RD$ . C: Ancho mínimo de la FATO –  $1.5 OL$ . D: Longitud mínima de la FATO –  $1.5 OL$ . (Ver párrafo 202b (2) para ajustes en elevación arriba de los 300m – FAA 150/5390-2).

E: Separación mínima entre el perímetro de la TLOF y el FATO –  $(0.5 (1.5 OL - 1.0 RD))$ .

F: Ancho del área de seguridad mínima – (Ver tabla 2-1 de la FAA 150/5390-2). RD: Diámetro del Rotor del Helicóptero de Diseño.

OL: Longitud del Helicóptero de Diseño.

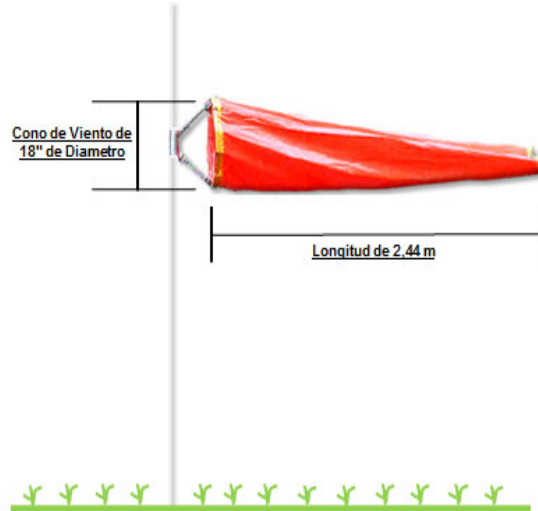
Fuente: FAA-150/5390-2 – OACI – COOPER GROUSE HINDS IH-10/1; adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

Las condiciones ambientales e incluida la ubicación (en campo), influyen en la definición de las ayudas visuales necesarias para una segura operación del Helipuerto. A mayor y mejor visibilidad y ayuda visual habrá más posibilidad de que el Helicóptero aterrice o despegue del Helipuerto.

#### ○ Indicador de viento (Cono de Viento)

El cono de viento (**Figura 2.2.2-159**) debe se instala para proporcionar el piloto la dirección del viento e información de su velocidad en el Helipunto.

Figura 2.2.2-159 Distribución típica de la zona de aterrizaje



Fuente: FAA-150/5390-2 – OACI – COOPER GROUSE HINDS IH-10/1; adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

Para una buena ubicación del cono de viento se recomienda:

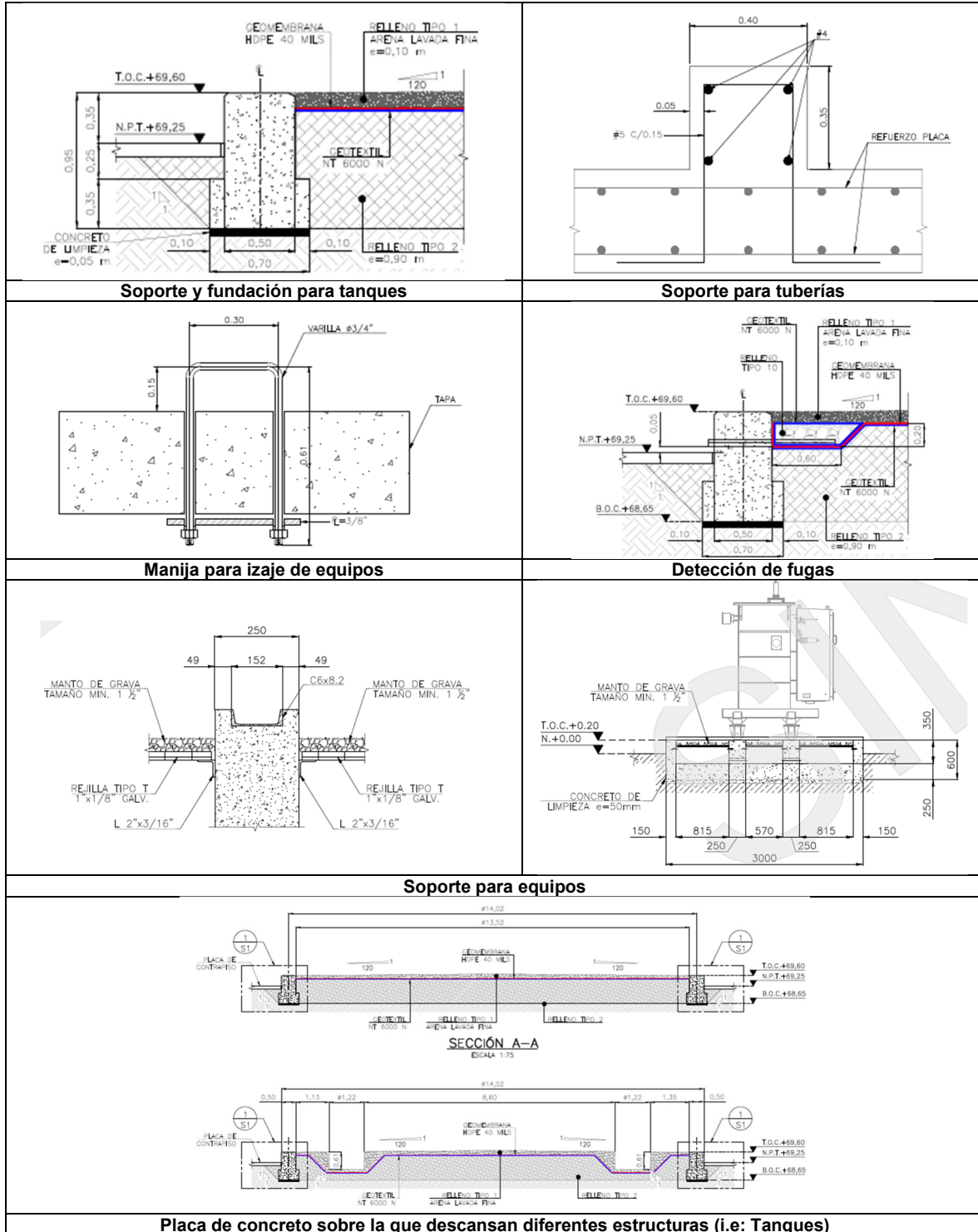
- El cono de viento debe ser localizado de tal manera que sea claramente visible para el piloto sobre la trayectoria de aproximación cuando el Helicóptero está a una distancia de 150 m de la TLOF.
- El piloto debe también ver el Cono de Viento desde la TLOF.
- Para impedir que se presente como una obstrucción peligrosa, el Cono de Viento debe localizarse fuera del área de seguridad y no debe penetrar la trayectoria de aproximación o las superficies de transición.
- En muchos sitios de aterrizaje, puede no existir una zona ideal para colocar el Cono de Viento. En consecuencia, se puede requerir más de un Cono de Viento para proporcionar al piloto toda la información del viento necesaria para asegurar sus operaciones. Para operaciones nocturnas, el Cono de Viento debe ser iluminado externa e internamente para asegurar que es claramente visible.

#### ➤ Otras actividades

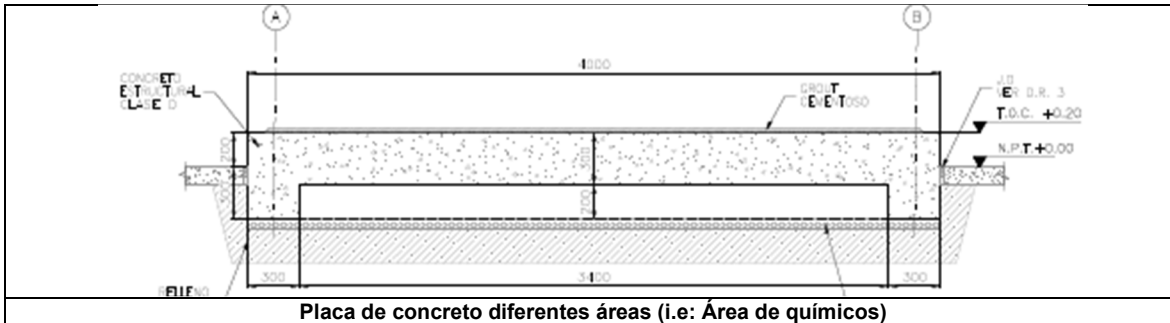
- **Instalación y conexión de equipos necesarios en las facilidades de producción e inyección**

Para la instalación de los equipos al interior de las diferentes plantas de tratamiento e inyección, es necesaria la conformación de estructuras de soporte ya sea en concreto o metálicas las cuales podrán ser tanto superficiales como enterradas (**Figura 2.2.2-160**), adicionalmente se deberán construir estructuras de contención (i.e: diques en concreto) con el propósito de servir de barrera para evitar la dispersión de fluidos durante una contingencia o como pantallas contra incendios. En lo referente a la conexión mecánica de los equipos, la misma se realizará acorde a lo consignado en las especificaciones técnicas ECP-ET-015 Tubería Transporte Hidrocarburos (ASME B31.4), ECP-VST-ET-014 Tubería de Proceso (ASME B31.3) y VTE-5223087-16006-IB-MET-ET-001-0 - INYECCIÓN DE AGUA.

Figura 2.2.2-160 Ejemplo de diferentes sistemas fundaciones y soportes para equipos y estructuras







Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

Como se señalaba al comienzo del ítem Métodos constructivos, se tienen otra serie de actividades que si bien no son parte del proceso constructivo, son complementarias a este proceso, en este sentido se contemplan actividades preoperativas, desmantelamiento y abandono, y finalmente actividades transversales la relación de este compendio de actividades se listan en la **Tabla 2.2.2-93** mientras la descripción de las mismas y en aras de no ser repetitivos en la información presentada se encuentran descritas de manera general en la **Tabla 2.2.2-2**.

**Tabla 2.2.2-93 Actividades preoperativas; desmantelamiento, abandono y restauración; y actividades trasversales**

ETAPA	SUBETAPA	ESTRATEGIAS DE DESARROLLO ASOCIADAS	ACTIVIDAD (***)	ID
PRE-OPERATIVA (**)		Aplica para la ejecución de todas las estrategias que involucren la construcción, adecuación y/o mantenimiento de infraestructura	Gestión social y participación comunitaria e institucional	A1
			Adquisición de predios y derechos de servidumbre	A2
DESMANTELAMIENTO, ABANDONO Y RESTAURACIÓN (**)		Aplica para la ejecución de todas las estrategias de desarrollo	Desmantelamiento de instalaciones, retiro de infraestructura, equipos y salida del área	A42
			Cierre de piscinas y abandono de áreas para manejo de lodos y cortes de perforación	A43
			Cierre y abandono del pozo y contrapozo	A44
			Desmante y demolición de infraestructura	A45
			Limpieza de áreas	A46
			Reconformación del terreno, empedrado y/o revegetalización	A47
			Cierre de compromisos sociales y ambientales	A48
			Transporte del material, equipo, maquinaria, insumos y personal	A49
ACTIVIDADES TRANSVERSALES (**)		Aplica para la ejecución de todas las estrategias de desarrollo	Manejo de Productos químicos y combustibles	A50
			Contratación de mano de obra, bienes y servicios	A51
			Instalación y operación de campamentos temporales	A52
			Generación de energía temporal y uso de combustibles	A53
			Captación, transporte, almacenamiento y distribución de agua superficial y/o subterránea para uso doméstico e industrial	A54
			Manejo, tratamiento y disposición final de agua residual doméstica e industrial	A55
			Manejo y disposición de residuos sólidos domésticos, industriales y especiales	A56
			Transporte helicoptado	A57
			Reubicación de infraestructura de servicios públicos	A58
			Nota (**): Las etapas: preoperativa; desmantelamiento, abandono y restauración; y transversal no hacen parte de estrategias específicas, pero se deben considerar ya que agrupan actividades que son necesarias y complementarias de ejecución para el desarrollo de las diferentes estrategias a desarrollar dentro del presente EIA	
Nota (***): Para cada una de las etapas y estrategias asociadas se listan las actividades generales a ejecutar, pero es de señalar que no necesariamente para cada una de las estrategias asociadas se deben realizar la totalidad de las actividades listadas.				

Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

### 2.2.2.5.1.5 Estimativos de maquinaria, equipos y mano de obra

La maquinaria y equipo utilizado está representada por aquella destinada al movimiento de tierras representados en excavación y conformación de rellenos (i.e: buldócer, retroexcavadora, motoniveladora, vibro compactador, volqueta), transporte de maquinaria, materiales, equipos (i.e: camión tipo tanque, montacargas, buseta y/o vans, camionetas doble cabina entre otros); El listado de equipos estimados para la construcción de una Facilidad Central de producción -CPF- se consignan en la en la **Tabla 2.2.2-94**.

**Tabla 2.2.2-94 Estimativo de maquinaria y equipos requerido para las obras civiles a realizar en las Facilidades Centrales de Producción -CPF-**

Maquinaria	Cantidad
Retroexcavadoras.	2
Compactadores y Vibro compactadoras.	1
Compactadores manuales (Apisonador o canguro, placa vibradora o rana). *	2
Volqueta	2
Bus o buseta	1
Camioneta doble cabina	1
Carrotanque	1
Mezcladora (Trompo)	1
Motobombas 6"	1
Motobombas 4"	1
Herramientas menores	-

*Nota: Estas cantidades son estimadas y podrán variar de conformidad con los requerimientos del proyecto y de las actividades a desarrollar.*

*Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)*

En cuanto a la ejecución de las actividades de obra civil para la construcción de Centrales de Facilidades de producción -CPF-, es necesario contar con una cantidad estimada de ciento noventa (190) personas distribuidas entre mano de obra formada (profesional) y no formada (no profesional); En la **Tabla 2.2.2-95** se relaciona el personal estimado para la etapa de construcción, en la **Tabla 2.2.2-96** el Personal requerido para la instalación y en la **Tabla 2.2.2-97** el Personal requerido para la operación de una Facilidad Central de Producción – CPF-. Dichas cantidades podrá variar según el proyecto a ejecutar, por imprevistos en el desarrollo de las obras o variación de las condiciones del entorno del proyecto.

**Tabla 2.2.2-95 Personal estimado para las obras civiles a realizar en las Facilidades Centrales de Producción -CPF-**

Actividad	Cargo	Cantidad	Mano de obra
Administración	Director general	1	Profesional
	Administrador	1	Profesional
	Almacenista	1	No profesional
	Auxiliares	1	No profesional
Replanteo y control topográfico	Topógrafo	1	Profesional
	Cadenero	2	No profesional
	Estaquero o ayudante	2	No profesional
Construcción de obras civiles	Ingenieros	2	Profesional
	Inspector (civil y mecánico)	2	Profesional
	Maestro de obra	7	Profesional
	Oficiales	20	Profesional
Movimiento de tierras y compactación	Obreros	60	No profesional
	Inspector (movimiento de tierras)	1	Profesional
	Mecánico	1	Profesional
	Operador buldózer	1	Profesional
	Operador retroexcavadora	2	Profesional

Actividad	Cargo	Cantidad	Mano de obra
Movimiento de tierras y compactación	Operador motoniveladora	1	Profesional
	Operador compactador	2	Profesional
	Operador cargador	1	Profesional
Movilización y acarreo	Conductor volquetas	3	Profesional
	Conductor carro-tanques	1	Profesional
	Conductor camionetas	2	Profesional
<b>Total</b>		<b>115</b>	

Nota: El personal indicado es estimado, el número dependerá de los requerimientos propios del proyecto y de la actividad específica que se lleve a cabo. Por tal razón, el personal podrá variar según lo presentado.

Fuente: Autor (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

**Tabla 2.2.2-96 Personal requerido para la instalación de una Facilidad Central de Producción – CPF-**

Actividad	Cargo	Cantidad	Mano de obra
<b>Gerencia</b>	Director de obra	2	Profesional
<b>Obras mecánicas</b>	Ingeniero mecánico	2	Profesional
	Soldadores	10	No Profesional
	Técnicos Sand Blasting y Prefabricación	10	No Profesional
	Supervisores	4	Profesional
	Oficiales	9	No Profesional
	Obreros	12	No Profesional
	Tuberos	5	No Profesional
	Supervisores	2	Profesional
	Oficiales	3	No Profesional
	Obreros	12	No Profesional
<b>Obras eléctricas</b>	Ingenieros eléctricos	2	Profesional
	Técnicos Electricistas	10	No Profesional
	Supervisores	2	Profesional
	Oficiales	3	No Profesional
	Obreros	12	No Profesional
<b>Obras instrumentación</b>	Ingeniero electrónico instrumentista	1	Profesional
	Técnicos en Calibración	2	No Profesional
	Supervisores	1	Profesional
	Oficiales	2	No Profesional
	Obreros	8	No Profesional
<b>Seguridad física</b>	Vigilantes	6	No profesional
<b>Total</b>		<b>120</b>	

Nota: El personal indicado es estimado, el número dependerá de los requerimientos propios del proyecto y de la actividad específica que se lleve a cabo. Por tal razón, el personal podrá variar según lo presentado.

Fuente: Autor (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

**Tabla 2.2.2-97 Personal requerido para la operación de una Facilidad Central de Producción – CPF-**

CARGO	CANTIDAD	MANO DE OBRA
Ingeniero de producción	3	Profesional
Ingenieros de supervisión	6	Profesional
Cuadrillas de pruebas	12	No Profesional
Obreros de patio	12	No Profesional
<b>TOTAL</b>	<b>33</b>	

Nota: El personal indicado es estimado, el número dependerá de los requerimientos propios del proyecto y de la actividad específica que se lleve a cabo. Por tal razón, el personal podrá variar según lo presentado.

Fuente: Autor (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

#### 2.2.2.5.1.6 Asentamientos humanos e infraestructura social, económica y cultural a intervenir

El proyecto para el Área de Desarrollo Llanos 141 determinó una Zonificación de Manejo Ambiental -ZMA- a partir de la cual se proyectaría la ubicación de las diferentes estrategias de desarrollo en

función de las exclusiones y/o condiciones que esta ZMA establece; en este sentido, los asentamientos humanos no serían intervenidos con ocasión del proyecto. Sin embargo, en función de las condiciones que desde el diseño se visualizan, de los procesos y métodos constructivos y demás premisas para la intervención en el área con las diferentes estrategias de desarrollo y sus actividades particulares, enmarcado siempre en la Jerarquía de la Mitigación (como enfoque estratégico para abordar los impactos ambientales desde la prevención y minimización de estos), es factible la intervención en áreas que cuenten con algún tipo de infraestructura social que pueda ser trasladada o construida de nuevo prestando el servicio para el cual fue inicialmente concebida (v.g aljibes y/o pozos profundos). Por su parte, las unidades familiares que eventualmente presenten algún tipo de afectación, con ocasión de las actividades del proyecto, serían objeto de un traslado temporal que no implica la reubicación de la unidad familiar.

En virtud de lo anterior, se reitera que los asentamientos humanos no serán objeto de intervención y que en todos los casos (y para todas las estrategias de desarrollo contempladas) en el presente EIA se incluye, como parte del Programa de Compensación Social, la ficha de Manejo de la infraestructura social potencialmente afectada, cuyo objetivo es el de “Garantizar el restablecimiento de infraestructura social afectada por las estrategias de desarrollo del proyecto” y para ello cuenta las acciones tendientes a implementar las medidas necesarias para que la infraestructura social y comunitaria eventualmente afectada sea restablecida.

#### **2.2.2.5.1.7 Equipos y sistemas de control para emisiones atmosféricas (gases, material particulado y ruido) por fuentes fijas y móviles.**

Las emisiones atmosféricas (gases, material particulado y ruido ambiental) son consideradas en la evaluación de impactos ambientales con ocasión del proyecto; en este sentido, fueron identificados y evaluados los impactos “Alteración a la calidad del aire[1]” y “Alteración en los niveles de presión sonora[2]” y, en consecuencia, se planteó en el presente EIA el Programa de manejo del recurso aire con las correspondientes fichas de manejo de fuentes de emisiones atmosférica y manejo de fuentes de ruido, cuyos objetivos son:

- Establecer las medidas de manejo ambiental que permitan prevenir y mitigar las emisiones de contaminantes a la atmósfera, que se puedan generar por el desarrollo del proyecto.
- Implementar las acciones de manejo para los impactos asociados a la calidad de aire mediante el control de material particulado y emisiones en fuentes móviles y fijas que así lo requieran.
- Controlar y minimizar la presión sonora generada durante todas las etapas del proyecto con el fin de dar cumplimiento a los límites establecidos en la normativa ambiental vigente

En virtud de lo anterior, las fichas propenden, entre otros, por el uso de maquinaria con bajas emisiones (con motores modernos, eficientes y mantenidos que cumplen con las normativas en materia de emisión y ruido); por la implementación de sistemas de reducción de emisiones (como catalizadores, filtros u otros que sean técnica y económicamente viables y permitan disminuir la cantidad de gases emitidos); sistemas y/o programas de riego para el control de material particulado, en conjunto con barreras y/o cubiertas que eviten la dispersión; barreras acústicas, maquinarias con niveles de ruido reducidos, entre otros.

#### **2.2.2.5.1.8 Relación de las actividades de mantenimiento, incluyendo insumos, residuos y tratamiento**

Las actividades de mantenimiento se clasifican, por la frecuencia como se repiten rutinarias y periódicas; sin embargo, en la práctica, las rutinarias se refieren a las actividades repetitivas que se efectúan continuamente y las periódicas son aquellas actividades que se repiten en lapsos más prolongados de tiempo (i.e: semestrales, anuales, etc.); bajo estas consideraciones, se definen los tipos de mantenimiento de la siguiente manera

Las actividades de mantenimiento se clasifican, por la frecuencia como se repiten rutinarias y periódicas; sin embargo, en la práctica, las rutinarias se refieren a las actividades repetitivas que se efectúan continuamente y las periódicas son aquellas actividades que se repiten en lapsos más prolongados de tiempo (i.e: semestrales, anuales, etc.); bajo estas consideraciones, se definen los tipos de mantenimiento de la siguiente manera.

➤ **Mantenimiento rutinario**

Conjunto de actividades que se ejecutan de manera permanente, estos tienen una programación de intervención en periodos menores a un año; la finalidad de estas intervenciones es la conservación de todos los elementos con mínimo desarrollo de alteraciones o de daños y, en lo posible, conservando las condiciones que tenía después de su construcción.

➤ **Mantenimiento periódico**

Conjunto de actividades que se ejecutan en periodos cercanos al año, con el propósito de evitar la aparición o el agravamiento de defectos mayores, y de conservar la integridad estructural de la infraestructura, de corregir algunos defectos puntuales mayores, y asegurar la funcionalidad de los diferentes equipos.

➤ **Atención de emergencias**

Al interior de las facilidades pueden presentarse emergencias, ocasionadas por fenómenos naturales, tales como periodos de lluvias o de sequías prolongados; deslizamientos, inundaciones y otros similares, los cuales pueden desembocar en afectaciones graves en los elementos que hacen parte de la infraestructura que hace parte de las facilidades o de los equipos existentes; de igual manera pueden presentarse daños por intervención humana.

**2.2.2.5.1.9 Sistemas y fuentes de generación de energía**

Para la construcción y operación a implementarse en las Facilidades Centrales de Producción – CPF- requieren energía eléctrica, que podrá ser suministrada a través de los sistemas descritos en la Estrategia de desarrollo “2.2.2.5.6 Generación de energía eléctrica (ED15). De otra parte, mientras se realiza la construcción de la facilidad y su conexión a la red de distribución del Área de Desarrollo, se puede presentar el uso de motores diésel, con consumos promedio de aproximadamente 200 – 250 galones por motor.

En la **Tabla 2.2.2-98** se observan los requerimientos estimados, de diésel para el sistema de generación de energía.

**Tabla 2.2.2-98 Necesidades estimadas de combustibles por día**

Necesidades	Bbls/Día	Gal/Día
ACPM	200 – 250	8.400 – 10.500

Fuente: ECOPETROL S.A., 2023; adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

El transporte de combustible se realiza principalmente por medio de líneas de flujo, sin embargo, en caso de ser necesario se plantea el uso de carrotanques que cuenten con todas las medidas de seguridad establecidas por Ecopetrol S.A., los bomberos y el Ministerio de Transporte. Una vez llegue a las facilidades, podrá ser almacenado en tanques debidamente señalizados y se emplean todas acciones orientadas a prevenir derrames.

**2.2.2.5.1.10 Desmantelamiento y restauración de las áreas intervenidas por la actividad constructiva**

Todas las instalaciones construidas en cualquier facilidad de producción serán retiradas una vez se decida abandonar el campo, y se garantizará que las áreas ocupadas tengan un proceso de



restauración y revegetalización si el caso lo amerita; todos los equipos serán desmantelados y retirados siguiendo los protocolos de Ecopetrol S.A.

Se debe adelantar el desmonte de las instalaciones de apoyo como talleres, bodegas y campamentos para oficinas realizando la recolección y transporte de escombros y residuos sólidos domésticos hasta el sitio que cuente con la respectiva autorización, además se retirarán las instalaciones sanitarias procediendo a su clausura definitiva y su área superficial deberá revegetalizarse con gramíneas preferiblemente.

La limpieza de todos los residuos generados tales como sobrantes de concreto, bolsas de cemento, cintas de seguridad, madera, sobrantes de acero, alambres, etc.; el retiro de la maquinaria pesada que se usó junto con las herramientas menores como mezcladoras, carretillas, palas, etc.; la clausura de las letrinas secas o el retiro de los baños portátiles.

Seguidamente, se procederá a realizar la empedradización y recuperación mediante obras paisajísticas, de las áreas intervenidas de acuerdo con los programas de manejo ambiental establecidos para tal fin en el capítulo 7 y su respectivo seguimiento definido en el capítulo 8 del presente documento.

Todas las actividades necesarias para el adecuado desmantelamiento y restauración de las áreas intervenidas se presentan de forma detallada en el **Capítulo 10\_PLAN\_DESMANTELAMIENTO Y ABANDONO**.

#### 2.2.2.5.1.11 Duración de las obras, etapas y cronograma de actividades

El cronograma general presentado reúne las diferentes estrategias de desarrollo contempladas para el Área de Desarrollo Llanos 141, corresponde a una proyección de tiempos estimados de ejecución de las mismas y puede presentar variaciones en función del desarrollo de las diferentes actividades a ejecutar, así las cosas, es de señalar que en función de los resultados obtenidos y tiempos de duración de las pruebas de producción realizadas en la fase de exploración, este cronograma puede ser ajustado en aras de dar inicio paralelo a la implementación de las estrategias de desarrollo asociadas a la operación y producción definidas para el Área de Desarrollo y que se encuentran contempladas en el presente EIA.

A continuación, en la **Tabla 2.2.2-99** y **Tabla 2.2.2-100** se presentan las fases de desarrollo del campo en las que se contempla la perforación de pozos y la duración de las actividades a desarrollar durante el proceso de perforación para un pozo de producción tipo.

**Tabla 2.2.2-99 Fases de desarrollo del campo en donde se contempla la construcción de Facilidades Centrales de Producción -CPF-**

ID	ESTRATEGIA DE DESARROLLO	CICLO ASOCIADO AL DESARROLLO DEL CAMPO	ED	ESTRATEGIAS DE DESARROLLO	CANTIDADES A SOLICITAR	CANTIDADES PROYECTADAS POR FASE	0		1														
							EXPLORACIÓN	DESARROLLO - PRODUCCIÓN															
								AÑOS															
								1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
5	Facilidades de producción	Estrategias asociadas a la producción de hidrocarburos	ED10	Construcción y operación de Facilidades Centrales de Producción - CPF-	Cantidad Facilidades Centrales de Producción: 1.	Hasta 1 CPF																	

Nota (\*): A partir de concluida la construcción, las fases siguientes corresponderán a la operación asociada a este tipo de infraestructura  
 Fuente: ECOPETROL S.A., 2023; adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

**Tabla 2.2.2-100 Duración estimada para la construcción de Facilidades Centrales de Producción -CPF-**

Ciclo asociado al desarrollo del campo	Actividades	MESES											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Estrategias asociadas a la producción de hidrocarburos	Localización y replanteo												
	Desmante, descapote, rocería y limpieza												
	Cuneteo, extendido, nivelación y compactación												
	Movimiento de tierras (excavación, cortes y rellenos)												
	Obras para manejo de drenajes, aguas superficiales y aguas aceitosas												
	Construcción de estructuras en concreto												
	Estabilización y revegetalización de taludes												
	Construcción de helipuertos												
	Construcción e instalación de estructuras metálicas y/u otros materiales												
	Operación de maquinaria y equipos												

Nota (\*): Tiempos estimados que podrán variar en función de las necesidades y condiciones del proyecto  
Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

### 2.2.2.5.1.12 Impactos ambientales asociados

Los impactos generados por el desarrollo de estas subactividades se presentan en el Capítulo 5, Evaluación Ambiental, del presente documento.

### 2.2.2.5.2 Construcción y operación de facilidades satélite -FS- (ED11)

Al interior del área que hace parte del Área de Desarrollo Llanos 141 se proyecta la construcción y operación de facilidades satélite, las cuales reúnen un conjunto de procesos, materiales, equipos y/o elementos requeridos en superficie para la separación, medición, y despacho de fluidos producidos provenientes de los pozos productores (Crudo, Gas, Agua de Producción) y cuya complejidad de operación es mucho menor que la asociada a un CPF. La construcción de este tipo de infraestructura se realizará respetando lo estipulado por la zonificación de manejo ambiental.

#### 2.2.2.5.2.1 Cantidades requeridas para el Área de Desarrollo Llano 141

Se solicita la construcción y operación de nueva infraestructura de facilidades de producción representada hasta por dos (2) polígonos con un área máxima de hasta cinco (5) hectáreas cada uno, las cuales reúnen un conjunto de procesos, materiales, equipos y/o elementos requeridos en superficie para la separación, medición, y despacho de fluidos producidos provenientes de los pozos productores (Crudo, Gas, Agua de Producción) y cuya complejidad de operación es mucho menor que la asociada a un CPF; la capacidad será como apoyo a los CPF; en este sentido, el máximo de fluidos a tratar en estas facilidades no superará en total los volúmenes de fluidos a manejar en el CPF y corresponderán a un máximo por facilidad satélite de 23000 BOPD y 80000 BWPD. La definición y localización de esta, se realizará en consonancia a las necesidades del desarrollo del

campo y a la luz de la zonificación de manejo ambiental que hace parte integral de este estudio (Tabla 2.2.2-101).

**Tabla 2.2.2-101 Áreas para Construcción y operación de facilidades satélite -FS-a solicitar**

Tipo de actividad	Área total (ha)
Construcción y operación de facilidades satélite -FS-	Hasta 2 polígonos cada uno con una extensión máxima de hasta de 5,00 ha cada una; para un total de 10 has y una capacidad de 23000 BOPD y 80000 BWPD cada una

Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

#### 2.2.2.5.2.2 Alternativas de ubicación y selección de sitios (criterios técnicos, tecnológicos y ambientales).

Con respecto a la localización de las Facilidades Satélites (FS) es importante precisar que estas se proyectarán en aquellas áreas donde no se presenten elementos excluyentes y su geometría se adaptará a las áreas que dentro del campo queden disponibles para así hacerlo sin superar la extensión estimada (6,00 ha cada FS). Además, la ubicación de estas FS se proyectará estratégicamente en función del crecimiento del campo y de la ubicación cronológica que se vaya teniendo de las diversas plataformas (clústeres) tal que se tenga el menor requerimiento energético.

La información de la ubicación exacta de cada Facilidad Satélite (FS) se detallará en el Plan de Manejo Ambiental específico que se elabore previamente a la ejecución de las actividades constructivas y operacionales.

La ubicación final de cada FS será determinada teniendo en cuenta la zonificación de manejo ambiental del presente estudio, criterios técnicos, económicos, sociales y ambientales que se presentan a continuación.

##### ➤ Criterios técnicos y tecnológicos

Para el Diseño final y ubicación de cada Facilidad Satélite (FS) se debe lograr una visión integral del manejo de todos los procesos y variables que intervienen en la recolección, separación, tratamiento, almacenamiento, medición, fiscalización y disposición de los fluidos (Crudo, agua y gas) producidos. El número prácticamente infinito de posibilidades puede reducirse a unos cuantos sitios de interés, mediante la aplicación de criterios sectoriales basados en consideraciones técnicas como la longitud de líneas, caída de presión, asociada a los requerimientos de bombeo o a la presión en cabeza de pozo, número y distribución de los pozos, etc. En las facilidades se llevará a cabo el tratamiento y almacenamiento de los fluidos que se producirán en el campo (agua, crudo y gas), para el que se requerirán diferentes equipos que permitan la deshidratación del crudo, el tratamiento de las aguas de formación y el tratamiento y disposición final del gas mediante la tea o el reúso. Para la ubicación de las facilidades se deberá tener en cuenta:

- La ubicación de las facilidades deberá tener proximidad a vías de acceso y a redes eléctricas, además deberá permitir la disminución de las líneas de flujo dentro del campo y las distancias de viajes a diferentes sitios clave como lo son los puntos de control de derrames, los centros de acopio de residuos y los clústeres.
- La disponibilidad de área y su distribución será la necesaria para instalar todos los equipos e instalaciones de apoyo, utilizadas en el tratamiento y almacenamiento de los fluidos (agua, crudo y gas) producidos.
- Para el control de emisiones y manejo del gas residual se deberá instalar una tea horizontal y/o vertical que cumpla con la normatividad, la cual será ubicada teniendo en cuenta la dirección del viento, alejada de los equipos de tratamiento, y de las oficinas, además dispondrá de facilidades

encargadas de la separación de líquidos los cuales retornarán por tubería al proceso de tratamiento; y para su operación cumplirá con las normas ambientales de emisión.

- Topográficamente el área de ubicación de las facilidades deberá ser plana, con el fin de minimizar los movimientos de tierra, permitir la instalación de todos los equipos, considerando que la deshidratación del crudo se realiza por asentamiento y evitar la alteración de los patrones de flujo que afecten el tratamiento.
- Adicionalmente se debe tener en cuenta el diseño preliminar de cada Facilidad Satélite (FS), líneas de mecánicas, capacidad de procesamiento, requerimientos de terreno y compra de predios asociados a la construcción de cada FS, y el impacto tanto ambiental como social.
- Realizar un estimativo de costos teniendo en cuenta personal, operación y recursos al proyecto, mantenimiento, capital de Trabajo, permisos ambientales o licencias de construcción, rubros para seguridad física, costos por contingencias, costos asociados a compensaciones ambientales o sociales, costos por Interconexión Eléctrica, Costos Asociados a los Clúster, Costos de importación, fletes y aranceles, costos por ingeniería, compras e interventoría, construcción, entre otros con el fin de determinar la alternativa más apropiada para la ubicación de las facilidades.

#### ➤ Criterios ambientales

La ubicación de cada Facilidad Satélite (FS) deberá cumplir con los resultados en la zonificación presentada en el estudio, respetando la restricción y su ubicación final será definida en el plan de manejo ambiental específico, en el que también se presentará además del diseño las obras necesarias para el manejo de aguas lluvias, aguas aceitosas y los equipos necesarios en caso de presentarse un derrame durante la operación de cada FS.

#### **2.2.2.5.2.3 Procesos de producción y manejo de fluidos (crudo, agua y gas, entre otros)**

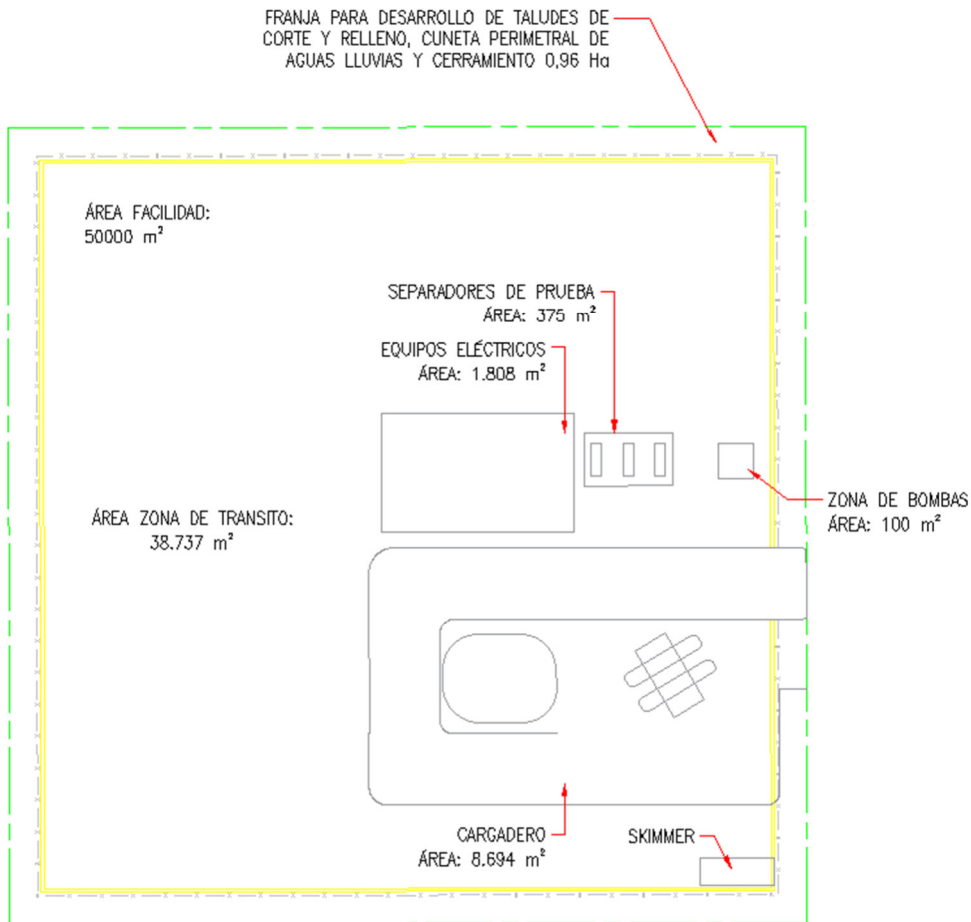
Estos procesos se acogen de forma similar al establecido y descrito en la estrategia de desarrollo 2.2.2.5.1 Construcción y operación de Facilidades Centrales de Producción - CPF- (ED10) numeral 2.2.2.5.1.3 Procesos de producción y manejo de fluidos (crudo, agua y gas, entre otros).; aunque cabe resaltar que en las Facilidades Satélites (FS) se manejan a menor escala; donde se reúnen un conjunto de procesos, materiales, equipos y/o elementos requeridos en superficie para la separación, medición, y despacho de fluidos producidos provenientes de los pozos productores (Crudo, Gas, Agua de Producción) y cuya capacidad será como apoyo a los CPF; en este sentido, el máximo de fluidos a tratar en estas facilidades satélites (FS) tendrán una capacidad de 23000 BOPD y 80000 BWPD cada una y no superarán en total los volúmenes de fluidos a manejar en el CPF

#### **2.2.2.5.2.4 Ubicación de instalaciones (incluir cuantificación de movimientos de tierra, redes de drenaje, áreas de tratamiento y disposición de residuos, zonas de almacenamiento de insumos, sustancias y combustibles y teas)**

Para el manejo de los fluidos producidos en el campo de producción, se construirán dos (2) Facilidades Satélites (FS), cuyo diseño tendrá en cuenta todos los procesos y variables que afectan la recolección, separación, tratamiento, almacenamiento, fiscalización y transporte de los fluidos que lleguen de los pozos productores.

La información de la ubicación exacta para las Facilidades Satélites (FS) se detallará en el Plan de Manejo Ambiental específico que se elabore previamente a la ejecución de las actividades constructivas y operativas; sin embargo, en la **Figura 2.2.2-163** se plasma el plot plan típico para este tipo de infraestructura

Figura 2.2.2-161 Planta general para Facilidades Satélite -FS-



ÁREAS FACILIDAD SATELITE	
ÁREA DE EQUIPOS ELÉCTRICOS	1.782 m <sup>2</sup>
ÁREA SEPARADORES DE PRUEBA	375 m <sup>2</sup>
ZONA DE BOMBAS	100 m <sup>2</sup>
ÁREA CARGADERO	8.846 m <sup>2</sup>
ÁREA SKIMMER	160 m <sup>2</sup>
ÁREA ZONA DE TRANSITO	38.737 m <sup>2</sup>
ÁREA TOTAL	50.000 m <sup>2</sup>

Fuente: Anexo 2. Descripción del proyecto / 5.CIV / ECP-ULL-LLANOS141-IP01-0-CI-PL-001-D1; Adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)



La descripción de cada una de las áreas presentadas al igual que la infraestructura y equipos asociadas a cada una de las mismas será presentado en detalle en los respectivos PMAEs que se realicen al momento de la construcción y puesta en operación de este tipo de facilidad.

➤ **Movimientos de tierra**

Para la construcción de las facilidades satélites – FS- se espera un movimiento de tierras tal como se observa en la **Tabla 2.2.2-51**. Donde se estima para el cálculo del descapote un espesor promedio de 0,20m y para la excavación un espesor promedio de 1,50m; así mismo se plantea, que el material producto de la excavación de las zonas de corte, se conformará el terraplén para las facilidades, por lo cual se contempla reutilizar el 60% del volumen excavado y que hasta un 40% del material de corte será dispuesto en los ZODME autorizados.

Los volúmenes de material tanto en corte como en relleno serán estimados al momento de la intervención y presentados dentro de los respectivos Planes de Manejo Ambiental Especificos, sin embargo, a manera de guía se presenta en la **Tabla 2.2.2-102** un estimado del movimiento de tierras asociado a la construcción de este tipo de facilidad.

**Tabla 2.2.2-102 Estimativo de movimientos de tierra asociados a la construcción de una Facilidad Satélite -FS-**

Tipo de actividad	Área total (ha)	Área total (ha)	Área total a solicitar para esta estrategia (m2)	Espesor Descapote (m)	Espesor promedio excavación (m)	Espesor afirmado y relleno (m)	Volumen Descapote (m3)	Volumen Excavación (m3) (*)	Volumen Afirmado y relleno (m3)
Construcción y operación de facilidades satélite -FS-	Hasta 2 polígonos cada uno con una extensión hasta de 5,00 ha cada una; para un total de 10 has	10	100000,00	0,20	1,50	2,00	20000,00	150000,00	200000,00
Nota general: Las cantidades presentadas son estimadas y se ajustarán en función de los diseños presentados en los PMAE con base en las especificaciones técnicas que apliquen									
Nota (*): Se estima que del volumen total de excavación se contempla reutilizar hasta el 60% del material y hasta un 40% del mismo podrá ser dispuesto en las ZODME autorizadas									

*Nota general: Las cantidades presentadas son estimadas y se ajustarán en función de los diseños presentados en los PMAE con base en las especificaciones técnicas que aplique.*

*Nota (\*): Se estima que del volumen total de excavación se contempla reutilizar hasta el 60% del material y hasta un 40% del mismo podrá ser dispuesto en las ZODME autorizadas.*

*Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)*

➤ **Métodos constructivos e instalaciones de apoyo**

Los métodos constructivos e instalaciones de apoyo son similares a los descritos en la estrategia de desarrollo 2.2.2.5.1 Construcción y operación de Facilidades Centrales de Producción - CPF- (ED10) en el ítem Métodos constructivos e instalaciones de apoyo

**2.2.2.5.2.5 Estimativos de maquinaria, equipos y mano de obra**

La maquinaria y equipo utilizado está representada por aquella destinada al movimiento de tierras representados en excavación y conformación de rellenos (i.e: buldócer, retroexcavadora, motoniveladora, vibro compactador, volqueta), transporte de maquinaria, materiales, equipos (i.e: camión tipo tanque, montacargas, buseta y/o vans, camionetas doble cabina entre otros); El listado de equipos estimados para la construcción de una Facilidad Satélite -FS- se consignan en la **Tabla 2.2.2-103**.

**Tabla 2.2.2-103 Estimativo de maquinaria y equipos básicos requeridos para la construcción de una Facilidad Satélite -FS-.**

Maquinaria	Cantidad
Retroexcavadoras.	2
Compactadores y Vibro compactadoras.	1
Compactadores manuales (Apisonador o canguro, placa vibradora o rana). *	2
Volqueta	2
Bus o buseta	1
Camioneta doble cabina	1
Carrotanque	1
Mezcladora (Trompo)	1
Motobombas 6"	1
Motobombas 4"	1
Herramientas menores	-

*Nota: Estas cantidades son estimadas y podrán variar de conformidad con los requerimientos del proyecto y de las actividades a desarrollar.*

*Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)*

En cuanto a la ejecución de las actividades de obra civil para la construcción de Facilidades Satélite -FS-, es necesario contar con una cantidad estimada de sesenta y cinco (65) personas distribuidas entre mano de obra formada (profesional) y no formada (no profesional); En la **Tabla 2.2.2-104** se relaciona el personal estimado para la etapa de construcción, en la **Tabla 2.2.2-105** el Personal requerido para la instalación y en la **Tabla 2.2.2-106** el Personal requerido para la operación de una Facilidad Satélite – FS -. Dichas cantidades podrá variar según el proyecto a ejecutar, por imprevistos en el desarrollo de las obras o variación de las condiciones del entorno del proyecto.

**Tabla 2.2.2-104 Personal estimado para las obras civiles a realizar en las Facilidades Satélite -FS-**

Actividad	Cargo	Cantidad	Mano de obra
Administración	Director general	1	Profesional
	Administrador	1	Profesional
	Almacenista	1	No Profesional
	Auxiliares	1	No Profesional
Replanteo y control topográfico	Topógrafo	1	Profesional
	Cadenero	1	No Profesional
	Estaquero o ayudante	1	No Profesional
Construcción de obras civiles	Ingenieros	2	Profesional
	Inspector (civil y mecánico)	2	Profesional
	Maestro de obra	2	Profesional
	Oficiales	10	Profesional
	Obreros	30	No Profesional
Movimiento de tierras y compactación	Inspector (movimiento de tierras)	1	Profesional
	Mecánico	1	Profesional
	Operador buldózer	1	Profesional
	Operador retroexcavadora	1	Profesional
	Operador motoniveladora	1	Profesional
	Operador compactador	1	Profesional
	Operador cargador	1	Profesional
Movilización y acarreo	Conductor volquetas	2	Profesional
	Conductor carro-tanques	1	Profesional
	Conductor camionetas	2	Profesional
<b>Total</b>		<b>65</b>	

*Nota: El personal indicado es estimado, el número dependerá de los requerimientos propios del proyecto y de la actividad específica que se lleve a cabo. Por tal razón, el personal podrá variar según lo presentado.*

*Fuente: Autor (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)*

**Tabla 2.2.2-105 Personal requerido para la instalación de una Facilidad Satélite – FS-**

Actividad	Cargo	Cantidad	Mano de obra
Gerencia	Director de obra	2	Profesional
	Ingeniero mecánico	2	Profesional
Obras mecánicas	Soldadores	8	No Profesional
	Técnicos Sand Blasting y Prefabricación	8	No Profesional
	Supervisores	2	Profesional
	Oficiales	8	No Profesional
	Obreros	10	No Profesional
	Tuberos	4	No Profesional
	Supervisores	2	Profesional
	Oficiales	3	No Profesional
	Obreros	10	No Profesional
	Obras eléctricas	Ingenieros eléctricos	2
Técnicos Electricistas		8	No Profesional
Supervisores		2	Profesional
Oficiales		3	No Profesional
Obreros		8	No Profesional
Obras instrumentación	Ingeniero electrónico instrumentista	1	Profesional
	Técnicos en Calibración	2	No Profesional
	Supervisores	1	Profesional
	Oficiales	2	No Profesional
	Obreros	8	No Profesional
Seguridad física	Vigilantes	4	No Profesional
<b>Total</b>		<b>100</b>	

*Nota: El personal indicado es estimado, el número dependerá de los requerimientos propios del proyecto y de la actividad específica que se lleve a cabo. Por tal razón, el personal podrá variar según lo presentado.*

*Fuente: Autor (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)*

**Tabla 2.2.2-106 Personal requerido para la operación de una Facilidad Satélite – FS-**

CARGO	CANTIDAD	MANO DE OBRA
Ingeniero de producción	2	Profesional
Ingenieros de supervisión	4	Profesional
Cuadrillas de pruebas	8	No Profesional
Obreros de patio	8	No Profesional
<b>TOTAL</b>	<b>22</b>	

*Nota: El personal indicado es estimado, el número dependerá de los requerimientos propios del proyecto y de la actividad específica que se lleve a cabo. Por tal razón, el personal podrá variar según lo presentado.*

*Fuente: Autor (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)*

#### 2.2.2.5.2.6 Asentamientos humanos e infraestructura social, económica y cultural a intervenir

El proyecto para el Área de Desarrollo Llanos 141 determinó una Zonificación de Manejo Ambiental -ZMA- a partir de la cual se proyectaría la ubicación de las diferentes estrategias de desarrollo en función de las exclusiones y/o condiciones que esta ZMA establece; en este sentido, los asentamientos humanos no serían intervenidos con ocasión del proyecto. Sin embargo, en función de las condiciones que desde el diseño se visualizan, de los procesos y métodos constructivos y demás premisas para la intervención en el área con las diferentes estrategias de desarrollo y sus actividades particulares, enmarcado siempre en la Jerarquía de la Mitigación (como enfoque estratégico para abordar los impactos ambientales desde la prevención y minimización de estos), es factible la intervención en áreas que cuenten con algún tipo de infraestructura social que pueda ser trasladada o construida de nuevo prestando el servicio para el cual fue inicialmente concebida (v.g aljibes y/o pozos profundos). Por su parte, las unidades familiares que eventualmente presenten algún tipo de afectación, con ocasión de las actividades del proyecto, serían objeto de un traslado temporal que no implica la reubicación de la unidad familiar.

En virtud de lo anterior, se reitera que los asentamientos humanos no serán objeto de intervención y que en todos los casos (y para todas las estrategias de desarrollo contempladas) en el presente

EIA se incluye, como parte del Programa de Compensación Social, la ficha de Manejo de la infraestructura social potencialmente afectada, cuyo objetivo es el de “Garantizar el restablecimiento de infraestructura social afectada por las estrategias de desarrollo del proyecto” y para ello cuenta las acciones tendientes a implementar las medidas necesarias para que la infraestructura social y comunitaria eventualmente afectada sea restablecida.

#### **2.2.2.5.2.7 Equipos y sistemas de control para emisiones atmosféricas (gases, material particulado y ruido) por fuentes fijas y móviles**

Las emisiones atmosféricas (gases, material particulado y ruido ambiental) son consideradas en la evaluación de impactos ambientales con ocasión del proyecto; en este sentido, fueron identificados y evaluados los impactos “Alteración a la calidad del aire[1]” y “Alteración en los niveles de presión sonora[2]” y, en consecuencia, se planteó en el presente EIA el Programa de manejo del recurso aire con las correspondientes fichas de manejo de fuentes de emisiones atmosférica y manejo de fuentes de ruido, cuyos objetivos son:

- Establecer las medidas de manejo ambiental que permitan prevenir y mitigar las emisiones de contaminantes a la atmósfera, que se puedan generar por el desarrollo del proyecto.
- Implementar las acciones de manejo para los impactos asociados a la calidad de aire mediante el control de material particulado y emisiones en fuentes móviles y fijas que así lo requieran.
- Controlar y atenuar los niveles de presión sonora generada durante todas las etapas del proyecto con el fin de no aportar más niveles de ruido de los ya registrados en línea base.

En virtud de lo anterior, las fichas propenden, entre otros, por el uso de maquinaria con bajas emisiones (con motores modernos, eficientes y mantenidos que cumplen con las normativas en materia de emisión y ruido); por la implementación de sistemas de reducción de emisiones (como catalizadores, filtros u otros que sean técnica y económicamente viables y permitan disminuir la cantidad de gases emitidos); sistemas y/o programas de riego para el control de material particulado, en conjunto con barreras y/o cubiertas que eviten la dispersión; barreras acústicas, maquinarias con niveles de ruido reducidos, entre otros.

#### **2.2.2.5.2.8 Relación de las actividades de mantenimiento, incluyendo insumos, residuos y tratamiento**

Las actividades de mantenimiento son similares a las descritas en la estrategia de desarrollo 2.2.2.5.1 Construcción y operación de Facilidades Centrales de Producción - CPF- (ED10) en el numeral 2.2.2.5.1.8 Relación de las actividades de mantenimiento, incluyendo insumos, residuos y tratamiento del presente EIA.

#### **2.2.2.5.2.9 Sistemas y fuentes de generación de energía**

Las actividades de mantenimiento son similares a las descritas en la estrategia de desarrollo 2.2.2.5.1 Construcción y operación de Facilidades Centrales de Producción - CPF- (ED10) en el numeral 2.2.2.5.1.9 Sistemas y fuentes de generación de energía del presente EIA.

#### **2.2.2.5.2.10 Desmantelamiento y restauración de las áreas intervenidas por la actividad constructiva**

Las actividades de mantenimiento son similares a las descritas en la estrategia de desarrollo 2.2.2.5.1 Construcción y operación de Facilidades Centrales de Producción - CPF- (ED10) en el numeral 2.2.2.5.1.10 Desmantelamiento y restauración de las áreas intervenidas por la actividad constructiva del presente EIA.





de tierra, descapotes y/o excavaciones, lo que conlleva a la generación de excedentes de material, que dadas sus características no son adecuados para el uso dentro de los proyectos de construcción. Estas zonas, centralizan y optimizan las operaciones de recepción, manejo y disposición de los sobrantes de excavación de procesos de construcción de toda la infraestructura necesaria para llevar a cabo la explotación de hidrocarburos al interior del Área de Desarrollo Llanos 141.

#### 2.2.2.5.3.1 Cantidades requeridas para el Área de Desarrollo Llanos 141

Se solicita para el desarrollo de esta estrategia hasta un área máxima de ocho (8) hectáreas, las cuales no corresponden a un único polígono sino que permitirá la conformación de hasta dos (2) áreas de extensión variable (**Tabla 2.2.2-109**) que se localizaran en sectores cercanos a donde se esté realizando actividades constructivas esto con el propósito, entre otros, de minimizar el transporte entre los frentes de obra y el lugar de disposición, escenario que redundará en la disminución del impactos asociados al transporte; en este orden de ideas, se podrán adecuar las áreas que sean necesarias pero que en conjunto no superen el máximo de área solicitado. Es de señalar que adicionalmente cada plataforma contará con áreas para ZODME que serán de uso mixto (material y descapote), pero las mismas no hacen parte de las áreas de ZODME a solicitar, sino que hacen parte integral de cada Locación. La conformación de estas, se realizará en consonancia a las necesidades del desarrollo del campo y a la luz de la zonificación de manejo ambiental que hace parte integral de este estudio.

**Tabla 2.2.2-109 Áreas a solicitar requeridas para la construcción y operación de Zonas de Disposición de Materiales Sobrantes de Excavación -ZODME-**

Tipo de actividad	Área total (ha)
<p><b>Construcción y operación de Zonas de Disposición de Materiales Sobrantes de Excavación -ZODME-</b></p>	<p>Se solicita un área de ZODME de hasta ocho (8 ha); esta área podrá estar distribuida hasta en dos (2) zonas (ZODME) cuya extensión en conjunto sume hasta las ocho (8 ha) a solicitar</p> <p>Cabe precisar que cada locación y/u otra infraestructura contará con áreas para ZODME que serán de uso mixto (material y descapote); sin embargo, estas no hacen parte de hasta las ocho (8 ha) objeto de la solicitud</p>

Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

#### 2.2.2.5.3.2 Alternativas de ubicación y selección de sitios (criterios técnicos, tecnológicos y ambientales)

En función de los estimados de descapote y movimientos de tierra requeridos por las estrategias de desarrollo del Área de Desarrollo Llanos 141, se requiere de una extensión de hasta ocho (8 ha); esta área podrá estar distribuida hasta en dos (2) zonas (ZODME) cuya extensión en conjunto sume hasta las ocho (8 ha) a solicitar. La ubicación final de cada ZODME será determinada teniendo en cuenta los criterios técnicos, tecnológicos y ambientales, que se presentan a continuación.

##### ➤ Criterios técnicos

La ubicación de las ZODME será proyectada en función del crecimiento del campo y según el desarrollo cronológico de las diferentes estrategias de desarrollo, buscando una localización equidistante a estas estrategias, tratando de disminuir los desplazamientos, procurando por intervenciones en áreas ya transformadas, lo cual redundará en una disminución en las valoraciones de los impactos propios de la actividad.

Para la ubicación final de las ZODME, se deberá tener en cuenta:

- Topográficamente, el área de ubicación se buscará en lo posible sobre zonas planas o de baja pendiente, con el fin de minimizar los movimientos de tierra.
- Se buscará su ubicación final en proximidades de vías existentes.
- Áreas preferiblemente desprovistas de vegetación arbórea o arbustiva.
- Sectores con condiciones geotécnicas adecuadas referentes a zonas estables que no registren fenómenos de remoción en masa.
- Realizar un estimativo de costos teniendo en cuenta personal, operación y recursos al proyecto, mantenimiento, capital de Trabajo, permisos ambientales o licencias de construcción, rubros para seguridad física, costos por contingencias, costos asociados a compensaciones ambientales o sociales,

➤ **Criterios tecnológicos**

Cabe precisar que, al igual que en todas las estrategias de desarrollo, se propenderá por el uso de tecnologías enmarcadas en la sostenibilidad y eficiencia de los procesos. En el marco de la economía circular, en el Área de Desarrollo Llanos 141 se incentivará la reutilización de excedentes de material de excavación en actividades de nivelación del terreno, fundaciones y obras de relleno, etc. que se adelanten según lo requerido por las diferentes estrategias de desarrollo. Asimismo, se contempla que los excedentes de excavación, de acuerdo con la necesidad, sean conservados en zona de disposición temporal dentro del área de los proyectos, en la medida en que ellos puedan ser reutilizados. El material dispuesto en las ZODME existentes y/o proyectadas podrá ser tratado y/o mejorado fisicoquímicamente y podrá ser reutilizado internamente o como materia prima para otros procesos o actividades industriales con aliados externos (simbiosis industrial), como iniciativas de Economía Circular de ECOPEPETROL S.A.

➤ **Criterios ambientales**

La ubicación final de los sitios para los ZODME atenderá las condiciones establecidas al campo en materia de Zonificación de Manejo Ambiental y su y su ubicación final será definida en el plan de manejo ambiental específico, en el que también se presentará además del diseño, las obras necesarias para el manejo de aguas lluvias y escorrentías. Adicionalmente, en los diseños se debe presentar la localización georeferenciada y planos topográficos con planimetría y altimetría, Análisis de la capacidad portante del sitio con respecto al volumen a disponer, la ubicación atenderá las condiciones de la zonificación de manejo ambiental

**2.2.2.5.3.3 Procesos de producción y manejo de fluidos (crudo, agua y gas, entre otros)**

Cabe precisar que en las ZODME no se llevarán a cabo procesos de producción; sin embargo, a continuación, se presenta el proceso constructivo y las actividades a ser implementadas para la construcción y operación de un ZODME, donde se presenta lo relacionado con el manejo de fluidos específicamente para sistemas para el manejo de aguas de escorrentías y subsuperficiales; lo cual se detalla más adelante donde se realiza la descripción de la Actividad Obras para manejo de drenajes, aguas superficiales y aguas aceitosas (A8)

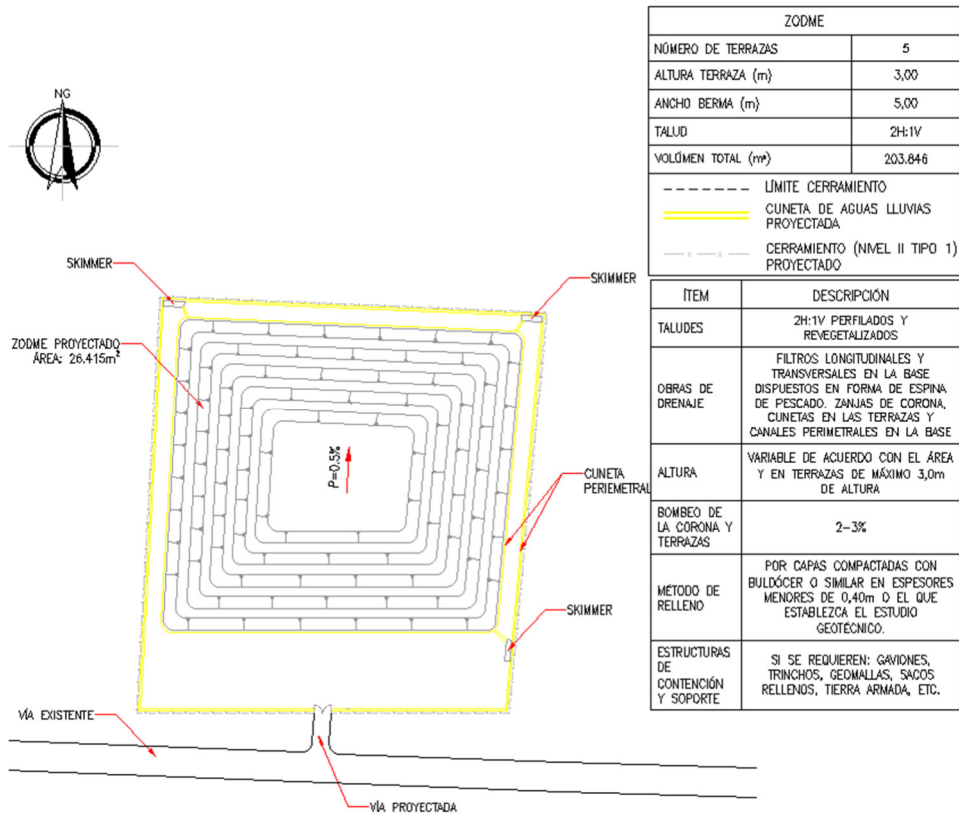
➤ **Proceso constructivo**

El proceso de construcción de las zonas para disposición de sobrantes de excavación, usualmente se lleva a cabo teniendo en cuenta las siguientes consideraciones en la fase de diseño:

- Levantamiento topográfico del área objeto del proyecto el cual dependiendo de las necesidades y de la magnitud del área a intervenir, puede incluir desarrollo de los accesos viales, la trama vial al interior de las zonas de disposición de sobrantes y el área para la implantación de los equipos, conformación y tratamiento de los sobrantes de excavación y toda la infraestructura requerida para la correcta operación de las ZODMEs.
- Establecimiento de las condiciones del suelo, a través de información secundaria del área o por medio de estudios de suelos que permiten tener las características de los materiales de soporte de los sobrantes, el estado de estos y proponer alternativas de cimentación de los materiales técnica y económicamente viables que permitan garantizar la estabilidad de las áreas en la vida útil del proyecto.
- Modelamiento de movimientos de tierras con proyecciones de ubicación de los sobrantes de descapote y de excavación acordes, contemplado la utilización de las materiales in situ para las adecuaciones.
- Desarrollo de vías internas de carácter temporal, las cuales por su dinámica se deben acondicionar en la medida del avance del relleno, esto dependiendo del área de la intervención y de las consideraciones de los diseños específicos.
- Manejo de las aguas lluvias y de escorrentía planteando un sistema de captación y de recolección con entregas de estas de manera controlada.
- Emplazamiento, de obras requeridas para garantizar la estabilidad de la obra y del terreno, así como aquellas tendientes a lograr una menor afectación a los recursos naturales (estabilización de taludes, obras de revegetalización, canales perimetrales para control de aguas de escorrentía y erosión, filtros para control de aguas de infiltración, muros de gaviones en las patas del ZODMES si es que éstos se requieren).
- Mediante la consulta de Normas y Estándares de la industria, se definen y validan parámetros de diseño que determinan las características de materiales, resistencia de materiales y condiciones operacionales las cuales permiten validar el diseño, la construcción, operación y funcionamiento. Internamente aplicarán las normas y estándares de ECOPETROL S.A. más recientes.

La disposición y conformación de estos materiales depende de las condiciones topográficas de la zona, por cuanto, para su ejecución existen diferentes tipologías en función de las características naturales del terreno y de la topografía; escenarios que definen la conformación y la extensión del sitio de disposición final; en este orden de ideas, es posible que para su desarrollo sea necesario la combinación de los tipos de material de relleno con el fin de lograr la conformación total de la ZODME (Figura 2.2.2-162).

Figura 2.2.2-162 Diseño tipo de las ZODME para el Área de Desarrollo Llanos 141



Fuente: Anexo 2. Descripción del proyecto / 5.CIV / ECP-ULL-LLANOS141-IP01-0-CI-PL-001-D1; Adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

Para la construcción y conformación de una ZODME se deben seguir las especificaciones presentadas en la **Tabla 2.2.2-110** y la **Figura 2.2.2-163** se muestra un corte transversal típico de una ZODME.

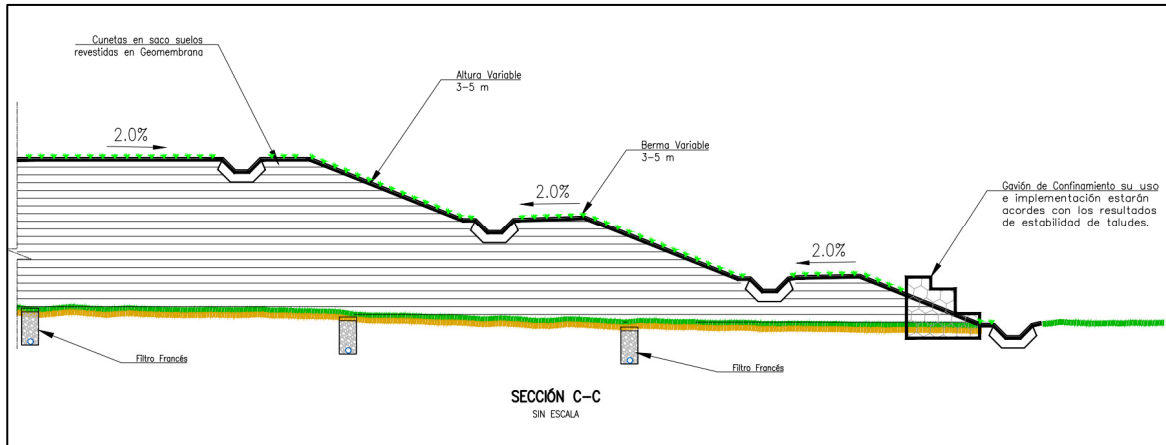
Tabla 2.2.2-110 Especificaciones técnicas típicas para adecuación de ZODME

ÍTEM	OBSERVACIONES
<b>Taludes</b>	Entre 2H:1V, Perfilados y revegetalizados o los estimados según el estudio geotécnico.
<b>Obras de drenajes y Protección</b>	Filtros longitudinales y transversales en la base dispuestos en forma de espina de pescado, zanjaz de corona, cunetas en las terrazas y canales perimetrales en la base. También se podrán construir obras complementarias como: corta corrientes, disipadores de energía, decoles, entre otros que pueda indicar el diseño, trinchos rellenos en saco suelo cemento, empradizaciones, trinchos en madera o metálicos, trincheras, diques.
<b>Altura máxima</b>	Variable de acuerdo con el área y en terrazas de máximo tres (3) metros cada una.
<b>Bombeo de la corona y terrazas</b>	Aproximadamente 2-3 %
<b>Método de Relleno</b>	Por capas compactadas con buldócer, vibro compactador o similar, en espesores menores de 0,40m o el que establezca el estudio de geotecnia.
<b>Estructuras de contención y soporte</b>	Si se requiere: muros de contención en gavión u otro material, trinchos, sacos rellenos de suelos seleccionados.
<b>Área</b>	De acuerdo con la topografía del área escogida se definirá el volumen final de material a disponer, sin superar el área total solicitada (30Ha).
<b>Numero de zodmes</b>	Hasta 3, se define su localización final de acuerdo con la zonificación ambiental.

ÍTEM	OBSERVACIONES
Volumen	Se estima un volumen total de disposición hasta de <b>2,096,560 m<sup>3</sup></b> distribuidos hasta en <b>3 Zodmes.</b>

Fuente: ECOPETROL S.A., 2019; Adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

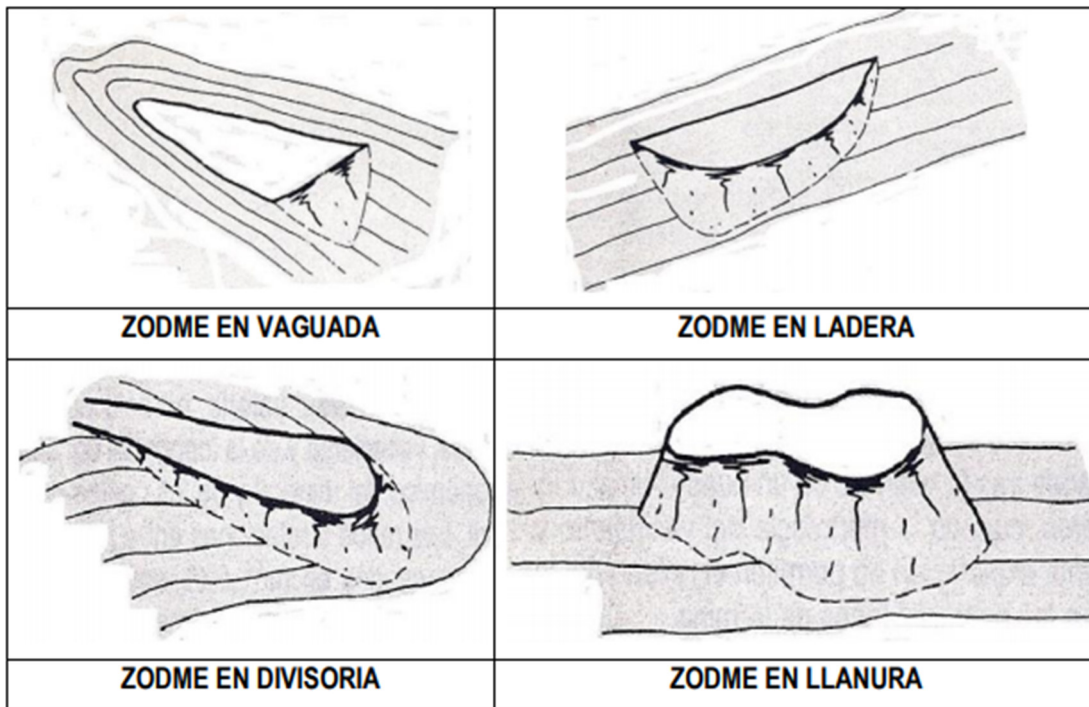
Figura 2.2.2-163 Esquema tipo para una ZODME



Fuente: ECOPETROL S.A., 2020; Adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

De otra parte, los tipos más comunes de rellenos según la topografía del sitio de disposición se presentan en la **Figura 2.2.2-164**.

Figura 2.2.2-164 Tipos de ZODME de acuerdo a la topografía del sector



Fuente: Instituto Tecnológico Geominero de España, 1989; Adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

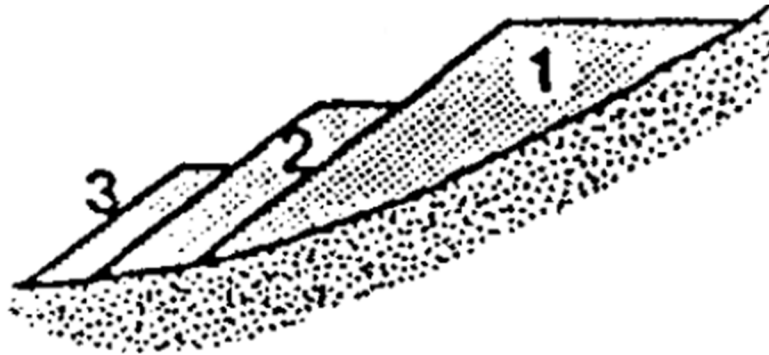


El sistema constructivo de la ZODME incide directamente sobre su estabilidad. Por lo anterior, el mismo puede ser ejecutado a través de diferentes mecanismos de conformación, dentro de los cuales se destacan los siguientes: por fases adosadas, con dique o muro de pie y por fases superpuestas.

- **ZODME por fases adosadas**

Sistema constructivo de mayor estabilidad, desde el punto de vista del factor de seguridad, dado que logra desarrollar taludes medios de baja altura y estables por su secuencia de conformación, los taludes inferiores del relleno aportan fuerzas externas estabilizantes a las zonas medias y altas de la ZODME; sin embargo, debido a su secuencia, no es aconsejable en los casos de requerirse grandes alturas a causa de la falta de acceso a las zonas más bajas de la misma (**Figura 2.2.2-165**).

**Figura 2.2.2-165 ZODME por fases adosadas**

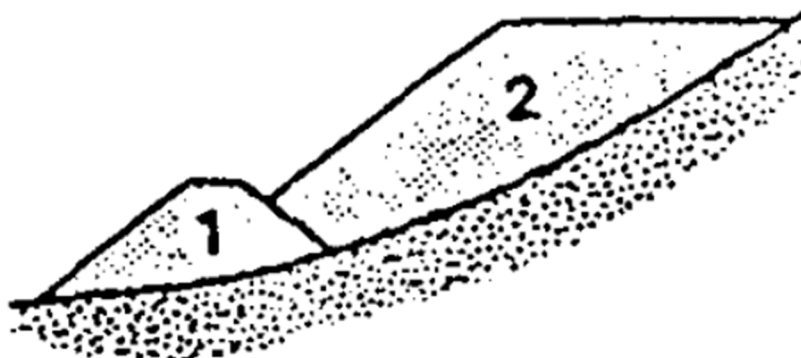


*Fuente: Instituto Tecnológico Geominero de España, 1989; Adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)*

- **ZODME con dique o muro de pie**

Este tipo de conformación es recomendable cuando se presenta grandes volúmenes de material heterogéneo con una diversidad de tamaño de grano y gran presencia de depósitos térreos de tipo limoso o arcilloso, bajo esta condición, se busca realizar un muro de contención de tipo gravedad con los materiales más gruesos que contengan el relleno del material depositado. Suele sugerirse este tipo de conformaciones a fin de evitar el uso de grandes extensiones de terreno para poder lograr la estabilidad de los depósitos de relleno, o cuando las condiciones del suelo de base no presentan buenas características de resistencia y deformación (**Figura 2.2.2-166**).

**Figura 2.2.2-166 ZODME con dique o muro de pie**

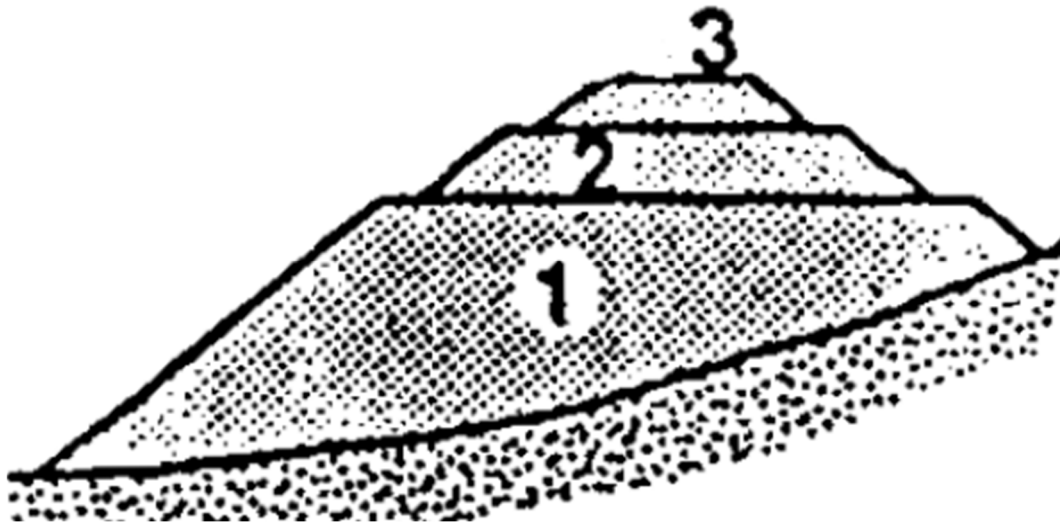


*Fuente: Instituto Tecnológico Geominero de España, 1989; Adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)*

- **ZODME por fases superpuestas**

Este tipo es de alta estabilidad, dado que reduce los taludes a medida que se asciende en su conformación, así mismo, dan un mayor aporte a la compactación de los elementos inferiores, la ejecución de estos rellenos parte desde la base con un área extensa a una altura determinada, se da una transición en el relleno a fin de reducir la altura máxima del talud a conformar, posteriormente se levanta nuevamente la ZODME a una altura menor y se vuelve a realizar la transición del material, este proceso se ejecuta hasta la altura máxima prevista que deba alcanzar la ZODME (Figura 2.2.2-167).

**Figura 2.2.2-167 ZODME por fases superpuestas**



Fuente: Instituto Tecnológico Geominero de España, 1989; Adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

Bajo el panorama reseñado, los principales criterios que se tienen en cuenta para la definición de estas áreas son:

- Zonas planas o de baja pendiente, localizadas en proximidades de vías principalmente existentes.
- Áreas preferiblemente desprovistas de vegetación arbórea o arbustiva.
- Sectores con condiciones geotécnicas adecuadas referentes a zonas estables que no registren fenómenos de remoción en masa.
- Una vez seleccionada la ubicación, para la disposición de estos materiales, se tendrán en cuenta entre otras las siguientes consideraciones constructivas:
  - Remoción de la capa vegetal.
  - Conformación de un acopio temporal.
  - Construcción de un sistema de contención en la base del relleno (diques; muro de gaviones; muro en concreto; otros).
  - Implementación de sistemas de drenaje para el manejo de aguas subsuperficiales y producto de infiltración.
  - Implementación de obras para el manejo de aguas de escorrentía por medio de cunetas, estructuras de caída y canales en caso de requerirse. Estas estructuras contarán con disipadores de energía en los puntos de entrega con el fin de prevenir fenómenos erosivos.
- La disposición de los materiales se hace principalmente en forma de terraplén o de acuerdo los métodos constructivos descritos anteriormente.

- En caso de construir taludes, las pendientes que pueden variar entre 2H y 3H: 1V y 2 V, y de requerirse bermas no menores de 3 metros, o la recomendada en el diseño según las características de los materiales.
- Consideraciones de acuerdo con el tipo de material a disponer, por ejemplo, cuando se trata de material rocoso, se puede ubicar de adentro hacia afuera para que se pueda hacer una selección de tamaños; los fragmentos más grandes pueden situarse hacia la parte externa del depósito, de forma que sirvan de protección definitiva del talud.
- El material más fino puede quedar ubicado hacia la parte interior del depósito, con el fin de disminuir las infiltraciones de agua al depósito, deben densificarse las dos últimas capas, mediante varias pasadas del tractor de orugas (se recomienda por lo menos 10 pasadas).
- Generalmente el método, requiere que los materiales depositados se perfilen los taludes, para proceder a su cobertura con los materiales de descapote, evitando así la erosión por escorrentía superficial, cuando se requiere suspender la colocación de materiales, se protegen en el menor tiempo posible las zonas desprovistas del relleno.
- Terminada la colocación del material, se construirán canales interceptores en la corona del depósito y a lo largo del mismo, los descoles de estos drenajes se deberán llevar hasta los canales naturales o niveles base.
- No hay una altura final estándar, ya que esta variable depende de múltiples factores entre los cuales se cuenta la estabilidad, que también es función de las obras que se hayan contemplado en el diseño para evitar que la ZODME colapse.
- En la etapa de clausura se cubre la superficie de la ZODME con una capa orgánica producto del descapote y se realizara la siembra de especies nativas.
- El material dispuesto en las ZODME existentes y/o proyectadas podrá ser tratado y/o mejorado fisicoquímicamente y podrá ser reutilizado internamente o como materia prima para otros procesos o actividades industriales con aliados externos (simbiosis industrial), como iniciativas de Economía Circular de ECOPEPETROL S.A.

En la **Tabla 2.2.2-111** se listan las actividades a ejecutar para la conformación de las ZODMEs.

**Tabla 2.2.2-111 Actividades a ejecutar para la construcción y operación de Zonas de Disposición de Materiales Sobrantes de Excavación ZODME**

ETAPA	SUBETAPA	ACTIVIDAD	ID
CONSTRUCTIVA (OBRAS CIVILES NECESARIAS)	ADECUACIÓN Y/O CONSTRUCCIÓN DE INFRAESTRUCTURA BÁSICA, APOYO, FACILIDADES DE PRODUCCIÓN Y ELÉCTRICA	Localización y replanteo	A3
		Desmonte, descapote, rocería y limpieza	A4
		Cuneteo, extendido, nivelación y compactación	A5
		Movimiento de tierras (excavación, cortes y rellenos)	A6
		Obras para manejo de drenajes, aguas superficiales y aguas aceitosas	A8
		Construcción de estructuras en concreto	A9
		Estabilización y revegetalización de Taludes	A10
		Suministro e instalación de estructuras metálicas	A11
		Operación de maquinaria y equipos	A12

Fuente: (ECOPEPETROL S.A., 2023); Adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

Las actividades a realizar para la conformación de las ZODMEs, son similares a las descritas en la estrategia de desarrollo 2.2.2.1.1.3 Construcción de Locaciones (ED3). Es de señalar que se tienen otra serie de actividades que, si bien no son parte del proceso constructivo, son complementarias a este proceso, en este sentido se contemplan actividades preoperativas, desmantelamiento y abandono, y finalmente actividades transversales, así las cosas, y en aras de no ser repetitivos en la información presentada las mismas se consignan y se encuentran descritas de manera general en la Tabla 2.2.2-2. Finalmente, a continuación, se describen las actividades diferenciales o particulares para la presente Estrategia de desarrollo

- **Obras para manejo de drenajes, aguas superficiales y aguas aceitosas (A8)**

Esta actividad cubre las diferentes labores destinadas a realizar un control y manejo de las aguas de escorrentía en procura de evitar la gestación y desarrollo de procesos erosivos que afecten las ZODMEs; por lo cual, será necesaria la construcción de obras de drenaje para la evacuación del agua de escorrentía superficial hacia los drenajes naturales, de manera que no se altere la escorrentía natural de la zona a intervenir.

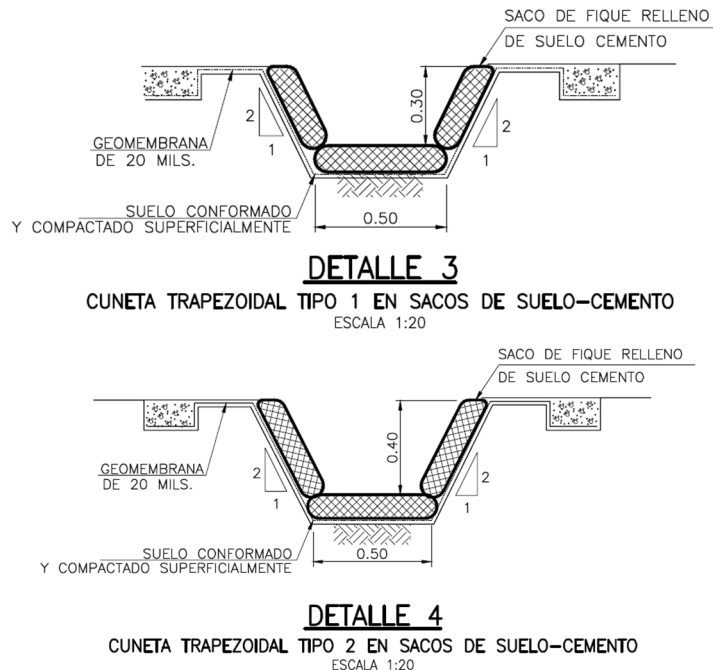
Las obras contemplarán sistemas de recolección de agua lluvia que permita su rápida y eficiente evacuación, los cuales pueden estar constituidos por cunetas, descoles, disipadores, cortacorrientes, desarenadores, entre otros, que permitan reducir la velocidad del agua, evitando el desarrollo de procesos erosivos y el aporte de sedimentos a las zonas aledañas que puedan generar el deterioro de áreas y/o estructuras.

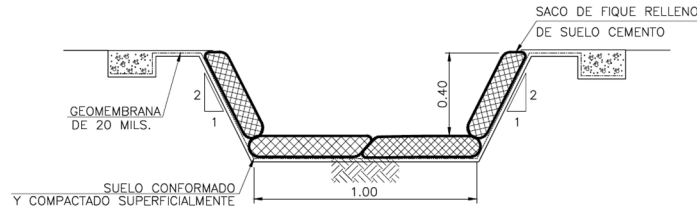
En las terrazas conformadas se construirán obras de manejo de aguas de escorrentía para garantizar su estabilidad, se implementarán canales de coronación evitando el desarrollo de procesos erosivos. Este tipo de obra podrá ser construido en cualquier material que garantice su durabilidad, pueden estar constituidas por cunetas, descoles, disipadores, cortacorrientes, desarenadores, entre otras.

- **Sacos rellenos de suelo o suelo-cemento instalados sobre el terreno natural**

Esta opción busca dar una protección al suelo de tal manera que se minimicen los procesos de socavación. Consiste en llenar y sellar sacos de fibra natural con suelo sobrante o una mezcla de suelo-cemento sin elementos extraños como palos, vegetación o cualquier otro que pueda disminuir la vida útil del saco (Figura 2.2.2-168).

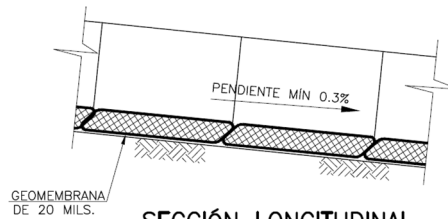
**Figura 2.2.2-168 Cuneta en sacos de suelo cemento**





**DETALLE 5**

CUNETA TRAPEZOIDAL TIPO 3 EN SACOS DE SUELO-CEMENTO  
ESCALA 1:20



**SECCIÓN LONGITUDINAL**

CUNETA TRAPEZOIDAL EN SACOS DE SUELO-CEMENTO  
ESCALA 1:20

Fuente PLAN DE MANEJO AMBIENTAL ESPECÍFICO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE LA ZODME 3 Y SU VÍA DE ACCESO EN EL CAMPO DE PRODUCCIÓN 50K, Ecopetrol S. A. 2022; Adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

- **Geo-membranas o Geo-textiles instalados sobre el terreno natural**

Consiste en instalar una geo membrana o textil impermeable que garantice la protección del suelo, evite procesos de socavación y facilite la rápida evacuación de las aguas lluvias (Fotografía 2.2.2-10).

**Fotografía 2.2.2-10 Cuneta en geotextil y/o geomembrana**



Fuente:

<https://www.infoagro.com/empresas/producto.asp?ide=15745&idp=11&.geotextiles+para+cunetas+y+torreteras+y+lagona+s+mercurio+construccion>; Adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

- **Descoles**

Se pueden conformar en tierra, en material in situ o en conglomerado, en sectores donde la pendiente transversal sea suave y podrán ser revestidas en sacos de suelo – cemento, piedra pegada o concreto, en lugares donde la pendiente transversal sea muy pronunciada, conformando o incluyendo disipadores de energía.



- **Disipadores de energía**

El agua recogida por los canales e interceptores de la vía o los taludes, es entregada a los canales de alta velocidad, generalmente en la dirección del talud, lateralmente a la zona inestable, mediante estructuras de reducción de velocidad conocidas como torrenteras o “disipadores”. Los canales deben conducirse a entregas, en gradería u otro disipador de energía, que conduzcan el agua recolectada hasta un sitio seguro. Se utilizan dos tipos de torrentera: el canal rápido y el canal en gradería, cada uno de éstos tiene varias posibilidades de metodología de disipación de la energía (**Fotografía 2.2.2-11**).

**Fotografía 2.2.2-11 Disipador de energía**



Fuente: [http://www.idea.manizales.unal.edu.co/gestion\\_riesgos/descargas/ponencias/Manual\\_estructuras\\_vertimiento.pdf](http://www.idea.manizales.unal.edu.co/gestion_riesgos/descargas/ponencias/Manual_estructuras_vertimiento.pdf).  
Adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

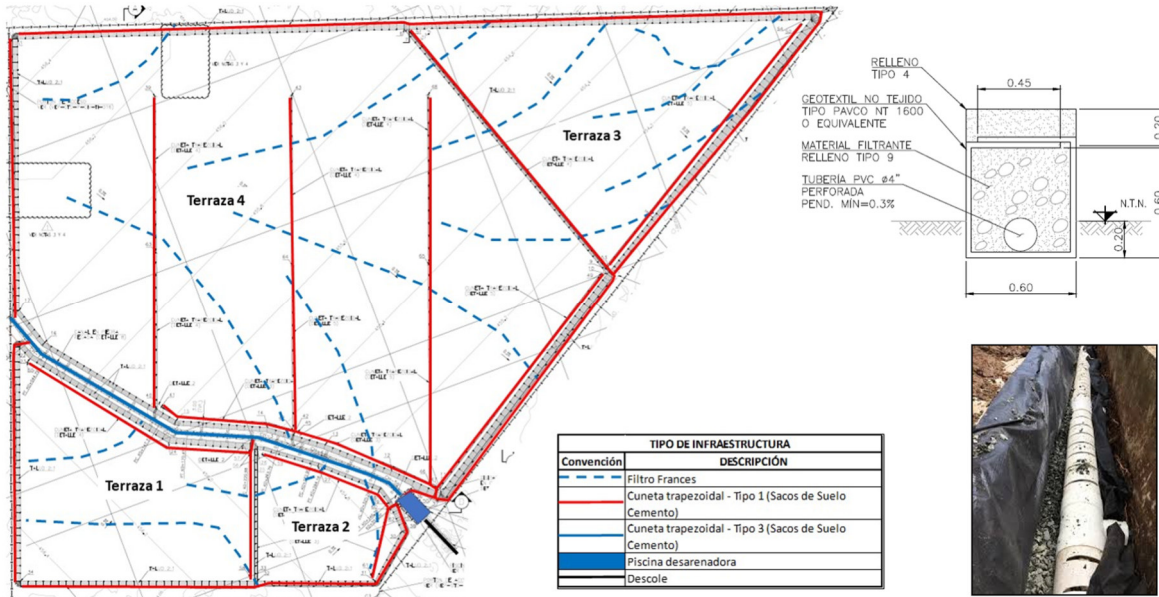
- **Canal rápido**

Este sistema de conducir las aguas recolectadas en un talud es muy empleado por ser el más económico. En sencillos modelos hidráulicos de laboratorio, se puede obtener el valor de rugosidad que se debe emplear de acuerdo con las características del flujo. El canal rápido se construye con una pendiente igual a la del talud, generalmente con forma de canal. A lo largo de las torrenteras se recomienda colocar elementos que produzcan alta rugosidad para generar flujo amortiguado y minimizar la velocidad del agua. Es importante que los canales incluyan elementos o estructuras para disipar la energía del agua y de acuerdo con las necesidades de disipación y con las condiciones del flujo.

- **Filtro francés**

Son zanjas poco profundas recubiertas de geotextil y rellenas de material filtrante, en el que suele haber un conducto inferior de transporte. Están diseñados para estos filtros se utilizan para abatir el nivel freático.

Figura 2.2.2-169 Ejemplo de distribución de red de drenajes y filtros franceses

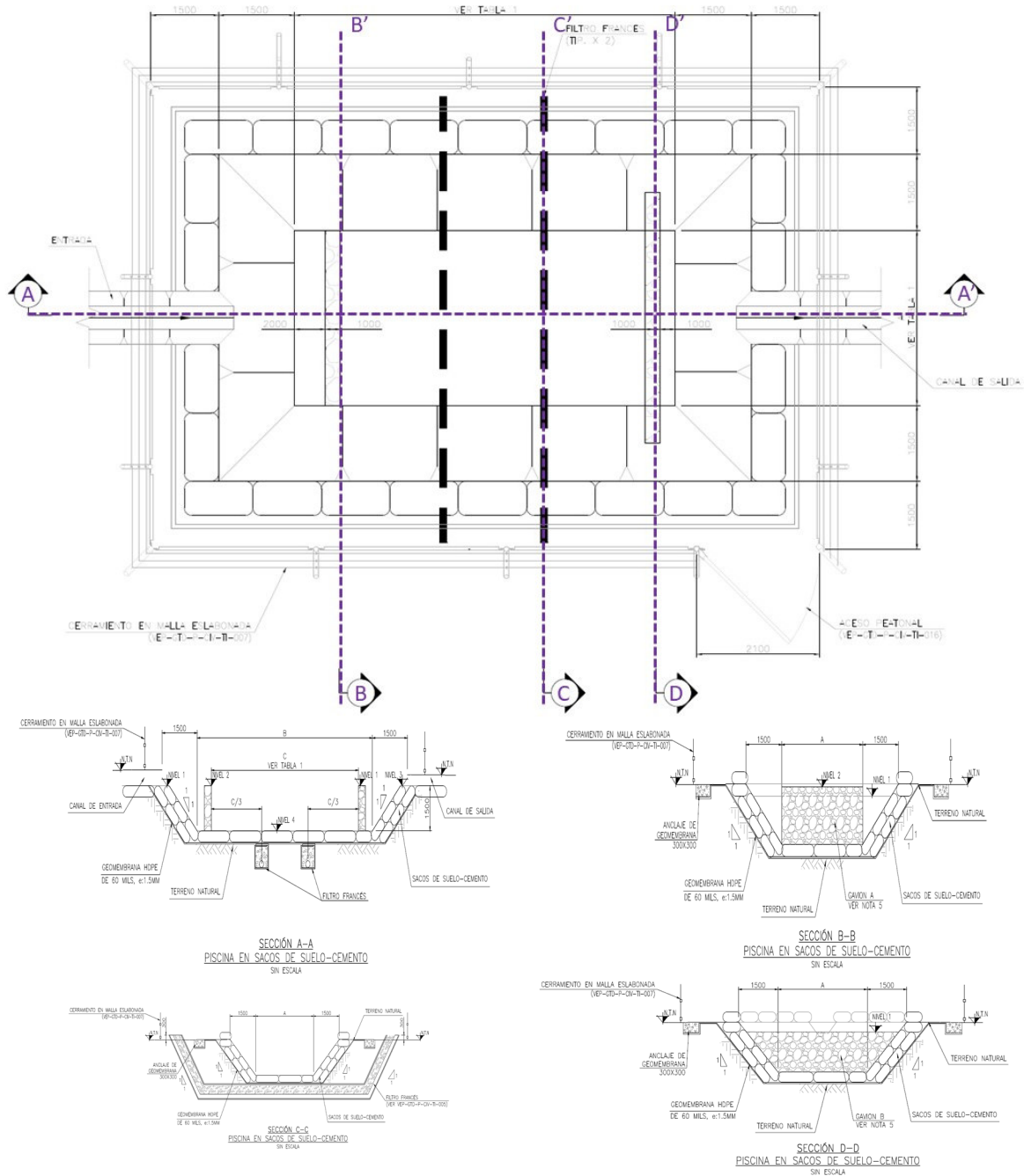


Fuente PLAN DE MANEJO AMBIENTAL ESPECÍFICO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE LA ZODME 3 Y SU VÍA DE ACCESO EN EL CAMPO DE PRODUCCIÓN 50K, Ecopetrol S. A. 2022; Adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

○ **Piscina sedimentadora**

Una piscina de sedimentación es una excavación artificial destinada a la acumulación de sólidos y líquidos con alto contenido de sedimentos cuya función principal es permitir la decantación de los sólidos en suspensión en un determinado período de tiempo. Esta estructura recibe las aguas entregadas por el sistema de drenaje: Drenes franceses y Cuentas trapezoidales. En la **Figura 2.2.2-170** se presenta esta estructura en planta y secciones de diseño respectivas.

Figura 2.2.2-170 Detalle piscina sedimentadora



Fuente PLAN DE MANEJO AMBIENTAL ESPECÍFICO PARA LA CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE LA ZODME 3 Y SU VÍA DE ACCESO EN EL CAMPO DE PRODUCCIÓN 50K, Ecopetrol S. A. 2022; Adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

**2.2.2.5.3.4 Ubicación de instalaciones (incluir cuantificación de movimientos de tierra, redes de drenaje, áreas de tratamiento y disposición de residuos, zonas de almacenamiento de insumos, sustancias y combustibles y teas)**

➤ **Movimientos de tierra**

Para la conformación de las ZODME espera un movimiento de tierras tal como se observa en la **Tabla 2.2.2-112**. Donde se estima para el cálculo del descapote un espesor promedio de 0,20m y para la excavación un espesor promedio de 1,20m sobre las áreas de intervención donde se estimada del 10% del área total a solicitar, para la conformación de filtros e infraestructura conexas. Del volumen total de excavación generado (36000 m<sup>3</sup>), se contempla reutilizar hasta el 50% del material y hasta un 50% del mismo podrá ser dispuesto en las ZODME a conformar.

Para la adecuación de las ZODME, se tomando las condiciones promedio de terraplén hasta 0,60m, bajo la especificación técnica de relleno 2H: 1V se prevé un volumen de material para conformar del mismo de 4800 m<sup>3</sup>, los cuales en la medida de lo posible será obtenido de las zonas donde sea necesario ejecutar la actividad de corte ó excavación. Es importante mencionar que el volumen de relleno se estima considerando que se realizará un terraplén según las especificaciones técnicas planteadas para las ZODME.

Para la conformación de los filtros y demás sistemas para manejo de aguas lluvias, se estima la adecuación con material granular dadas las exigencias técnicas, que se prevé para el área de desarrollo. El material granular corresponde al afirmado o material de arrecife que comúnmente se emplea para la construcción de los accesos de los proyectos explotación ejecutados en el sector, así mismo en caso en que Ecopetrol planea fundir en concreto estas requieren de una conformación en sub-base granular y base granular para los cuales los cálculos de volúmenes de material fueron calculados para un área máxima de hasta 8Ha distribuidas hasta en 2 Zodmes requeridas.

Los volúmenes de material tanto en corte como en relleno serán estimados al momento de la intervención de cada ZODME y presentados dentro de los respectivos Planes de Manejo Ambiental Especificos, pero teniendo como premisa no superar las cantidades solicitadas para la presente estrategia de desarrollo.

**Tabla 2.2.2-112 Volumen estimado de movimiento de tierras para la conformación de las ZODME**

Tipo de actividad	Área total (ha)	Área total (ha)	Área total a solicitar para esta estrategia (m <sup>2</sup> )	Espesor Descapote (m)	Espesor promedio excavación (m)	Espesor afirmado y relleno (m)	Volumen Descapote (m <sup>3</sup> )	Volumen Excavación (m <sup>3</sup> ) (*)	Volumen Afirmado y relleno (m <sup>3</sup> )
Construcción y operación de Zonas de Disposición de Materiales Sobrantes de Excavación - ZODME-	Se solicita un área máxima hasta de treinta (30) hectáreas distribuidas hasta en 3 áreas de extensión variable. (**)	8	80000,00	0,20	1,20	0,60	16000,00	9600,00	4800,00

Nota general: Las cantidades presentadas son estimadas y se ajustarán en función de los diseños presentados en los PMAE con base en las especificaciones técnicas que apliquen

Nota(\*): Se estima que del volumen total de excavación se contempla reutilizar hasta el 50% del material y hasta un 50% del mismo podrá ser dispuesto en las ZODME a conformar; el volumen calculado corresponde a una intervención estimada del 10% del área total a solicitar, para la conformación de filtros e infraestructura conexas

Nota (\*\*): Es de señalar que adicionalmente cada plataforma y facilidades contará con áreas para ZODME que serán de uso mixto (material y descapote), pero las mismas no hacen parte de las áreas de ZODME a solicitar, sino que hacen parte integral de cada tipo de infraestructura que contemple en su diseño este tipo de área

Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

En el caso en el cual el material obtenido del corte no sea suficiente para cubrir las necesidades del terraplén, el material puede ser adquirido de fuentes de materiales o canteras que cuenten con el

título minero y licencia ambiental vigente, en los cuales autorice la explotación y comercialización de los materiales necesarios. Las fuentes de material propuestas para el proyecto se pueden apreciar en el Capítulo 4, sin embargo, en el momento de la construcción, el proyecto deberá generar una actualización de las canteras legalmente autorizadas y que cuenten con el material necesario. En el informe de cumplimiento legal ambiental se deberán adjuntar los documentos que acrediten los respectivos permisos de las canteras y los volúmenes utilizados.

### 2.2.2.5.3.5 Estimativos de maquinaria, equipos y mano de obra

La maquinaria y equipo utilizado está representada por aquella destinada al movimiento de tierras representados en excavación y conformación de rellenos (i.e: buldócer, retroexcavadora, motoniveladora, vibro compactador, volqueta), transporte de maquinaria, materiales, equipos (i.e: camión tipo tanque, montacargas, buseta y/o vans, camionetas doble cabina entre otros); El listado de equipos requeridos para la construcción de una ZODME se consignan en la **Tabla 2.2.2-113**.

**Tabla 2.2.2-113 Estimativo de maquinaria y equipos requerido para conformación de un ZODME**

Maquinaria	Cantidad
Retroexcavadoras.	2
Compactadores y Vibro compactadoras.	1
Compactadores manuales (Apisonador o canguro, placa vibradora o rana). *	2
Volqueta	2
Bus o buseta	1
Camioneta doble cabina	1
Carrotanque	1
Mezcladora (Trompo)	1
Motobombas 6"	1
Motobombas 4"	1
Herramientas menores	-

*Nota: Estas cantidades son estimadas y podrán variar de conformidad con los requerimientos del proyecto y de las actividades a desarrollar.*

*Fuente: Antea Colombia S. A. S., 2022*

En cuanto a la ejecución de las actividades de obra civil para el desarrollo del proyecto, es necesario contar con una cantidad de cuarenta y tres (43) personas distribuidas entre mano de obra formada y no formada, cantidad que podrá variar de acuerdo con los requerimientos del proyecto. En la **Tabla 2.2.2-114** se relaciona el personal estimado para la construcción y operación de una ZODME. La cantidad de personal es estimada y podría variar según el proyecto a ejecutar, por imprevistos en el desarrollo de las obras o variación de las condiciones del entorno, entre otros casos.

**Tabla 2.2.2-114 Personal requerido para la construcción y operación de una ZODME**

Actividad	Cargo	Cantidad	Mano de obra
REPLANTEO Y CONTROL TOPOGRÁFICO	Topógrafo	2	Profesional
	Cadenero	4	No Profesional
	Estaquero o ayudante	4	No Profesional
OBRAS CIVILES ASOCIADAS A LA CONFORMACIÓN	Ingenieros	2	Profesional
	Maestro de obra	2	Profesional
	Oficiales	4	Profesional
	Obreros	16	No Profesional
MOVIMIENTO DE TIERRAS Y COMPACTACIÓN	Operador retroexcavadora	2	Profesional
	Operador motoniveladora	1	Profesional
	Operador compactador	1	Profesional
MOVILIZACIÓN Y ACARREO	Conductor Volquetas	2	Profesional
	Conductor carro-tanques	1	Profesional
	Conductor camionetas	2	Profesional
<b>CANTIDAD APROXIMADA</b>		<b>43</b>	

*Nota: El personal indicado es estimado, el número dependerá de los requerimientos propios del proyecto y de la actividad específica que se lleve a cabo. Por tal razón, el personal podrá variar según lo presentado*

*Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)*



#### **2.2.2.5.3.6 Asentamientos humanos e infraestructura social, económica y cultural a intervenir**

El proyecto para el Área de Desarrollo Llanos 141 determinó una Zonificación de Manejo Ambiental -ZMA- a partir de la cual se proyectaría la ubicación de las diferentes estrategias de desarrollo en función de las exclusiones y/o condiciones que esta ZMA establece; en este sentido, los asentamientos humanos no serían intervenidos con ocasión del proyecto. Sin embargo, en función de las condiciones que desde el diseño se visualizan, de los procesos y métodos constructivos y demás premisas para la intervención en el área con las diferentes estrategias de desarrollo y sus actividades particulares, enmarcado siempre en la Jerarquía de la Mitigación (como enfoque estratégico para abordar los impactos ambientales desde la prevención y minimización de estos), es factible la intervención en áreas que cuenten con algún tipo de infraestructura social que pueda ser trasladada o construida de nuevo prestando el servicio para el cual fue inicialmente concebida (v.g aljibes y/o pozos profundos). Por su parte, las unidades familiares que eventualmente presenten algún tipo de afectación, con ocasión de las actividades del proyecto, serían objeto de un traslado temporal que no implica la reubicación de la unidad familiar.

En virtud de lo anterior, se reitera que los asentamientos humanos no serán objeto de intervención y que en todos los casos (y para todas las estrategias de desarrollo contempladas) en el presente EIA se incluye, como parte del Programa de Compensación Social, la ficha de Manejo de la infraestructura social potencialmente afectada, cuyo objetivo es el de “Garantizar el restablecimiento de infraestructura social afectada por las estrategias de desarrollo del proyecto” y para ello cuenta las acciones tendientes a implementar las medidas necesarias para que la infraestructura social y comunitaria eventualmente afectada sea restablecida.

#### **2.2.2.5.3.7 Equipos y sistemas de control para emisiones atmosféricas (gases, material particulado y ruido) por fuentes fijas y móviles**

Las emisiones atmosféricas (gases, material particulado y ruido ambiental) son consideradas en la evaluación de impactos ambientales con ocasión del proyecto; en este sentido, fueron identificados y evaluados los impactos “Alteración a la calidad del aire[1]” y “Alteración en los niveles de presión sonora[2]” y, en consecuencia, se planteó en el presente EIA el Programa de manejo del recurso aire con las correspondientes fichas de manejo de fuentes de emisiones atmosférica y manejo de fuentes de ruido, cuyos objetivos son:

- Establecer las medidas de manejo ambiental que permitan prevenir y mitigar las emisiones de contaminantes a la atmósfera, que se puedan generar por el desarrollo del proyecto.
- Implementar las acciones de manejo para los impactos asociados a la calidad de aire mediante el control de material particulado y emisiones en fuentes móviles y fijas que así lo requieran.
- Controlar y atenuar los niveles de presión sonora generada durante todas las etapas del proyecto con el fin de no aportar más niveles de ruido de los ya registrados en línea base.

En virtud de lo anterior, las fichas propenden, entre otros, por el uso de maquinaria con bajas emisiones (con motores modernos, eficientes y mantenidos que cumplen con las normativas en materia de emisión y ruido); por la implementación de sistemas de reducción de emisiones (como catalizadores, filtros u otros que sean técnica y económicamente viables y permitan disminuir la cantidad de gases emitidos); sistemas y/o programas de riego para el control de material particulado, en conjunto con barreras y/o cubiertas que eviten la dispersión; barreras acústicas, maquinarias con niveles de ruido reducidos, entre otros.

#### **2.2.2.5.3.8 Relación de las actividades de mantenimiento, incluyendo insumos, residuos y tratamiento**

Las actividades de mantenimiento se clasifican, por la frecuencia como se repiten rutinarias y periódicas; sin embargo, en la práctica, las rutinarias se refieren a las actividades repetitivas que se efectúan continuamente y las periódicas son aquellas actividades que se repiten en lapsos más prolongados de tiempo (i.e: semestrales, anuales, etc.); bajo estas consideraciones, se definen los tipos de mantenimiento de la siguiente manera:

##### ➤ **Mantenimiento rutinario**

Conjunto de actividades que se ejecutan de manera permanente, estos tienen una programación de intervención en periodos menores a un año; la finalidad de estas intervenciones es la conservación de todos los elementos con mínimo desarrollo de alteraciones o de daños y, en lo posible, conservando las condiciones que tenía después de su construcción.

##### ➤ **Mantenimiento periódico**

Conjunto de actividades que se ejecutan en periodos cercanos al año, con el propósito de evitar la aparición o el agravamiento de defectos mayores, y de conservar la integridad estructural de la infraestructura, de corregir algunos defectos puntuales mayores, y asegurar la funcionalidad de los diferentes equipos.

##### ➤ **Atención de emergencias**

Al interior de las facilidades pueden presentarse emergencias, ocasionadas por fenómenos naturales, tales como períodos de lluvias o de sequías prolongados; deslizamientos, inundaciones y otros similares, los cuales pueden desembocar en afectaciones graves en los elementos que hacen parte de la infraestructura que hace parte de las facilidades o de los equipos existentes; de igual manera pueden presentarse daños por intervención humana.

#### **2.2.2.5.3.9 Sistemas y fuentes de generación de energía**

Particularmente, se puede presentar el uso de motores diésel, con consumos promedio de aproximadamente 200 – 250 galones por motor

El transporte de combustible se realiza principalmente por medio del uso de carrotanques que cuenten con todas las medidas de seguridad establecidas por Ecopetrol S.A., los bomberos y el Ministerio de Transporte. Una vez llegue a las facilidades, podrá ser almacenado en tanques debidamente señalizados y se emplean todas acciones orientadas a prevenir derrames

#### **2.2.2.5.3.10 Desmantelamiento y restauración de las áreas intervenidas por la actividad constructiva**

Todas las instalaciones construidas en cualquier facilidad de producción serán retiradas una vez se decida abandonar el campo, y se garantizará que las áreas ocupadas tengan un proceso de restauración y revegetalización si el caso lo amerita; todos los equipos serán desmantelados y retirados siguiendo los protocolos de Ecopetrol S.A.

La limpieza de todos los residuos generados tales como sobrantes de concreto, bolsas de cemento, cintas de seguridad, madera, sobrantes de acero, alambres, etc.; el retiro de la maquinaria pesada que se usó junto con las herramientas menores como mezcladoras, carretillas, palas, etc.; la clausura de las letrinas secas o el retiro de los baños portátiles.

Se debe realizar la empujización y recuperación mediante obras paisajísticas, de las áreas intervenidas de acuerdo con los programas de manejo ambiental establecidos para tal fin en el capítulo 7 y su respectivo seguimiento definido en el capítulo 8 del presente documento.

En la etapa de clausura se cubre la superficie de la ZODME con una capa orgánica producto del descapote y se realizara la siembra de especies nativas.

Todas las actividades necesarias para el adecuado desmantelamiento y restauración de las áreas intervenidas se presentan de forma detallada en el Capítulo 10\_PLAN\_DESMANTELAMIENTO Y ABANDONO.

### 2.2.2.5.3.11 Duración de las obras, etapas y cronograma de actividades

El cronograma general presentado reúne las diferentes estrategias de desarrollo contempladas para el Área de Desarrollo Llanos 141, corresponde a una proyección de tiempos estimados de ejecución de las mismas y puede presentar variaciones en función del desarrollo de las diferentes actividades a ejecutar, así las cosas, es de señalar que en función de los resultados obtenidos y tiempos de duración de las pruebas de producción realizadas en la fase de exploración, este cronograma puede ser ajustado en aras de dar inicio paralelo a la implementación de las estrategias de desarrollo asociadas a la operación y producción definidas para el Área de Desarrollo y que se encuentran contempladas en el presente EIA.

A continuación, en la **Tabla 2.2.2-115** y **Tabla 2.2.2-116** se presentan las fases de desarrollo del campo en las que se contempla la perforación de pozos y la duración de las actividades a desarrollar durante el proceso de perforación para un pozo de producción tipo.

**Tabla 2.2.2-115 Fases de desarrollo del campo en donde se contempla la construcción y operación de Zonas de Disposición de Materiales Sobrantes de Excavación -ZODME-**

ID	ESTRATEGIA DE DESARROLLO	CICLO ASOCIADO AL DESARROLLO DEL CAMPO	ED	ESTRATEGIAS DE DESARROLLO	CANTIDADES A SOLICITAR	CANTIDADES PROYECTADAS POR FASE	0			1														
							EXPLORACIÓN			DESARROLLO - PRODUCCIÓN														
							AÑOS																	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15										
5	Facilidades de producción	Estrategias asociadas a la producción de hidrocarburos	ED12	Construcción y operación de Zonas de Disposición de Materiales Sobrantes de Excavación - ZODME-	Área ZODME: hasta 8 ha.																			

Nota (\*): A partir de concluida la construcción, las fases siguientes corresponderán a la operación asociada a este tipo de infraestructura

Nota (\*): Durante l fase de exploración, el material sobrante de excavación se dispondrá en la ZODME que hace parte integral de la locación a construir.

Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

**Tabla 2.2.2-116 Duración estimada para la construcción y operación de Zonas de Disposición de Materiales Sobrantes de Excavación -ZODME-**

Ciclo asociado al desarrollo del campo	Actividades	MESES					
		1	2	3	4	5	6
Estrategias asociadas a la producción de hidrocarburos	Localización y replanteo						
	Desmante, descapote, rocería y limpieza						
	Cuneteo, extendido, nivelación y compactación						
	Movimiento de tierras (excavación, cortes y rellenos)						
	Construcción de obras para cruces de drenajes (ocupaciones de cauce)						

Ciclo asociado al desarrollo del campo	Actividades	MESES					
		1	2	3	4	5	6
Estrategias asociadas a la producción de hidrocarburos	Obras para manejo de drenajes, aguas superficiales y aguas aceitosas						
	Construcción de estructuras en concreto						
	Estabilización y revegetalización de taludes						
	Construcción e instalación de estructuras metálicas y/u otros materiales						
	Operación de maquinaria y equipos						

Nota (\*): Tiempos estimados que podrán variar en función de las necesidades y condiciones del proyecto  
Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

### 2.2.2.5.3.12 Impactos ambientales asociados

Los impactos generados por el desarrollo de estas subactividades se presentan en el Capítulo 5, Evaluación Ambiental, del presente documento.

### 2.2.2.5.4 Construcción y operación de centro de acopio (ED13)

El Centro de Acopio tendrá como objetivo la operación de los sistemas de almacenamiento temporal de residuos provenientes de la perforación, logrando allí la clasificación, tratamiento y/o disposición final. Esto permitirá eventualmente reducir el número y área de las piscinas en cada clúster y a su vez, en el marco de un modelo de consumo y producción sostenible en el que los materiales permanezcan mayor tiempo en el ciclo productivo, aprovechar los recursos a partir de la recuperación de productos que puedan ser reutilizados (caso de agua industrial tratada, fluido de perforación acondicionado y material (cortes de perforación) sólido estabilizado).

Cabe resaltar que la operación del Centro de Acopio permitirá, entre otros, recuperar la mayor cantidad de material para su reutilización, minimizar los volúmenes de tratamiento de desechos y controlar el lodo base agua resultante; es decir, esta estrategia de desarrollo constituye una oportunidad para la sostenibilidad en el marco de la economía circular. Las áreas requeridas para el desarrollo de esta estrategia se ubicarán en lo posible cerca de plataformas existentes o proyectadas, así como a plantas para el manejo de estos, pero siempre en consonancia a las zonas habilitadas de acuerdo con la Zonificación de Manejo del presente Estudio.

#### 2.2.2.5.4.1 Cantidades requeridas para el Área de Desarrollo Llanos 141

Se solicita una extensión de hasta cinco (5 ha); con el propósito de conformar un (1) centro de acopio en el que se realizará el recibo, manejo y almacenamiento temporal de lodos y/o cortes de perforación antes de ser enviados a las áreas destinadas para su disposición final, definidos por la compañía o entregados a terceros autorizados, para su manejo final. La definición y localización de estas, se realizará en consonancia a las necesidades del desarrollo del campo y a la luz de la zonificación de manejo ambiental que hace parte integral de este estudio (Tabla 2.2.2-117).

Tabla 2.2.2-117 Áreas para Construcción y operación de centro de acopio a solicitar

Tipo de actividad	Área total (ha)
<b>Construcción y operación de centro de acopio</b>	Se solicita una extensión de hasta cinco (5 ha); con el propósito de conformar un (1) centro de acopio en el que se realizará el recibo, manejo y almacenamiento temporal de lodos y/o cortes de perforación antes de ser enviados a las áreas destinadas para su disposición final, definidos por la compañía o entregados a terceros autorizados, para su manejo final

Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

#### 2.2.2.5.4.2 Alternativas de ubicación y selección de sitios (criterios técnicos, tecnológicos y ambientales)

La ubicación de los Centros de acopio será proyectada en función del crecimiento del campo y según el desarrollo cronológico de las diferentes estrategias de desarrollo, buscando una localización equidistante a estas estrategias, tratando de disminuir los desplazamientos, procurando por intervenciones en áreas ya transformadas, lo cual favorece las valoraciones de los impactos propios de la actividad.

La ubicación final de los sitios para los Centros de acopio atenderá las condiciones establecidas al campo en materia de Zonificación de Manejo Ambiental y su ubicación final será definida en el plan de manejo ambiental específico.

La operación del Centro de Acopio busca beneficios tanto a nivel operativo como ambiental y en este sentido se tiene una serie de criterios que incentivan la construcción y operación de esta estrategia de desarrollo:

##### ➤ Criterios técnicos

- Optimizar el sistema de manejo y tratamiento de residuos sólidos y líquidos provenientes de la perforación.
- Reutilizar el mayor volumen posible de lodo residual y agua obtenida de los tratamientos.
- Minimizar los volúmenes de tratamiento de residuos y reducir el consumo de productos químicos.
- Disminuir el número de piscinas de recibo, mezcla y disposición de cada una de las plataformas proyectadas, optimizando el área de plataforma.
- Operar de manera más limpia en los frentes de trabajo.
- Centralizar la recepción, manejo y disposición de los cortes de perforación.

##### ➤ Criterios tecnológicos

Cabe precisar que, al igual que en todas las estrategias de desarrollo, se propenderá por el uso de tecnologías enmarcadas en la sostenibilidad y eficiencia de los procesos. En este orden de ideas, en el marco de la economía circular, en el Área de Desarrollo Llanos 141 se incentivará la reutilización de excedentes de material de excavación en actividades de nivelación del terreno, fundaciones y obras de relleno, etc. que se adelanten según lo requerido por las diferentes estrategias de desarrollo.

##### ➤ Criterios ambientales

- Disminuir volúmenes de desecho y consumo de química.
- Reducir la materialización de impactos ambientales producidos por la construcción y operación de piscinas.

#### 2.2.2.5.4.3 Procesos de producción y manejo de fluidos (crudo, agua y gas, entre otros)

Como se indicó anteriormente, en los Centros de Acopio se llevarán a cabo la clasificación, tratamiento y/o disposición de los residuos de la perforación:

- Residuos líquidos: compuestos por aguas industriales y lodos base agua y/o fluido de perforación, provenientes de las plataformas donde se realicen actividades de perforación y/o acondicionamiento de pozos (completamiento, conversión, etc.).
- Residuos sólidos: corresponde con los cortes de perforación y con aquellos descartados del sistema de tratamiento de lodos.



De manera general, el proceso de los residuos que llegan a los Centros de Acopio se prevé en dos líneas, así:

➤ **Actividades en pozo**

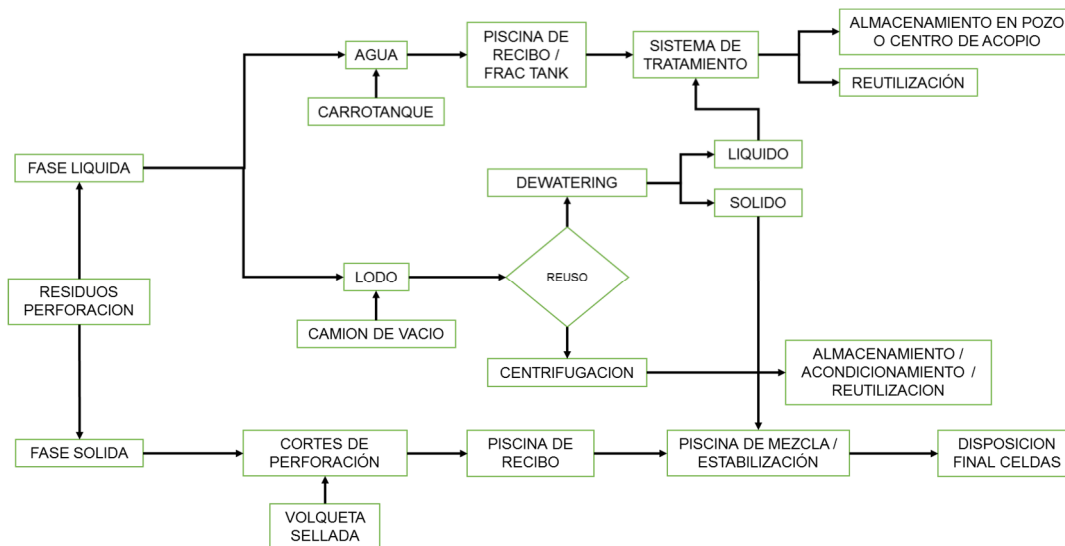
En pozo, el lodo y agua residual se recolecta en tanques cerrados desde donde es transportado, por medio de camiones de vacío que evitan un posible derrame, al Centro de Acopio para su tratamiento. Por su parte, los cortes de perforación son almacenados en tanques (catch tank) y de allí es transportado, por medio de volquetas, hacia los Centros de Acopio.

En cada plataforma en perforación se podría contar con zarandas y centrifugas a través de las cuales fluye el lodo para que recircule nuevamente en el proceso de perforación. En caso de requerir el cambio de estos lodos, estos son recolectados y almacenados para su posterior envío a los Centros de Acopio.

➤ **Proceso en Centros de Acopio**

Los Centros de Acopio contarán con un área de recibo y tratamiento la cual estará dotada con toda la infraestructura necesaria para el proceso, por ejemplo: piscinas de recibo, mezcla y agua; unidad de Dewatering, Shaker, centrifugas, Frac Tanks, Catch Tanks, laboratorio, bodega de químicos, generador, tanque de agua, entre otros. En la **Figura 2.2.2-171** se presenta el diagrama de procesos de los Centros de Acopio; para lo cual, cabe precisar que tanto los procesos como los equipos son estimados y podrán variar y/o ajustarse en función de las condiciones del proyecto y de la oferta tecnológica disponible al momento de realizar la actividad, propendiendo siempre por la mejora, optimización, operación segura y sostenible.

**Figura 2.2.2-171 Diagrama de procesos de los centros de acopio**



Fuente: (ECOPETROL S.A., 2020); adaptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

➤ **Proceso constructivo**

Estas áreas corresponden a zonas, donde se generará la instalación de equipos e infraestructura para el recibo, tratamiento y disposición de los residuos líquidos y sólidos provenientes de las actividades de perforación, estabilización y deshidratación de los lodos y cortes de perforación así como el tratamiento de los residuos líquidos industriales, contempla áreas de mezcla para la

homogenización de los cortes de perforación dentro del proceso de estabilización, y áreas para el acopio de los materiales nativos para trabajos de mezcla y homogenización de los cortes de perforación tratados y estabilizados. En todos los casos, el objetivo es acondicionar los residuos, para su reutilización y/o disposición según la normatividad ambiental vigente.

Una vez los cortes se encuentran en la superficie son separados del lodo mediante el equipo de control de sólidos con que cuenta el taladro (Saranda, desilter, desander, mud cleaner) y por el sistema de tratamiento de cortes de perforación (centrífugas, tornillo sinfin y catch tank). Una vez el lodo se encuentra libre de ripios, se recircula de nuevo al hueco generando un sistema cerrado de operación, cuando el lodo se encuentra contaminado o sus propiedades ya no pueden ser ajustadas, se acopia para su tratamiento, uso y aprovechamiento en otras actividades de la operación, o en sinergia con otras actividades en el área, o para generar su disposición final. El proceso de estabilización inicia con el acopio y manejo de lodos y corte de perforación, lo cual se realizará en primer lugar al interior de las plataformas. El acopio implica el aislamiento de los mismos del terreno natural, usualmente se emplea un material geo sintético. El diseño y la implementación del centro de acopio buscarán los siguientes objetivos:

- Optimizar el sistema de manejo y tratamiento de residuos sólidos y líquidos provenientes de la perforación de pozos.
- Minimizar los volúmenes de tratamiento de residuos y reducir el consumo de productos químicos.
- La misma operara bajo el siguiente principio: Reutilizar el mayor volumen posible de lodo residual y agua obtenida de los tratamientos.

En la **Tabla 2.2.2-118** se listan las actividades a ejecutar para la construcción y operación de Centros de acopio para el desarrollo de esta estrategia.

**Tabla 2.2.2-118 Actividades a ejecutar**

ETAPA	SUBETAPA	ACTIVIDAD	ID
CONSTRUCTIVA (OBRAS CIVILES NECESARIAS)	ADECUACIÓN Y/O CONSTRUCCIÓN DE INFRAESTRUCTURA BÁSICA, APOYO, FACILIDADES DE PRODUCCIÓN Y ELÉCTRICA	Localización y replanteo	A3
		Desmonte, descapote, rocería y limpieza	A4
		Cuneteo, extendido, nivelación y compactación	A5
		Movimiento de tierras (excavación, cortes y rellenos)	A6
		Construcción de obras para cruces de drenajes (ocupaciones de cauce)	A7
		Obras para manejo de drenajes, aguas superficiales y aguas aceitosas	A8
		Construcción de estructuras en concreto	A9
		Estabilización y revegetalización de Taludes	A10
		Suministro e instalación de estructuras metálicas	A11
		Operación de maquinaria y equipos	A12

Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2022)

El proceso constructivo para la construcción de este tipo de infraestructura es similar al descrito en la Estrategia de desarrollo 2.2.2.1.1.3 Construcción de Locaciones (ED3). Es de señalar que se tienen otra serie de actividades que, si bien no son parte del proceso constructivo, son complementarias a este proceso, en este sentido se contemplan actividades preoperativas, desmantelamiento y abandono, y finalmente actividades transversales, así las cosas, y en aras de no ser repetitivos en la información presentada las mismas se consignan y se encuentran descritas de manera general en la Tabla 2.2.2-2. Finalmente, a continuación, se describen las actividades diferenciales o particulares para la presente Estrategia de desarrollo

#### **2.2.2.5.4.4 Ubicación de instalaciones (incluir cuantificación de movimientos de tierra, redes de drenaje, áreas de tratamiento y disposición de residuos, zonas de almacenamiento de insumos, sustancias y combustibles y teas**

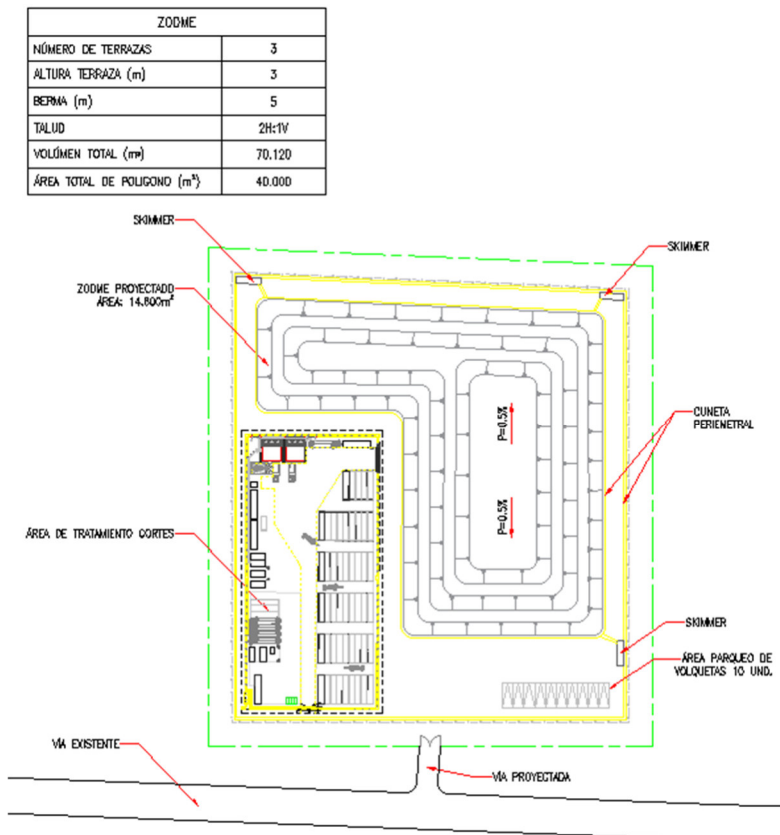
Topográficamente, el área de ubicación se buscará en lo posible sobre zonas planas o de baja pendiente, con el fin de minimizar los movimientos de tierra y buscando sectores cuyas condiciones

geotécnicas sean adecuadas y estables que no registren fenómenos de remoción en masa. Se buscará su ubicación final en proximidades de vías existentes y las áreas de intervención preferiblemente desprovistas de vegetación arbórea o arbustiva.

Estas áreas corresponden a zonas, donde se generará la instalación de equipos e infraestructura para el recibo, tratamiento y disposición de los residuos líquidos y sólidos provenientes de las actividades de perforación, estabilización y deshidratación de los lodos y cortes de perforación así como el tratamiento de los residuos líquidos industriales, contempla áreas de mezcla para la homogenización de los cortes de perforación dentro del proceso de estabilización, y áreas para el acopio de los materiales nativos para trabajos de mezcla y homogenización de los cortes de perforación tratados y estabilizados. En todos los casos, el objetivo es acondicionar los residuos, para su reutilización y/o disposición según la normatividad ambiental vigente.

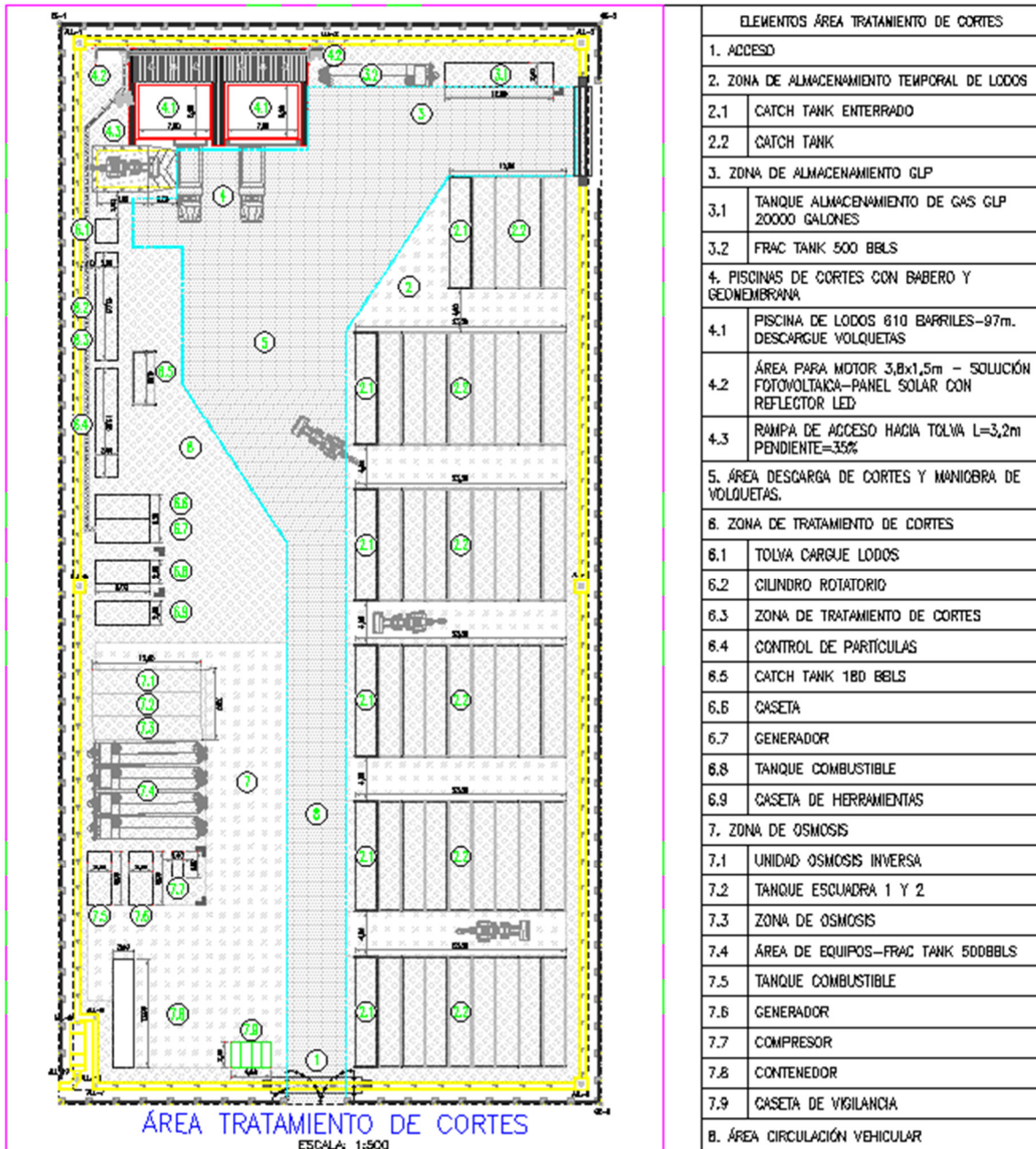
El material dispuesto en las áreas para el acopio y manejo de lodos y cortes de perforación o de tratamiento de aguas, existentes y/o proyectadas, será tratado y/o mejorado fisicoquímicamente mediante el uso de tecnologías. Este podrá ser reutilizado internamente o como materia prima para otros procesos o actividades industriales con aliados externos (simbiosis industrial), como iniciativas de Economía Circular de ECOPEPETROL S.A. Las áreas para el acopio y manejo de lodos y cortes de perforación o de tratamiento de aguas, se ubicarán cerca de plataformas existentes o proyectadas, así como a plantas para el manejo de los mismos, en la **Figura 2.2.2-172 y Figura 2.2.2-173** se presenta el diseño tipo para este tipo de infraestructura a construir

**Figura 2.2.2-172 Diseño tipo del Centro de Acopio para manejo de cortes de perforación**



Fuente: Anexo 2. Descripción del proyecto / 5.CIV / ECP-ULL-LLANOS141-IP01-0-CI-PL-001-D1; Adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

Figura 2.2.2-173 Diseño tipo área de tratamiento de cortes



Fuente: Anexo 2. Descripción del proyecto / 5.CIV / ECP-ULL-LLANOS141-IP01-0-CI-PL-001-D1; Adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

➤ **Movimientos de tierra**

Para la construcción de los centros de acopio se espera un movimiento de tierras tal como se observa en la Tabla 2.2.2 51. Donde se estima para el cálculo del descapote un espesor promedio de 0,20m y para la excavación un espesor promedio de 1,00m; así mismo se plantea, que el material producto de la excavación de las zonas de corte, se conformará el terraplén para las facilidades, por lo cual



se contempla reutilizar el 60% del volumen excavado y que hasta un 40% del material de corte será dispuesto en los ZODME autorizados.

Para la construcción de estas facilidades, tomando las condiciones promedio de terraplén hasta 1,50m, bajo la especificación técnica de relleno 2H: 1V se prevé un volumen de material para conformar del mismo de 7.500 m<sup>3</sup>, los cuales en la medida de lo posible será obtenido de las zonas donde sea necesario ejecutar la actividad de corte. Es importante mencionar que el volumen de relleno se estima considerando que se realizará un terraplén según las especificaciones técnicas de los métodos constructivos. Para la conformación de la estructura de las facilidades y proporcionar la capacidad portante que requiere la infraestructura del campo de producción, se estima la adecuación con material granular dadas las exigencias de carga pesada que se prevé para el área de desarrollo. El material granular corresponde al afirmado o material de arrecife que comúnmente se ha empleado para la construcción de los accesos de los proyectos explotación ejecutados en el sector, así mismo en caso en que Ecopetrol planea fundir en concreto estas requieren de una conformación en sub-base granular y base granular para los cuales los cálculos de volúmenes de material fueron calculados para un área máxima de hasta 5 ha.

**Tabla 2.2.2-119 Estimativo de movimientos de tierra asociados a la construcción de un Centro de Acopio**

Tipo de actividad	Área total (ha)	Área total (ha)	Área total a solicitar para esta estrategia (m <sup>2</sup> )	Espesor Descapote (m)	Espesor promedio excavación (m)	Espesor afirmado y relleno (m)	Volumen Descapote (m <sup>3</sup> )	Volumen Excavación (m <sup>3</sup> ) (*)	Volumen Afirmado y relleno (m <sup>3</sup> )
Construcción y operación de centro de acopio	Se solicita para el desarrollo de esta estrategia un área máxima de hasta cinco (5) ha	5,00	50000,00	0,20	1,00	1,50	10000,00	5000,00	7500,00
Nota general: Las cantidades presentadas son estimadas y se ajustarán en función de los diseños presentados en los PMAE con base en las especificaciones técnicas que apliquen									
Nota (*): Se estima que del volumen total de excavación se contempla reutilizar hasta el 60% del material y hasta un 40% del mismo podrá ser dispuesto en las ZODME autorizadas									

Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

En el caso en el cual el material obtenido del corte no sea suficiente para cubrir las necesidades del terraplén, el material puede ser adquirido de fuentes de materiales o canteras que cuenten con el título minero y licencia ambiental vigente, en los cuales autorice la explotación y comercialización de los materiales necesarios. Las fuentes de material propuestas para el proyecto se pueden apreciar en el **Capítulo 4**, sin embargo, en el momento de la construcción, el proyecto deberá generar una actualización de las canteras legalmente autorizadas y que cuenten con el material necesario. En el informe de cumplimiento legal ambiental se deberán adjuntar los documentos que acrediten los respectivos permisos de las canteras y los volúmenes utilizados.

#### 2.2.2.5.4.5 Estimativos de maquinaria, equipos y mano de obra

La maquinaria y equipo utilizado está representada por aquella destinada al movimiento de tierras representados en excavación y conformación de rellenos (i.e: buldócer, retroexcavadora, motoniveladora, vibro compactador, volqueta), transporte de maquinaria, materiales, equipos (i.e: camión tipo tanque, montacargas, buseta y/o vans, camionetas doble cabina entre otros); El listado de equipos a emplear en la construcción de un área de acopio y manejo de lodos y cortes de perforación así como los requeridos para la construcción y funcionamiento de una planta para el manejo de cortes de perforación se consigna en la **Tabla 2.2.2-120 a la Tabla 2.2.2-122**.



**Tabla 2.2.2-120 Estimativo de maquinaria y equipos requeridos para la construcción y operación de áreas para el acopio y manejo de lodos y cortes de perforación**

Personal	Cantidad
Retroexcavadora	2
Bulldócer	1
Volquetas	2

Fuente: MODIFICACIÓN DEL PLAN DE MANEJO AMBIENTAL INTEGRAL –PMAI-DE MARES, Ecopetrol S. A. 2020; adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

**Tabla 2.2.2-121 Estimativo de maquinaria y equipos requerido para las obras civiles a realizar en la construcción de una planta para el manejo de cortes de perforación)**

Maquinaria	Cantidad
Retroexcavadora	2
Vibrocompactador	1
Bulldócer	1
Motoniveladora	1
Volquetas	2

Fuente: MODIFICACIÓN DEL PLAN DE MANEJO AMBIENTAL INTEGRAL –PMAI-DE MARES, Ecopetrol S. A. 2020; adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

**Tabla 2.2.2-122 Estimativo de maquinaria y equipos requerido para la operación y mantenimiento de plantas para el manejo de cortes de perforación**

Maquinaria	Cantidad
Retroexcavadora	2
Vibrocompactador	1
Bulldócer	1
Motoniveladora	1
Volquetas	2

Fuente: MODIFICACIÓN DEL PLAN DE MANEJO AMBIENTAL INTEGRAL –PMAI-DE MARES, Ecopetrol S. A. 2020; adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

En cuanto a la ejecución de las actividades de obra civil, es necesario contar con mano de obra profesional y por operadores de equipo y maquinaria pesada, conductores y maestros de obra, los cuales se listan en la **Tabla 2.2.2-123 a la Tabla 2.2.2-125**.

**Tabla 2.2.2-123 Personal estimado para las obras civiles a realizar para la construcción y operación de áreas para el acopio y manejo de lodos y cortes de perforación**

Actividad	Cargo	Cantidad aproximada	Mano de obra
Movimiento de tierras y compactación	Operador retroexcavadora	2	Profesional
	Operador bulldócer	1	Profesional
Movilización y acarreo	Conductor volquetas	2	Profesional
	Conductor camionetas	1	Profesional

Nota (\*): El personal indicado es estimado, el número dependerá de los requerimientos propios del proyecto y de la actividad específica que se lleve a cabo. Por tal razón, el personal podrá variar según lo presentado, (ECOPEPETROL S.A., 2023)  
Fuente: MODIFICACIÓN DEL PLAN DE MANEJO AMBIENTAL INTEGRAL –PMAI-DE MARES, Ecopetrol S. A. 2020; adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

**Tabla 2.2.2-124 Personal estimado para la construcción de plantas para el manejo de cortes de perforación**

Actividad	Cargo	Mano de obra
Administración	Director general	Profesional
	Administrador	Profesional
	Almacenista	No Profesional
	Auxiliares	No Profesional
Replanteo y control topográfico	Topógrafo	Profesional
	Cadenero	No Profesional
	Estaquero o ayudante	No Profesional
Construcción de obras civiles en localizaciones	Ingenieros	Profesional
	Inspector (civil y mecánico)	Profesional
	Maestro de obra	Profesional
	Oficiales	Profesional
Movimiento de tierras y compactación	Obreros	No Profesional
	Inspector (movimiento de tierras)	Profesional
	Mecánico	Profesional
	Operador buldózer	Profesional
	Operador retroexcavadora	Profesional
	Operador motoniveladora	Profesional
	Operador compactador	Profesional
Movilización y acarreo	Operador cargador	Profesional
	Conductor volquetas	Profesional
	Conductor carrotanques	Profesional
	Conductor camionetas	Profesional

Nota (\*): El personal indicado es estimado, el número dependerá de los requerimientos propios del proyecto y de la actividad específica que se lleve a cabo. Por tal razón, el personal podrá variar según lo presentado, (ECOPEPETROL S.A., 2023)  
Fuente: MODIFICACIÓN DEL PLAN DE MANEJO AMBIENTAL INTEGRAL –PMAI-DE MARES, Ecopetrol S. A. 2020); adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

**Tabla 2.2.2-125 Personal requerido para la operación y mantenimiento de plantas para el manejo de cortes de perforación**

Actividad	Cargo	Cantidad Aproximada	Mano de obra
Movimiento de tierras y compactación	Operador retroexcavadora	2	Profesional
	Operador buldócer	1	Profesional
Movilización y acarreo	Conductor volquetas	2	Profesional
	Conductor camionetas	1	Profesional
Mantenimiento	Ingeniero	1	Profesional
	Obreros	4	No profesional

Nota (\*): El personal indicado es estimado, el número dependerá de los requerimientos propios del proyecto y de la actividad específica que se lleve a cabo. Por tal razón, el personal podrá variar según lo presentado, (ECOPEPETROL S.A., 2023)  
Fuente: MODIFICACIÓN DEL PLAN DE MANEJO AMBIENTAL INTEGRAL –PMAI-DE MARES, Ecopetrol S. A. 2020); adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

#### 2.2.2.5.4.6 Asentamientos humanos e infraestructura social, económica y cultural a intervenir

El proyecto para el Área de Desarrollo Llanos 141 determinó una Zonificación de Manejo Ambiental -ZMA- a partir de la cual se proyectaría la ubicación de las diferentes estrategias de desarrollo en función de las exclusiones y/o condiciones que esta ZMA establece; en este sentido, los asentamientos humanos no serían intervenidos con ocasión del proyecto. Sin embargo, en función de las condiciones que desde el diseño se visualizan, de los procesos y métodos constructivos y

demás premisas para la intervención en el área con las diferentes estrategias de desarrollo y sus actividades particulares, enmarcado siempre en la Jerarquía de la Mitigación (como enfoque estratégico para abordar los impactos ambientales desde la prevención y minimización de estos), es factible la intervención en áreas que cuenten con algún tipo de infraestructura social que pueda ser trasladada o construida de nuevo prestando el servicio para el cual fue inicialmente concebida (v.g aljibes y/o pozos profundos). Por su parte, las unidades familiares que eventualmente presenten algún tipo de afectación, con ocasión de las actividades del proyecto, serían objeto de un traslado temporal que no implica la reubicación de la unidad familiar.

En virtud de lo anterior, se reitera que los asentamientos humanos no serán objeto de intervención y que en todos los casos (y para todas las estrategias de desarrollo contempladas) en el presente EIA se incluye, como parte del Programa de Compensación Social, la ficha de Manejo de la infraestructura social potencialmente afectada, cuyo objetivo es el de “Garantizar el restablecimiento de infraestructura social afectada por las estrategias de desarrollo del proyecto” y para ello cuenta las acciones tendientes a implementar las medidas necesarias para que la infraestructura social y comunitaria eventualmente afectada sea restablecida.

#### **2.2.2.5.4.7 Equipos y sistemas de control para emisiones atmosféricas (gases, material particulado y ruido) por fuentes fijas y móviles**

Las emisiones atmosféricas (gases, material particulado y ruido ambiental) son consideradas en la evaluación de impactos ambientales con ocasión del proyecto; en este sentido, fueron identificados y evaluados los impactos “Alteración a la calidad del aire[1]” y “Alteración en los niveles de presión sonora[2]” y, en consecuencia, se planteó en el presente EIA el Programa de manejo del recurso aire con las correspondientes fichas de manejo de fuentes de emisiones atmosférica y manejo de fuentes de ruido, cuyos objetivos son:

- Establecer las medidas de manejo ambiental que permitan prevenir y mitigar las emisiones de contaminantes a la atmósfera, que se puedan generar por el desarrollo del proyecto.
- Implementar las acciones de manejo para los impactos asociados a la calidad de aire mediante el control de material particulado y emisiones en fuentes móviles y fijas que así lo requieran.
- Controlar y atenuar los niveles de presión sonora generada durante todas las etapas del proyecto con el fin de no aportar más niveles de ruido de los ya registrados en línea base

En virtud de lo anterior, las fichas propenden, entre otros, por el uso de maquinaria con bajas emisiones (con motores modernos, eficientes y mantenidos que cumplen con las normativas en materia de emisión y ruido); por la implementación de sistemas de reducción de emisiones (como catalizadores, filtros u otros que sean técnica y económicamente viables y permitan disminuir la cantidad de gases emitidos); sistemas y/o programas de riego para el control de material particulado, en conjunto con barreras y/o cubiertas que eviten la dispersión; barreras acústicas, maquinarias con niveles de ruido reducidos, entre otros.

#### **2.2.2.5.4.8 Relación de las actividades de mantenimiento, incluyendo insumos, residuos y tratamiento**

Las actividades de mantenimiento se clasifican, por la frecuencia como se repiten rutinarias y periódicas; sin embargo, en la práctica, las rutinarias se refieren a las actividades repetitivas que se efectúan continuamente y las periódicas son aquellas actividades que se repiten en lapsos más prolongados de tiempo (i.e: semestrales, anuales, etc.); bajo estas consideraciones, se definen los tipos de mantenimiento de la siguiente manera:

➤ **Mantenimiento rutinario**

Conjunto de actividades que se ejecutan de manera permanente, estos tienen una programación de intervención en periodos menores a un año; la finalidad de estas intervenciones es la conservación de todos los elementos con mínimo desarrollo de alteraciones o de daños y, en lo posible, conservando las condiciones que tenía después de su construcción.

➤ **Mantenimiento periódico**

Conjunto de actividades que se ejecutan en periodos cercanos al año, con el propósito de evitar la aparición o el agravamiento de defectos mayores, y de conservar la integridad estructural de la infraestructura, de corregir algunos defectos puntuales mayores, y asegurar la funcionalidad de los diferentes equipos.

➤ **Atención de emergencias**

Al interior de las facilidades pueden presentarse emergencias, ocasionadas por fenómenos naturales, tales como períodos de lluvias o de sequías prolongados; deslizamientos, inundaciones y otros similares, los cuales pueden desembocar en afectaciones graves en los elementos que hacen parte de la infraestructura que hace parte de las facilidades o de los equipos existentes; de igual manera pueden presentarse daños por intervención humana.

#### **2.2.2.5.4.9 Sistemas y fuentes de generación de energía**

Particularmente, se puede presentar el uso de motores diésel, con consumos promedio de aproximadamente 200 – 250 galones por motor

El transporte de combustible se realiza principalmente por medio del uso de carrotanques que cuenten con todas las medidas de seguridad establecidas por Ecopetrol S.A., los bomberos y el Ministerio de Transporte. Una vez llegue a las facilidades, podrá ser almacenado en tanques debidamente señalizados y se emplean todas acciones orientadas a prevenir derrames

#### **2.2.2.5.4.10 Desmantelamiento y restauración de las áreas intervenidas por la actividad constructiva**

Todas las instalaciones construidas en cualquier facilidad de producción serán retiradas una vez se decida abandonar el campo, y se garantizará que las áreas ocupadas tengan un proceso de restauración y revegetalización si el caso lo amerita; todos los equipos serán desmantelados y retirados siguiendo los protocolos de Ecopetrol S.A.

La limpieza de todos los residuos generados tales como sobrantes de concreto, bolsas de cemento, cintas de seguridad, madera, sobrantes de acero, alambres, etc.; el retiro de la maquinaria pesada que se usó junto con las herramientas menores como mezcladoras, carretillas, palas, etc.; la clausura de las letrinas secas o el retiro de los baños portátiles.

Se debe realizar la empradización y recuperación mediante obras paisajísticas, de las áreas intervenidas de acuerdo con los programas de manejo ambiental establecidos para tal fin en el capítulo 7 y su respectivo seguimiento definido en el capítulo 8 del presente documento.

En la etapa de clausura se cubre la superficie de la ZODME con una capa orgánica producto del descapote y se realizara la siembra de especies nativas.





La construcción y operación de centro de acopio será reportada vía ICA y descontadas de los saldos autorizados en el presente Estudio de Impacto Ambiental.

#### 2.2.2.5.4.12 Impactos ambientales asociados

Los impactos generados por el desarrollo de estas subactividades se presentan en el Capítulo 5, Evaluación Ambiental, del presente documento.

#### 2.2.2.5.5 Construcción de Instalaciones de apoyo (i.e: helipuertos, oficinas, campamentos centrales, talleres, entre otros) (ED14)

Estrategia que comprende la construcción de infraestructura necesaria para apoyar la ejecución de la operación del Campo, donde se considera dentro de este tipo de instalaciones: Oficinas, talleres, campamentos, sitios de almacenamiento, parqueaderos, patios, bodega, entre otros, los cuales no necesariamente deben estar localizados al interior de otro tipo de áreas como plataformas, facilidades de producción, entre otros. Las áreas requeridas para el desarrollo de esta estrategia se ubicarán en lo posible cerca de plataformas existentes o proyectadas, respetando las zonas habilitadas de acuerdo con la Zonificación de Manejo del presente Estudio.

##### 2.2.2.5.5.1 Cantidades requeridas para el Área de Desarrollo Llanos 141

Se solicita un área de hasta diez (10) hectáreas para la construcción y funcionamiento de Instalaciones de apoyo que, a bodegas, campamentos, oficinas, parqueaderos, patios, sitios de almacenamiento y talleres, entre otros. La definición y localización de esta, se realizará en consonancia a las necesidades del desarrollo del campo y a la luz de la zonificación de manejo ambiental que hace parte integral de este estudio (Tabla 2.2.2-128).

**Tabla 2.2.2-128 Áreas para construcción y operación de Instalaciones de Apoyo a solicitar**

Tipo de actividad	Área total (ha)
Construcción de Instalaciones de apoyo-	Se solicita un área de hasta diez (10) hectáreas para la construcción y funcionamiento de Instalaciones de apoyo que podrán ser aprovechadas para la instalación de bodegas, campamentos, oficinas, parqueaderos, patios, sitios de almacenamiento y talleres, entre otros.

Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

##### 2.2.2.5.5.2 Alternativas de ubicación y selección de sitios (criterios técnicos, tecnológicos y ambientales)

La ubicación de los Instalaciones de apoyo será proyectada en función del crecimiento del campo y según el desarrollo cronológico de las diferentes estrategias de desarrollo, buscando una localización equidistante a estas estrategias, tratando de disminuir los desplazamientos, procurando por intervenciones en áreas ya transformadas, lo cual favorece las valoraciones de los impactos propios de la actividad.

La ubicación final de los sitios para los Instalaciones de apoyo atenderá las condiciones establecidas al campo en materia de Zonificación de Manejo Ambiental y su ubicación final será definida en el plan de manejo ambiental específico.

La operación busca beneficios tanto a nivel operativo como ambiental y en este sentido se tiene una serie de criterios que incentivan la construcción y operación de esta estrategia de desarrollo:

➤ **Criterios técnicos**

- Operar de manera más limpia en los frentes de trabajo.
- Centralizar zonas que permitan servir de apoyo para los diversos frentes de obra y operación dentro del campo.
- Minimizar tiempos de desplazamientos para la ejecución de las actividades al ubicarse estratégicamente de acuerdo con el crecimiento del campo de producción

➤ **Criterios tecnológicos**

Cabe precisar que, al igual que en todas las estrategias de desarrollo, se propenderá por el uso de tecnologías enmarcadas en la sostenibilidad y eficiencia de los procesos. En el marco de la economía circular, en el Área de Desarrollo Llanos 141 se incentivará la reutilización de excedentes de material de excavación en actividades de nivelación del terreno, fundaciones y obras de relleno, etc. que se adelanten según lo requerido por las diferentes estrategias de desarrollo.

➤ **Criterios ambientales**

- Disminuir volúmenes de desecho y consumo de química.
- Reducir la materialización de impactos ambientales producidos por la construcción y operación de piscinas.

**2.2.2.5.5.3 Procesos de producción y manejo de fluidos (crudo, agua y gas, entre otros)**

Para el desarrollo de esta estrategia de desarrollo no se considera ningún tipo de proceso de producción, ni manejo de fluidos. Sin embargo, es importante precisar que el alcance de esta estrategia consiste en la construcción y operación de las instalaciones de apoyo como: bodegas, campamentos, oficinas, parqueaderos, patios, sitios de almacenamiento y talleres, entre otros.

➤ **Proceso constructivo**

En la **Tabla 2.2.2-129** se listan las actividades a ejecutar para la construcción de Instalaciones de Apoyo, mientras en la **Figura 2.2.2-174** se esquematiza el diseño tipo para este tipo de infraestructura.

**Tabla 2.2.2-129 Actividades a ejecutar**

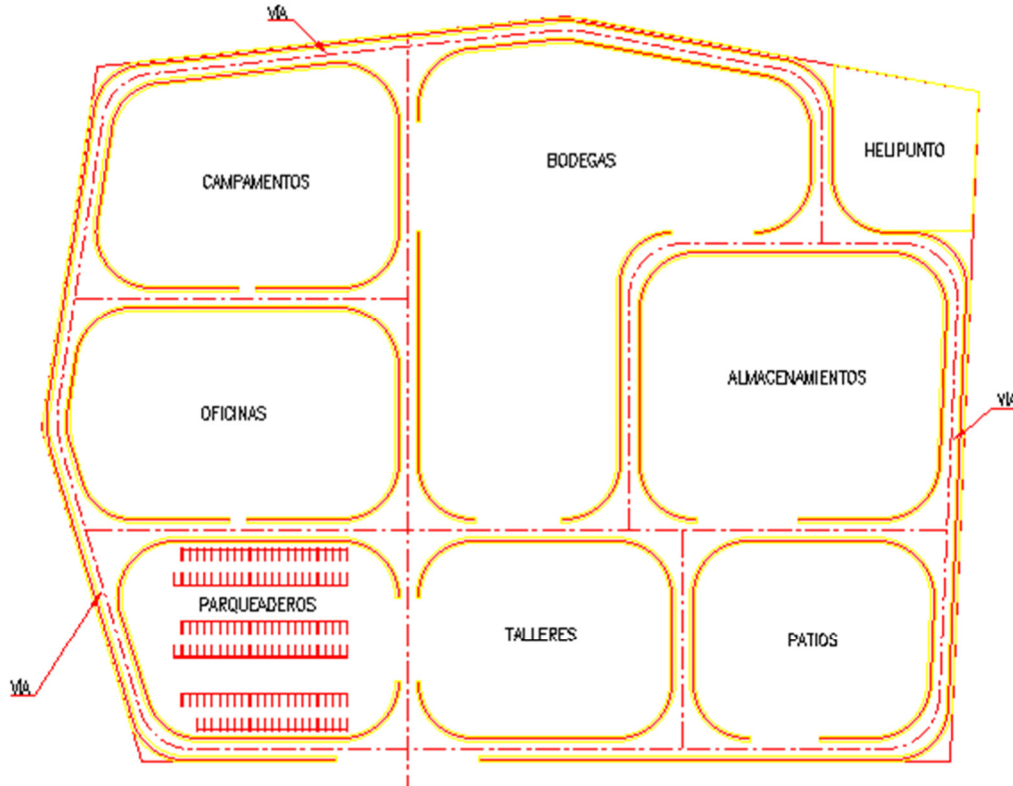
ETAPA	SUBETAPA	ACTIVIDAD	ID
CONSTRUCTIVA (OBRAS CIVILES NECESARIAS)	ADECUACIÓN Y/O CONSTRUCCIÓN DE INFRAESTRUCTURA BÁSICA, APOYO, FACILIDADES DE PRODUCCIÓN Y ELÉCTRICA	Localización y replanteo	A3
		Desmonte, descapote, rocería y limpieza	A4
		Cuneteo, extendido, nivelación y compactación	A5
		Movimiento de tierras (excavación, cortes y rellenos)	A6
		Construcción de obras para cruces de drenajes (ocupaciones de cauce)	A7
		Obras para manejo de drenajes, aguas superficiales y aguas aceitosas	A8
		Construcción de estructuras en concreto	A9
		Estabilización y revegetalización de Taludes	A10
		Suministro e instalación de estructuras metálicas	A11
		Operación de maquinaria y equipos	A12

Fuente: (ECOPETROL S.A., 2023)

El proceso constructivo para la construcción de este tipo de infraestructura es similar al descrito en la Estrategia de desarrollo 2.2.2.1.1.3 Construcción de Locaciones (ED3). Es de señalar que se

tienen otra serie de actividades que, si bien no son parte del proceso constructivo, son complementarias a este proceso, en este sentido se contemplan actividades preoperativas, desmantelamiento y abandono, y finalmente actividades transversales, así las cosas, y en aras de no ser repetitivos en la información presentada las mismas se consignan y se encuentran descritas de manera general en la **Tabla 2.2.2-2**. Finalmente, a continuación, se describen las actividades diferenciales o particulares para la presente Estrategia de desarrollo

**Figura 2.2.2-174** Diseño tipo área Instalaciones de apoyo



PLANIMETRÍA TÍPICA DEL ÁREA DE INSTALACIONES DE APOYO

SIN ESCALA

ÁREAS DE INSTALACIONES DE APOYO	
1. CAMPAMENTOS	9.300 m <sup>2</sup>
2. BODEGAS	19.100 m <sup>2</sup>
3. HELIPUNTO	3.300 m <sup>2</sup>
4. OFICINAS	10.100 m <sup>2</sup>
5. ALMACENAMIENTO	12.000 m <sup>2</sup>
6. PARQUEADEROS	7.700 m <sup>2</sup>
7. TALLERES	7.300 m <sup>2</sup>
8. PATIOS	6.800 m <sup>2</sup>
9. VIAS	24.400 m <sup>2</sup>
ÁREA TOTAL	100.000 m <sup>2</sup>

Fuente: Anexo 2. Descripción del proyecto / 5.CIV / ECP-ULL-LLANOS141-IP01-0-CI-PL-001-D1; Adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

➤ **Volumen estimado de cortes y rellenos**

Los volúmenes de material tanto en corte como en relleno serán estimados al momento de la intervención de cada Locación y presentados dentro de los respectivos Planes de Manejo Ambiental Específicos, pero teniendo como premisa no superar la cantidad de plataformas a construir solicitadas para la presente estrategia de desarrollo (**Tabla 2.2.2-128**); sin embargo a manera de guía se presenta en la **Tabla 2.2.2-130** un estimado del movimiento de tierras asociado a la construcción de este tipo de facilidad.

**Tabla 2.2.2-130 Estimativo de movimientos de tierra asociados a la construcción de Instalaciones de apoyo**

Tipo de actividad	Área total (ha)	Área total (ha)	Área total a solicitar para esta estrategia (m2)	Espesor Descapote (m)	Espesor promedio excavación (m)	Espesor afirmado y relleno (m)	Volumen Descapote (m3)	Volumen Excavación (m3) (*)	Volumen Afirmado y relleno (m3)
<b>Construcción de Instalaciones de apoyo-</b>	Se solicita para el desarrollo de esta estrategia un polígono con un área máxima de hasta diez (10) hectáreas, que servirá para la instalación de infraestructura correspondiente a bodegas, campamentos, oficinas, parqueaderos, patios, sitios de almacenamiento y talleres, entre otros	10,00	100000,00	0,20	1,00	1,50	20000,00	10000,00	15000,00
<b>Nota general:</b> Las cantidades presentadas son estimadas y se ajustarán en función de los diseños presentados en los PMAE con base en las especificaciones técnicas que apliquen									
<b>Nota (*):</b> Se estima que del volumen total de excavación se contempla reutilizar hasta el 60% del material y hasta un 40% del mismo podrá ser dispuesto en las ZODME autorizadas									

Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

En el caso en el cual el material obtenido del corte no sea suficiente para cubrir las necesidades del terraplén, el material puede ser adquirido de fuentes de materiales o canteras que cuenten con el título minero y licencia ambiental vigente, en los cuales autorice la explotación y comercialización de los materiales necesarios. Las fuentes de material propuestas para el proyecto se pueden apreciar en el **Capítulo 4**, sin embargo, en el momento de la construcción, el proyecto deberá generar una actualización de las canteras legalmente autorizadas y que cuenten con el material necesario. En el informe de cumplimiento legal ambiental se deberán adjuntar los documentos que acrediten los respectivos permisos de las canteras y los volúmenes utilizados.

**2.2.2.5.4 Ubicación de instalaciones (incluir cuantificación de movimientos de tierra, redes de drenaje, áreas de tratamiento y disposición de residuos, zonas de almacenamiento de insumos, sustancias y combustibles y teas)**

Topográficamente, el área de ubicación se buscará en lo posible sobre zonas planas o de baja pendiente, con el fin de minimizar los movimientos de tierra y buscando sectores cuyas condiciones geotécnicas sean adecuadas y estables que no registren fenómenos de remoción en masa. Se buscará su ubicación final en proximidades de vías existentes y las áreas de intervención preferiblemente desprovistas de vegetación arbórea o arbustiva.

La información de la ubicación exacta para los Instalaciones de apoyo se detallará en el Plan de Manejo Ambiental específico que se elabore previamente a la ejecución de las actividades constructivas y operativas; así mismo sus áreas al interior podrán variar, sin superar el área total solicitada hasta 10Ha.

#### 2.2.2.5.5 Estimativos de maquinaria, equipos y mano de obra

La maquinaria y equipo utilizado está representada por aquella destinada al movimiento de tierras representados en excavación y conformación de rellenos (i.e: buldócer, retroexcavadora, motoniveladora, vibro compactador, volqueta), transporte de maquinaria, materiales, equipos (i.e: camión tipo tanque, montacargas, buseta y/o vans, camionetas doble cabina entre otros); El listado de equipos requeridos para una Instalación de apoyo se consignan en la **Tabla 2.2.2-131**.

**Tabla 2.2.2-131 Estimativo de maquinaria y equipos requerido para construcción de un centro de acopio**

Maquinaria	Cantidad
Retroexcavadoras.	2
Compactadores y Vibro compactadoras.	1
Compactadores manuales (Apisonador o canguro, placa vibradora o rana).	2
Volqueta	2
Bus o buseta	1
Camioneta doble cabina	1
Carrotanque	1
Mezcladora (Trompo)	1
Motobombas 6"	1
Motobombas 4"	1
Herramientas menores	-

*Nota: Estas cantidades son estimadas y podrán variar de conformidad con los requerimientos del proyecto y de las actividades a desarrollar.*

*Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)*

En cuanto a la ejecución de las actividades de obra civil para el desarrollo del proyecto, es necesario contar con una cantidad de cuarenta y tres (43) personas distribuidas entre mano de obra formada y no formada, cantidad que podrá variar de acuerdo con los requerimientos del proyecto. En la **Tabla 2.2.2-132** y **Tabla 2.2.2-133** se relaciona el personal estimado para la construcción, operación y mantenimiento respectivo para una instalación de apoyo. La cantidad de personal es estimada y podría variar según el proyecto a ejecutar, por imprevistos en el desarrollo de las obras o variación de las condiciones del entorno, entre otros casos.

**Tabla 2.2.2-132 Personal requerido para la construcción de una instalación de apoyo**

Actividad	Cargo	Cantidad	Mano de obra
REPLANTEO Y CONTROL TOPOGRÁFICO	Topógrafo	2	Profesional
	Cadenero	4	No Profesional
	Estaquero o ayudante	4	No Profesional
OBRAS CIVILES ASOCIADAS A LA CONFORMACIÓN	Ingenieros	2	Profesional
	Maestro de obra	2	Profesional
	Oficiales	4	Profesional
	Obreros	16	No Profesional
MOVIMIENTO DE TIERRAS Y COMPACTACIÓN	Operador retroexcavadora	2	Profesional
	Operador motoniveladora	1	Profesional
	Operador compactador	1	Profesional
MOVILIZACIÓN Y ACARREO	Conductor Volquetas	2	Profesional
	Conductor carro-tanques	1	Profesional
	Conductor camionetas	2	Profesional
<b>TOTAL</b>		<b>43</b>	

*Nota: El personal indicado es estimado, el número dependerá de los requerimientos propios del proyecto y de la actividad específica que se lleve a cabo. Por tal razón, el personal podrá variar según lo presentado*

*Fuente: Autor (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)*



**Tabla 2.2.2-133 Personal requerido para la operación y mantenimiento de una instalación de apoyo**

ACTIVIDAD	CARGO	CANTIDAD APROXIMADA	MANO DE OBRA
MOVIMIENTO DE TIERRAS Y COMPACTACIÓN	Operador retroexcavadora	2	Profesional
	Operador Buldócer	1	Profesional
MOVILIZACIÓN Y ACARREO	Conductor Volquetas	2	Profesional
	Conductor camionetas	1	Profesional
MANTENIMIENTO	Ingeniero o supervisor	1	Profesional
	técnicos	3	No Profesional
	Obreros	8	No Profesional
<b>TOTAL</b>			<b>18</b>

*Nota: El personal indicado es estimado, el número dependerá de los requerimientos propios del proyecto y de la actividad específica que se lleve a cabo. Por tal razón, el personal podrá variar según lo presentado.*

*Fuente: (ANTEA COLOMBIA S. A. S., 2020)*

#### 2.2.2.5.6 Asentamientos humanos e infraestructura social, económica y cultural a intervenir

El proyecto para el Área de Desarrollo Llanos 141 determinó una Zonificación de Manejo Ambiental -ZMA- a partir de la cual se proyectaría la ubicación de las diferentes estrategias de desarrollo en función de las exclusiones y/o condiciones que esta ZMA establece; en este sentido, los asentamientos humanos no serían intervenidos con ocasión del proyecto. Sin embargo, en función de las condiciones que desde el diseño se visualizan, de los procesos y métodos constructivos y demás premisas para la intervención en el área con las diferentes estrategias de desarrollo y sus actividades particulares, enmarcado siempre en la Jerarquía de la Mitigación (como enfoque estratégico para abordar los impactos ambientales desde la prevención y minimización de estos), es factible la intervención en áreas que cuenten con algún tipo de infraestructura social que pueda ser trasladada o construida de nuevo prestando el servicio para el cual fue inicialmente concebida (v.g aljibes y/o pozos profundos). Por su parte, las unidades familiares que eventualmente presenten algún tipo de afectación, con ocasión de las actividades del proyecto, serían objeto de un traslado temporal que no implica la reubicación de la unidad familiar. En virtud de lo anterior, se reitera que los asentamientos humanos no serán objeto de intervención y que en todos los casos (y para todas las estrategias de desarrollo contempladas) en el presente EIA se incluye, como parte del Programa de Compensación Social, la ficha de Manejo de la infraestructura social potencialmente afectada, cuyo objetivo es el de “Garantizar el restablecimiento de infraestructura social afectada por las estrategias de desarrollo del proyecto” y para ello cuenta las acciones tendientes a implementar las medidas necesarias para que la infraestructura social y comunitaria eventualmente afectada sea restablecida.

#### 2.2.2.5.7 Equipos y sistemas de control para emisiones atmosféricas (gases, material particulado y ruido) por fuentes fijas y móviles

Las emisiones atmosféricas (gases, material particulado y ruido ambiental) son consideradas en la evaluación de impactos ambientales con ocasión del proyecto; en este sentido, fueron identificados y evaluados los impactos “Alteración a la calidad del aire[1]” y “Alteración en los niveles de presión sonora[2]” y, en consecuencia, se planteó en el presente EIA el Programa de manejo del recurso aire con las correspondientes fichas de manejo de fuentes de emisiones atmosférica y manejo de fuentes de ruido, cuyos objetivos son:

- Establecer las medidas de manejo ambiental que permitan prevenir y mitigar las emisiones de contaminantes a la atmósfera, que se puedan generar por el desarrollo del proyecto.
- Implementar las acciones de manejo para los impactos asociados a la calidad de aire mediante el control de material particulado y emisiones en fuentes móviles y fijas que así lo requieran.
- Controlar y atenuar los niveles de presión sonora generada durante todas las etapas del proyecto con el fin de no aportar más niveles de ruido de los ya registrados en línea base.

En virtud de lo anterior, las fichas propenden, entre otros, por el uso de maquinaria con bajas emisiones (con motores modernos, eficientes y mantenidos que cumplen con las normativas en materia de emisión y ruido); por la implementación de sistemas de reducción de emisiones (como catalizadores, filtros u otros que sean técnica y económicamente viables y permitan disminuir la cantidad de gases emitidos); sistemas y/o programas de riego para el control de material particulado, en conjunto con barreras y/o cubiertas que eviten la dispersión; barreras acústicas, maquinarias con niveles de ruido reducidos, entre otros.

#### **2.2.2.5.5.8 Relación de las actividades de mantenimiento, incluyendo insumos, residuos y tratamiento**

Las actividades de mantenimiento se clasifican, por la frecuencia como se repiten rutinarias y periódicas; sin embargo, en la práctica, las rutinarias se refieren a las actividades repetitivas que se efectúan continuamente y las periódicas son aquellas actividades que se repiten en lapsos más prolongados de tiempo (i.e: semestrales, anuales, etc.); bajo estas consideraciones, se definen los tipos de mantenimiento de la siguiente manera:

##### ➤ **Mantenimiento rutinario**

Conjunto de actividades que se ejecutan de manera permanente, estos tienen una programación de intervención en periodos menores a un año; la finalidad de estas intervenciones es la conservación de todos los elementos con mínimo desarrollo de alteraciones o de daños y, en lo posible, conservando las condiciones que tenía después de su construcción.

##### ➤ **Mantenimiento periódico**

Conjunto de actividades que se ejecutan en periodos cercanos al año, con el propósito de evitar la aparición o el agravamiento de defectos mayores, y de conservar la integridad estructural de la infraestructura, de corregir algunos defectos puntuales mayores, y asegurar la funcionalidad de los diferentes equipos.

##### ➤ **Atención de emergencias**

Al interior de las facilidades pueden presentarse emergencias, ocasionadas por fenómenos naturales, tales como periodos de lluvias o de sequías prolongados; deslizamientos, inundaciones y otros similares, los cuales pueden desembocar en afectaciones graves en los elementos que hacen parte de la infraestructura que hace parte de las facilidades o de los equipos existentes; de igual manera pueden presentarse daños por intervención humana.

#### **2.2.2.5.5.9 Sistemas y fuentes de generación de energía**

Particularmente, se puede presentar el uso de motores diésel, con consumos promedio de aproximadamente 200 – 250 galones por motor. El transporte de combustible se realiza principalmente por medio del uso de carrotanques que cuenten con todas las medidas de seguridad establecidas por Ecopetrol S.A., los bomberos y el Ministerio de Transporte. Una vez llegue a las facilidades, podrá ser almacenado en tanques debidamente señalizados y se emplean todas acciones orientadas a prevenir derrames

#### **2.2.2.5.5.10 Desmantelamiento y restauración de las áreas intervenidas por la actividad constructiva**

Todas las instalaciones construidas en cualquier facilidad de producción serán retiradas una vez se decida abandonar el campo, y se garantizará que las áreas ocupadas tengan un proceso de



**Tabla 2.2.2-135 Duración estimada para la construcción de Instalaciones de Apoyo**

Ciclo asociado al desarrollo del campo	Actividades	SEMANA											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Estrategias asociadas a la producción de hidrocarburos	Localización y replanteo												
	Desmonte, descapote, rocería y limpieza												
	Cuneteo, extendido, nivelación y compactación												
	Movimiento de tierras (excavación, cortes y rellenos)												
	Construcción de obras para cruces de drenajes (ocupaciones de cauce)												
Estrategias asociadas a la producción de hidrocarburos	Obras para manejo de drenajes, aguas superficiales y aguas aceitosas												
	Construcción de estructuras en concreto												
	Estabilización y revegetalización de taludes												
	Construcción de helipuertos												
	Construcción e instalación de estructuras metálicas y/u otros materiales												
	Operación de maquinaria y equipos												

Nota (\*): Tiempos estimados que podrán variar en función de las necesidades y condiciones del proyecto  
Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

#### 2.2.2.5.5.12 Desmantelamiento y restauración de áreas intervenidas

El abandono del área implica el retiro de la infraestructura instalada. Una vez realizadas las labores de limpieza, para las áreas cuyo material no vaya a ser reutilizado se procederá a la recuperación del área intervenida mediante su revegetalización y/o reforestación ya sea con siembra de árboles con especies propias de la zona, inducción de la revegetalización natural o serán entregadas a las comunidades aledañas.

Los procedimientos para la recuperación del área intervenida serán los siguientes:

- Retiro de infraestructura instalada.
- Recolección de todos los residuos sólidos y disposición adecuada.
- Restauración morfológica del área de ubicación de los Locaciones.

Se revisarán los drenajes y se asegurará que no estén taponados. En las zonas donde se hayan instalado alcantarillas se evaluará la opción de retirarlas dejando un canal abierto en el lugar donde éstas se encontraban. Estas actividades se presentan de forma detallada en el Capítulo 10 Plan de Desmantelamiento y Abandono, del Estudio de Impacto Ambiental Área de Desarrollo Llanos 141.

#### 2.2.2.5.5.13 Impactos ambientales asociados

Los impactos generados por el desarrollo de estas subactividades se presentan en el Capítulo 5, Evaluación Ambiental, del presente documento.

#### 2.2.2.5.6 Generación de energía eléctrica (ED15)

Esta estrategia agrupa todas las actividades necesarias para asegurar el suplir la demanda de energía para la ejecución de las diferentes actividades, así como para el funcionamiento de los diferentes equipos y los procesos en plataformas y demás Infraestructura proyectada.

La generación de energía eléctrica adicionalmente tiene como propósito hacer del campo autosuficiente con la implementación de tipos de no convencionales como son: Energía solar (Parque Solar), Geotermia, Combustibles fósiles, Aprovechamiento de Gas

### 2.2.2.5.6.1 Cantidades a solicitar en el presente Estudio de Impacto Ambiental

Para asegurar el suministro y requerimiento de energía eléctrica se proyecta la implementación de diferentes fuentes de energía que aseguren la demanda requerida para el funcionamiento del Área de Desarrollo Llanos 141, en este orden de ideas se contempla la generación de energía eléctrica a partir de 5 fuentes distintas que se listan en la **Tabla 2.2.2-136**.

**Tabla 2.2.2-136 Cantidades a solicitar relacionadas a las fuentes de generación de energía**

Tipo de actividad	Tipo de fuente	Descripción
Generación de energía eléctrica	Generación solar fotovoltaica	Hasta 18.75 MW. Distribuidas en un área cuya extensión total sea de hasta 15 ha
	Generación geotérmica	1. Aprovechamiento de calor de agua de producción o vapor de agua que surge bajo presión desde el subsuelo (baja entalpía). 2. Aprovechamiento de mediana entalpía a partir de Locaciones existentes. 3. Perforación de pozo para aprovechamiento de la alta entalpía para uso de calor y generación de energía eléctrica.
	Generación con combustibles fósiles	Uso de equipos para generación con una variedad de tecnologías dentro de las que se pueden incluir entre otros, calderas, motores recíprocos, turbinas de vapor, turbinas a gas y/o microturbinas. etc., según la disponibilidad de estos en el mercado. Así mismo, se contará con la posibilidad de sistemas híbridos conocidos como sistemas de funcionamiento mixto de combustible o de combustión simultánea, en los que sea posible utilizar diferentes combustibles para su operación (gas natural, glp, acpm, crudo, entre otros). Se precisa que el desarrollo de esta estrategia aprovechará áreas pertenecientes a los clústeres proyectados y/o existentes, así como las de las facilidades proyectadas y demás áreas de intervención o donde se lleven a cabo las actividades del proyecto.
	Conexión a sistemas de generación y distribución existentes	Alimentación desde campos y/o bloques aledaños y/o desde el SIN en niveles de tensión de 34 y 115 kV

Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

### 2.2.2.5.6.2 Acciones a seguir

#### ➤ Generación solar fotovoltaica

La generación fotovoltaica consiste en la transformación directa de la radiación solar en energía eléctrica. Esta transformación en energía eléctrica se consigue aprovechando las propiedades de los materiales semiconductores mediante las células fotovoltaicas. El material base para la fabricación de paneles fotovoltaicos suele ser el silicio.

Cuando la luz del Sol (fotones) incide en una de las caras de la célula solar genera una corriente eléctrica. Esta electricidad generada se puede aprovechar como fuente de energía. La descripción asociada a la Construcción de la Planta Fotovoltaica se presente en detalle en la estrategia de desarrollo consignada en el Numeral **2.2.2.5.7 Construcción de planta solar fotovoltaica** del presente EIA.

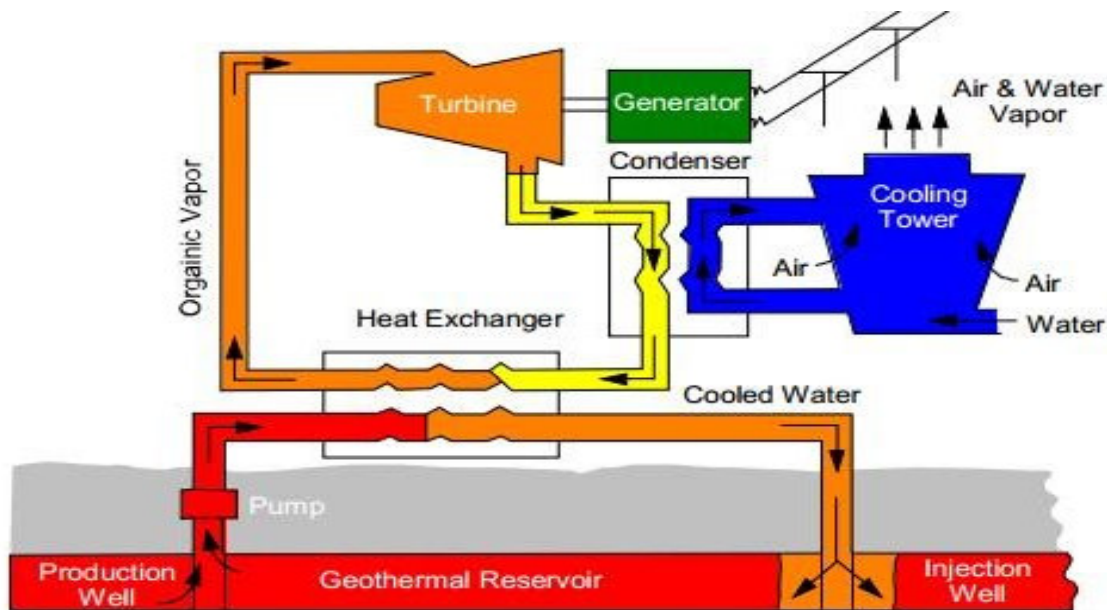


➤ **Generación geotérmica**

La alternativa de generación de energía se plantea como una opción de generación limpia para el Área de Desarrollo Llanos 141, la cual se fundamenta en el aprovechamiento del calor del agua de producción o vapor de agua que surge bajo presión desde el subsuelo, para generación de energía eléctrica cuya tecnología básicamente son turbinas y generadores de electricidad (**Figura 2.2.2-175**).

La generación de energía a partir del posible aprovechamiento del calor existente en el agua de producción de pozos operativos surge como una nueva opción para suplir las necesidades energéticas de un modo sostenible con el medio ambiente aprovechando fuentes de baja y media entalpia.

**Figura 2.2.2-175 Energía geotérmica**



Fuente: ECOPETROL S.A., 2020; adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

• **Tipos de geotermia**

Para definir los tipos de geotermia, se requiere inicialmente comprender el término entalpia. La entalpia es la cantidad de energía que un sistema puede intercambiar con su entorno<sup>3</sup>, por lo que se utiliza como el parámetro para clasificar los recursos geotérmicos de acuerdo con el estado de calor contenido. En este sentido, se clasifica de acuerdo con su estado físico en:

- **Baja entalpia:** cuando se requiere en superficie de fuentes de calor externas al yacimiento para calentar el agua y producir energía eléctrica (**Figura 2.2.2-176**)

3 Tomado de: [www.slideshare.net/naturalito/entropiaentalpia](http://www.slideshare.net/naturalito/entropiaentalpia)

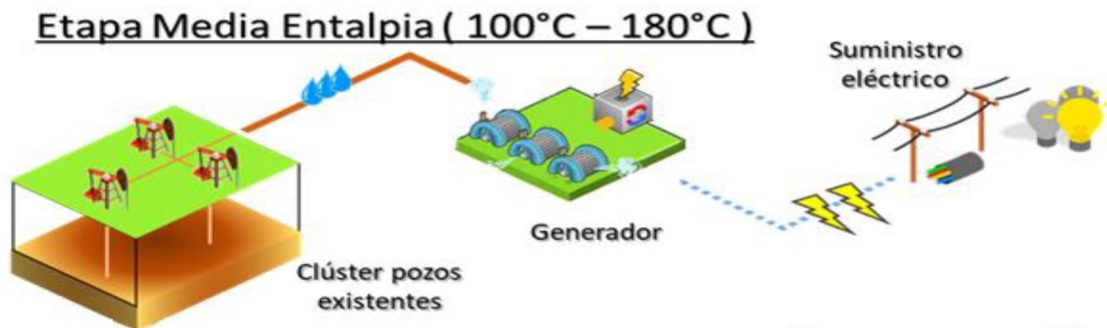
**Figura 2.2.2-176 Baja entalpía (menor a 100°C)**



Fuente: ECOPETROL S.A., 2020; adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

- Media entalpía: cuando se aprovecha el fluido caliente en cercanía a la boca de pozo antes de entrar a la planta de producción evitando enfriamiento (**Figura 2.2.2-177**).

**Figura 2.2.2-177 Media entalpía (120 – 180°C)**



Fuente: ECOPETROL S.A., 2020; adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

- Alta entalpía: Perforación de pozo localizado en un punto caliente del campo (**Figura 2.2.2-178**).

**Figura 2.2.2-178 Alta entalpía (mayor a 180°C)**



Fuente: ECOPETROL S.A., 2020; adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

De acuerdo con la descripción anterior, se propone considerar la fase de baja y media entalpía en el Área de Desarrollo Llanos 141. Como se mencionó anteriormente para desarrollar los proyectos de baja entalpía se haría uso en superficie de fuentes de calor externas (gases de los exostos de turbinas o motores existentes) al yacimiento con el fin de calentar el agua y producir energía eléctrica (**Figura 2.2.2-176**), para la fase de media entalpía, se aprovecharía el fluido caliente (agua de producción) en cercanía a la boca de pozos existentes antes de entrar a la planta de producción evitando enfriamiento (**Figura 2.2.2-177**).

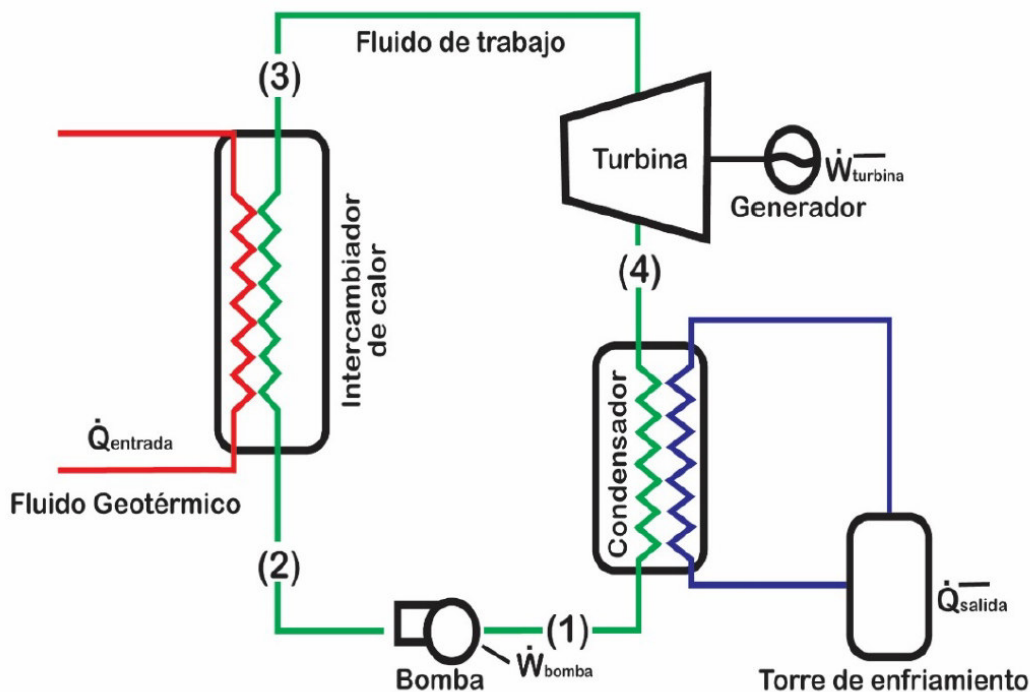
Es de mencionar que, para el Área de Desarrollo Llanos 141, no se cuenta con datos históricos de temperatura en cabeza de pozo asociado al agua de producción, registro de temperaturas en las formaciones geológicas y datos de caudales de producción, en este orden de ideas, la información de referencia es tomada del Activo Apiay lo que permite inferir, que el Área de Desarrollo Llanos 141 cuenta con un alto potencial para generar cualquier tipo de energía mediante el aprovechamiento de calor. El recurso de calor estimado en el Área de Desarrollo Llanos 141 es de hasta de 20 MW netos aproximadamente durante 20 años y 1.5 MW de uso de gases de exosto.

Adicionalmente se hace importante precisar que el Área de Desarrollo Llanos 141, carece de una infraestructura robusta, estaciones y pozos cercanos ya que corresponde a una nueva área de desarrollo por lo cual es necesario implementar esta alternativa de energía maximizando los recursos propios, permitiendo hacer una extensión de la vida de los futuros activos de producción y el uso del potencial.

- **Filosofía de la operación**

Una de las tecnologías más utilizadas para la generación de energía geotérmica es el ciclo tipo orgánico de Rankine (ORC) como se muestra en la **Figura 2.2.2-179**. En este ciclo el fluido de trabajo se comprime en la bomba de alimentación, se calienta y se evapora en el intercambiador de calor antes de que se expanda en la turbina, aquí el calor de la fuente (agua de producción) se transfiere al fluido de trabajo y posteriormente el calor restante se elimina en el condensador cerrando el ciclo.

**Figura 2.2.2-179** Clico de Rankine Orgánico (OCR)



Fuente: ECOPETROL S.A., 2020; adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

La filosofía de operación del proceso de generación de energía geotérmica consiste en recuperar la energía del agua de producción en forma de calor mediante el intercambio de calor con el fluido de

trabajo, el agua de producción cede calor al fluido de trabajo a través del intercambiador de calor, donde el fluido de trabajo se calienta y se vaporiza.

El vapor producido impulsa una turbina, luego se enfría y se condensa. Posterior al condensador el fluido de trabajo retornara al intercambiador de calor para iniciar el ciclo nuevamente, reusando el fluido de trabajo. En caso de presentarse un sobrante del fluido de trabajo se entregará a terceros que cuenten con las autorizaciones ambientales requeridas para el tratamiento y disposición final de este tipo de residuos.

El sistema de enfriamiento del condensador se podrá realizar con torres de enfriamiento o enfriadores con aire, de acuerdo con el requerimiento del diferencial de temperatura. Para el escenario de torres de enfriamiento se deberá considerar el agua de producción tratada requerida para el circuito y para la reposición de este.

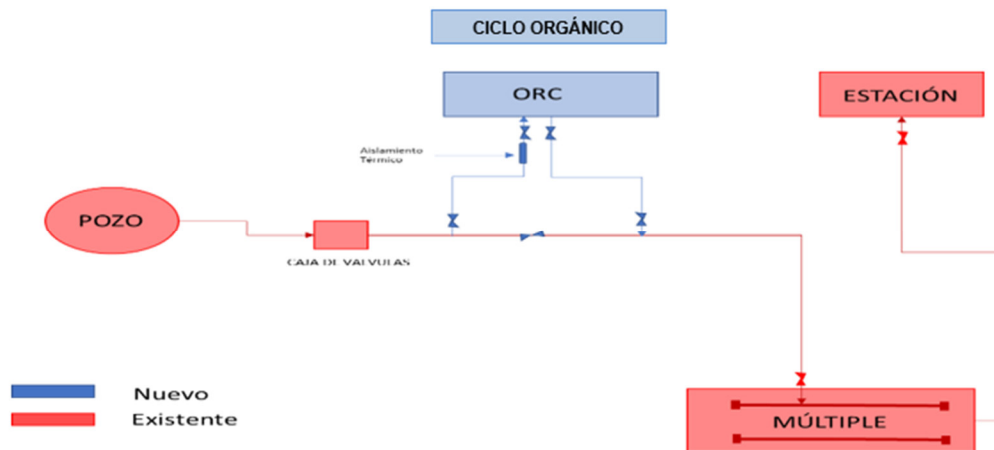
Desde el punto de vista de la potencia eléctrica generada, en la medida que los Locaciones en que se encuentra la generación geotérmica cesen la producción y la generación supere la demanda del Locación, el excedente de energía podrá ser entregado a la red a través de la infraestructura existente, aprovechando el sistema de sincronismo, transformadores, interruptores, seccionadores, y reconectores, lo que permitirá reducir el consumo de energía que utiliza combustibles fósiles.

Lo anterior se hará empleando un sistema de transferencia en baja tensión y aprovechando la infraestructura existente para conectarse a la red a nivel de 34.5kV o 115 kV.

- **Descripción del proceso**

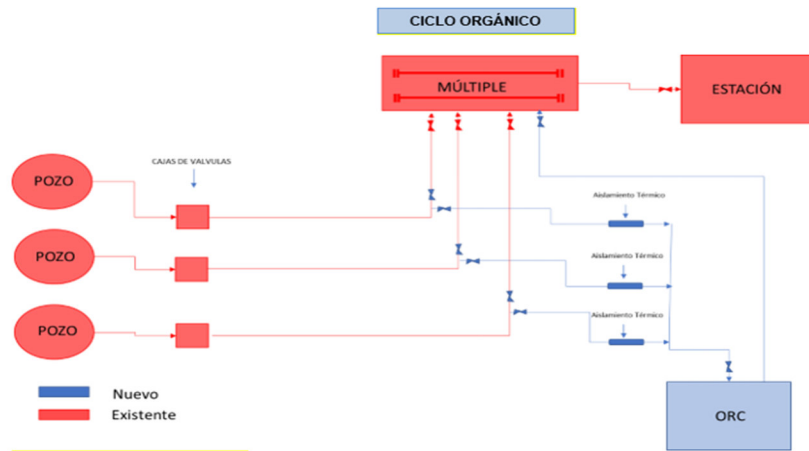
Como se indicó anteriormente, en la baja y media entalpia, la estimación de generación de energía se realizará, entre otras tecnologías, mediante el ciclo orgánico Rankine (ORC) tomando como fuente primaria de calor el agua de producción de los pozos, teniendo en cuenta que el corte de agua de producción asociado en la región es del 92%. Se consideran dos escenarios de generación: una centralizada, cuando se toma agua de producción de varios Locaciones cercanos y generación individual cuando se toma el agua de producción de pozos ubicados en un solo Locación ( f y f). El equipo de generación de potencia se seleccionará con base en la seguridad del proceso, eficacia del equipo y en la eficiencia energética del mismo.

**Figura 2.2.2-180 Esquemático del proceso de generación individual**



Fuente: ECOPEPETROL S.A., 2020; adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

Figura 2.2.2-181 Esquemático del proceso de generación Centralizada



Fuente: ECOPETROL S.A., 2020; adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

El fluido geotérmico (agua de producción) empleado en los Ciclos Orgánicos Rankine ubicados en los Locaciones será retornado a la línea de producción existente que le corresponde en cada plataforma o Locaciones aguas arriba del manifold de producción y prueba, para su posterior tratamiento y disposición final en los STAP (Sistema de Tratamiento de Agua de Producción que se encuentren dentro del campo. Esto quiere decir que en los dos escenarios se llevará a cabo un ciclo cerrado, donde el agua de producción sale del pozo, es aprovechado su calor y posteriormente se devuelve al sistema de producción para ser tratada en los STAP de las estaciones, evitando requerimiento de uso y aprovechamiento de recursos naturales. Esta es una alternativa propuesta en el marco de Economía Circular donde con los fluidos o residuos propios de la operación se generan nuevos insumos en este caso de carácter energético.

- **Beneficios ambientales asociados a este tipo de generación de energía**

La generación de energía mediante este tipo de proyectos de eficiencia energética se propone con el fin de reducir aproximadamente 92.500 Tn de CO<sub>2</sub>e/año que contribuyen a la meta de reducción de gases de efecto invernadero (GEI) de 1.440.950 Tn de CO<sub>2</sub> al 2030 de Ecopetrol. La energía resultante de este proceso geotérmico se proyecta 24/7, para generación. Así mismo, se considera que tiene otros beneficios como el mejoramiento y optimización de los recursos energéticos e implementación de nuevas tecnologías limpias para el medio ambiente.

En el tema social, el proyecto representará para la región un mayor impulso de industrialización, mayores niveles de capacitación técnica y transferencia de tecnología que mejorarán la calidad de vida de los pobladores y se ampliará las posibilidades de utilización de un recurso que aún no se ha explotado para generación eléctrica en Colombia.

- **Generación de energía con combustibles fósiles**

Para la generación de energía con combustibles fósiles existe en el mercado una variedad de tecnologías dentro de las que se pueden incluir entre otros, motores reciprocantes, turbinas de vapor, turbinas a gas y/o microturbinas. etc.

Estos equipos brindan ventajas en tamaño y estarían sujetos a la disponibilidad en el mercado, así mismo podrán ser sistemas híbridos conocidos como sistemas de funcionamiento mixto de combustible o de combustión simultánea, en los que sea posible utilizar diferentes combustibles para

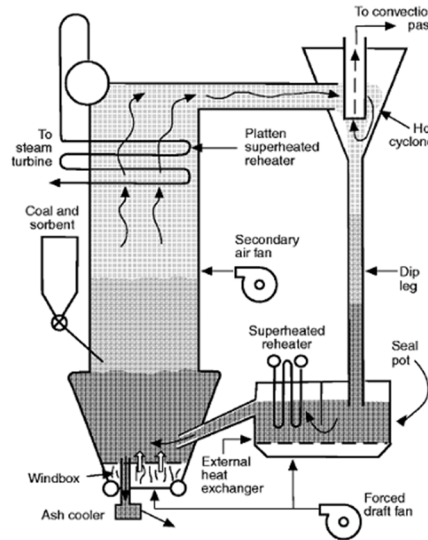


su operación (gas natural, glp, acpm, crudo, entre otros). Se tendrá en cuenta escoger tecnologías que propendan por la disminución de emisiones. Dentro del sistema de generación eléctrica se incluye las calderas, turbogeneradores, motores reciprocantes, turbinas de vapor, entre otros. Para un mayor entendimiento, a continuación, se presenta una descripción de algunos de los procesos que se implementarán para la generación de energía con combustibles fósiles

➤ **Generación a través de calderas**

La caldera (**Figura 2.2.2-182**) es alimentada por agua desmineralizada previamente tratada en el proceso y crudo, gas, GLP o diésel, entre otros como combustibles, se genera una corriente de vapor que es dirigida hacia un colector principal, del colector se obtienen dos corrientes una de vapor de alta presión que es usada para consumo de procesos y otra que se dirige al turbogenerador obteniéndose tres corrientes, vapor de media para consumo de procesos, vapor de baja que es doblemente aprovechado (una parte de esta es enviada al desgasificador para su posterior reinyección a la caldera y otra parte como servicio de planta) y finalmente una corriente de muy baja presión que se dispone hacia el ciclo de enfriamiento (condensador) para su reutilización en la caldera.

**Figura 2.2.2-182 Caldera para aprovechamiento energético de crudo**



Fuente: Inelectra; adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

La temperatura de combustión y turbulencia moderada también proveen el entorno ideal para la combustión de una amplia variedad de combustibles como el crudo, el gas natural y/o el GLP. Los óxidos de nitrógeno (NOx) se forman cuando el combustible se quema a una temperatura suficientemente alta para separar las moléculas de nitrógeno en el aire y provocar la unión de los átomos del nitrógeno y del oxígeno. La temperatura de operación de las calderas de lecho fluidizado no es lo suficientemente alta para que esto ocurra y por lo tanto se forma muy poca cantidad de NOx, en este tipo de caldera. Teniendo en cuenta que posterior al proceso de generación de energía con caldera, se genera vapor, se requiere enfriar dicho vapor a través de condensación, como se explica a continuación:

• **Enfriamiento del Ciclo de Vapor**

La torre de enfriamiento es alimentada por agua proveniente del sistema de clarificación (contemplado en el sistema de tratamiento de aguas), el agua una vez enfriada es enviada al

condensador donde se lleva a cabo el intercambio de calor con el vapor proveniente del turbogenerador logrando el enfriamiento y condensación del mismo, luego el agua es nuevamente recirculada hacia la torre de enfriamiento y el vapor condensado es almacenado en un tanque de condensados donde se mezcla con condensados provenientes de los procesos de la planta mejoradora para su posterior alimentación al desgasificador y constituir continuamente la alimentación a la caldera.

➤ **Generación a través de motores recíprocos**

El proceso se basa en el calentamiento, filtrado y aditivado del combustible, con el objeto de garantizar que, al ingreso del mismo al sistema de inyección de los motores, este mantenga la viscosidad y características establecidas por el fabricante. Los aditivos se diseñan de acuerdo con el tipo de motor y con base en las características del combustible que se va a utilizar. Es un producto diseñado a la medida, que mejora la combustión. Contiene entre otros: dispersantes de parafina, lodos, agua, mejorador de lubricidad, con un alto nivel de detergencia para mantener el sistema de inyección, neutralizador de vanadio hasta 150 ppm, y ayuda a neutralizar levemente el azufre.

➤ **Sistema de control de emisiones a la atmósfera y sistema de gases de escape**

Una vez quemado el combustible en la caldera, los gases de escape deben ser tratados para reducir la concentración de los contaminantes (SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub> y CO<sub>x</sub>) en la corriente que va a la chimenea. La concentración de cada uno de los contaminantes en los gases de escape depende de la tecnología seleccionada para la combustión. De ella también dependerá la tecnología necesaria para mitigar los efectos producidos por la combustión.

Para el caso de las calderas de tecnología de combustión de lecho fluidizado y de acuerdo con sus características se tiene:

- Baja emisión de NO<sub>x</sub>, debido a las temperaturas de operación más bajas con respecto a las calderas convencionales.
- Control en sitio de las emisiones de SO<sub>2</sub>, al utilizar la piedra caliza en el lecho durante la combustión del combustible (asfalteno o crudo).

➤ **Aprovechamiento de gas producido para generación de energía**

Comprende la generación térmica con gas producido y posibilidad de mezcla con gas natural y/o H<sub>2</sub> verde. Podrá hacerse uso de microturbinas a gas y/o de aquella tecnología disponible en el mercado, los equipos asociados a esta estrategia estarán localizados al interior de las Facilidades Centrales de Producción - CPF -.

➤ **Generación a través de turbinas que consumen gas natural**

El diseño del quemador puede aceptar combustibles líquidos con viscosidades de hasta 20 cSt, más del doble de la viscosidad permitida en la mayoría de las turbinas de gas. Combinado con el sistema de combustible presurizado que permite que el combustible se precaliente a 150°C para reducir la viscosidad del mismo. Es posible utilizar combustibles con viscosidades de 750 cSt a 50°C o más, lo que permite al operador utilizar combustibles de HFO comunes, como el IM380, así como aceites crudos y aceites residuales de procesos de refinación, incluidos algunos crudos pesados medios y crudos extrapesados con gravedades API tan bajas como 12° o 13° API.

La capacidad de la turbina opera con combustibles de petróleo crudo, incluido el crudo pesado, gas natural, GLP, Diesel entre otros, ofrece una solución confiable, compacta y liviana para aplicaciones de generación de energía con alta disponibilidad y bajo impacto ambiental. También facilita el transporte y libera espacio en la cubierta de locaciones y facilidades de producción que luego se

pueden utilizar para módulos de procesamiento. Con una alta calidad de calor recuperable de la corriente de gases de escape, la turbina también ofrece un buen potencial de cogeneración. El calor recuperado se puede usar para producir vapor o agua caliente, o para calentar aceite térmico, para proporcionar el calor de proceso necesario para las operaciones en campos petroleros. Esta capacidad aumenta en gran medida la eficiencia energética general de las operaciones de campos petroleros y refinerías, y ayuda a reducir la huella mundial de CO<sub>2</sub> de la producción de petróleo pesado.

#### ➤ **Conexión a sistemas de generación y distribución existentes**

La energización a través de redes procedentes de campos y/o bloques aledaños y/o del Sistema Interconectado Nacional -SIN- no corresponde a una estrategia de generación, sin embargo, como primera alternativa para la alimentación general de las cargas proyectadas en el campo, se contará con la posibilidad de interconexión a través de redes de 34,5 / 115 kV, procedentes de los sistemas eléctricos de campos y/o bloques aledaños y/o del SIN. La alimentación que se lleve a través de redes podrá alimentar las cargas del campo en conjunto con los sistemas de generación que se adelanten.

#### **2.2.2.5.6.3 Proceso constructivo**

Para el Área de Desarrollo Llanos 141 se proyecta que sea autosuficiente en lo referente a la generación y demanda de energía eléctrica, en este orden de ideas y como se aprecia en la **Tabla 2.2.2-136** se contempla la implementación de 5 fuentes de generación de energía eléctrica diferentes y que en conjunto puedan suplir la demanda del recurso en mención; adicionalmente se propende por la implementación de las mismas en consonancia a la ejecución de actividades que sean menos impactantes y más amigables con el entorno. A continuación, se presenta una descripción de cada una de las fuentes consideradas.

#### **2.2.2.5.6.4 Instalaciones de apoyo**

Las instalaciones de apoyo serán similares a las descritas en el literal **Instalaciones de apoyo** consignado en la Estrategia de Desarrollo **Construcción de nuevas vías** del presente Estudio de Impacto Ambiental.

#### **2.2.2.5.6.5 Volumen estimado de cortes y rellenos**

Los volúmenes de material tanto en corte como en relleno serán estimados al momento de la intervención de cada Locación y presentados dentro de los respectivos Planes de Manejo Ambiental Específicos, pero teniendo como premisa no superar las cantidades solicitadas para la presente estrategia de desarrollo (**Tabla 2.2.2-136**).

#### **2.2.2.5.6.6 Asentamientos humanos e infraestructura social, económica y cultural a intervenir**

Las actividades a desarrollar generan un moderado impulso en el marco social y económico del sector, principalmente en el área adyacente a los sectores donde se implantará la infraestructura asociada a los diferentes sistemas de generación de energía descritos a lo largo de la presente estrategia de desarrollo; ya que es necesaria la contratación de mano de obra no profesional requerida para la ejecución de diversas actividades asociadas a esta estrategia. Es de reseñar que se considera que la contratación del personal por parte del proyecto, en lo posible no afectará el desarrollo normal de las principales actividades económicas del área, las cuales corresponden agroindustria, agricultura tradicional y ganadería.

De igual manera, se recurrirá en el sector a la adquisición de diferentes bienes y servicios, escenario que redundará en un moderado impulso a las actividades de comercialización de diferentes productos principalmente en los diferentes cascos urbanos del área definida para el presente EIA. Finalmente, dentro del desarrollo de las actividades de construcción de este tipo de facilidades no se contempla la intervención y afectación de asentamientos humanos, infraestructura social y/o cultural. De otra parte, en lo que respecta al transporte de maquinaria, equipos, personal y materiales de construcción, se tendrán de igual manera las correspondientes medidas de manejo ambiental.

#### 2.2.2.5.6.7 Fuentes de emisiones atmosféricas y ruido

Las fuentes de emisiones atmosféricas y ruido son similares a los descritos dentro de la Estrategia de Desarrollo **Construcción de nuevas vías**, literal  **Fuentes de emisiones atmosféricas y ruido**; que hace parte del presente Estudio de Impacto Ambiental.

#### 2.2.2.5.6.8 Maquinaria y mano de obra

Para la fase constructiva se ha contemplado la demanda de maquinaria y equipo necesario para la ejecución de la construcción del Parque fotovoltaico. En la **Tabla 2.2.2-137** se exponen los estimados de maquinaria y equipo para las obras civiles.

**Tabla 2.2.2-137 Maquinaria y equipos requeridos para la construcción de la infraestructura de Autogeneración de Energía**

Maquinaria y equipo
Motoniveladora
Retroexcavadora
Bulldozer
Vibrocompactador
Volquetas
Mezcladoras de concreto
Vibradores de concreto

Fuente: ECOPETROL S.A., 2020; adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

En la **Tabla 2.2.2-138** se relaciona el personal estimado para la construcción. La cantidad de personal es estimada y podría variar según lo determine el proyecto, así como los imprevistos en el desarrollo de las obras o variación de las condiciones del entorno, entre otros casos.

**Tabla 2.2.2-138 Personal requerido para realizar la construcción infraestructura de Autogeneración de Energía**

Etapas de construcción	Cantidad
Adecuaciones, patio, oficina, cuartos, eléctricos y de control	30
Montaje de paneles y estructuras	8
Montaje equipos de patio	45
Montaje de tableros de control y sw	15
Precomisionamiento y comisionamiento	7
Sistema contra incendios y fire & gas	8
Montaje y configuración de cada eléctrico y coordinación	5
Administración y otros	10
Vigilancia	6
Operación	2
<b>Total</b>	<b>136</b>

Nota (\*): El personal indicado es estimado, el número dependerá de los requerimientos propios del proyecto y de la actividad específica que se lleve a cabo. Por tal razón, el personal podrá variar según lo presentado, (ECOPETROL S.A., 2023)

Fuente: ECOPETROL S.A., 2020; adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)





El desarrollo de esta estrategia en lo referente a la implementación de las diferentes fuentes generadoras de energía y su infraestructura asociada será reportado vía ICA y a la luz de lo autorizados en el presente Estudio de Impacto Ambiental.

#### 2.2.2.5.6.9 Desmantelamiento y restauración de áreas intervenidas

El abandono del área implica en lo específico a infraestructura eléctrica instalada, la ejecución de cuatro acciones principales:

- Cierre y desconexión de equipos y unidades funcionales o de actividades específicas.
- Desmantelamiento, desmonte y retiro de los equipos que forman parte de las unidades funcionales.
- Demolición de estructuras en concreto, cargue y retiro de escombros.
- Recuperación ambiental del área asociada. (Recuperación de la capa orgánica, revegetalización y recuperación paisajística).

Adicionalmente se revisarán los drenajes y se asegurará que no estén taponados. En las zonas donde se hayan instalado alcantarillas se evaluará la opción de retirarlas dejando un canal abierto en el lugar donde éstas se encontraban. Estas actividades se presentan de forma detallada en el Capítulo 10 Plan de Desmantelamiento y Abandono, del Estudio de Impacto Ambiental Área de Desarrollo Llanos 141.

#### 2.2.2.5.6.10 Impactos ambientales asociados

Los impactos generados por el desarrollo de estas subactividades se presentan en el Capítulo 5, Evaluación Ambiental, del presente documento.

#### 2.2.2.5.7 Construcción de planta solar fotovoltaica (ED16)

Esta estrategia agrupa todas las actividades necesarias para la construcción y puesta en marcha de una planta solar fotovoltaica (parque solar); La generación de energía eléctrica adicionalmente tiene como propósito hacer del campo autosuficiente con la implementación de tipos de no convencionales como son: Energía solar (Parque Solar), Geotermia, Combustibles fósiles, Aprovechamiento de Gas.

##### 2.2.2.5.7.1 Cantidades a solicitar en el presente Estudio de Impacto Ambiental

Para asegurar el suministro y requerimiento de energía eléctrica se proyecta la implementación de diferentes fuentes de energía que aseguren la demanda requerida para el funcionamiento del Área de Desarrollo Llanos 141, en este orden de ideas se contempla la generación de energía eléctrica a partir de 5 fuentes distintas que se listan en la **Tabla 2.2.2-140**.

**Tabla 2.2.2-140 Cantidades a solicitar relacionadas a las fuentes de generación de energía**

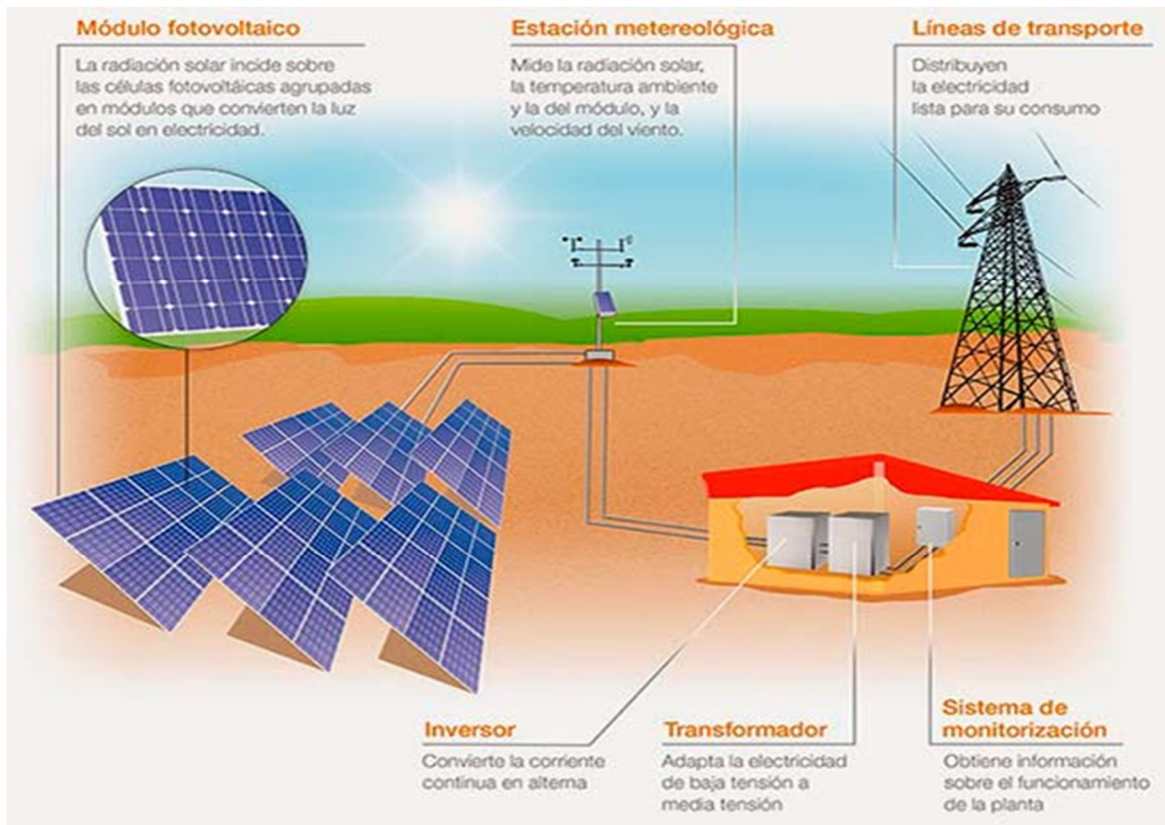
Tipo de actividad	Tipo de fuente	Descripción
Generación de energía eléctrica	Planta solar fotovoltaica	Construcción de un Parque Fotovoltaico de hasta 15 ha con una capacidad de generación de hasta 18,75 MW como infraestructura de apoyo para suplir la demanda energética del Área de Desarrollo Llanos 141 a lo largo de las diferentes etapas y operación asociada

Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

### 2.2.2.5.7.2 Acciones a seguir

La generación fotovoltaica consiste en la transformación directa de la radiación solar en energía eléctrica. Esta transformación en energía eléctrica se consigue aprovechando las propiedades de los materiales semiconductores mediante las células fotovoltaicas. El material base para la fabricación de paneles fotovoltaicos suele ser el silicio. Cuando la luz del Sol (fotones) incide en una de las caras de la célula solar genera una corriente eléctrica. Esta electricidad generada se puede aprovechar como fuente de energía (**Figura 2.2.2-183**).

**Figura 2.2.2-183 Esquema general generación de energía fotovoltaica**



Fuente: <https://www.idbinvest.org/es>; adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

### Características y especificaciones técnicas

La estrategia corresponde a una planta solar fotovoltaica con una capacidad instalada estimada en 30 MW, cuya ubicación dentro del Área de Desarrollo Llanos 141 atenderá lo establecido en la Zonificación de Manejo Ambiental. La energía que allí se produzca será llevada a los centros de consumo del Área de Desarrollo Llanos 141 a través de líneas eléctricas cuyo nivel de tensión (115 kV y/o 34,5 kV) dependerá de la infraestructura a alimentar y/o interconectar.

Se estima que el área requerida para la planta solar atienda una densidad de energía de 1,5 ha/MWp; en este sentido, el área requerida por la estrategia se estima en 45 ha que podrían estar distribuidas en el campo, es decir, que las 45 ha podrán distribuirse en el campo solventando parcialmente la demanda e interconectándose entre sí, sin ser una única instalación en una única extensión de área.

En las 15 ha estimadas, se prevé la instalación de módulos con una capacidad de generación estimada de 540 W por módulo. Adicionalmente, en esta área se dispondrían de todos los equipos necesarios para inversión y transformación que a bien se requieran y optimicen el proceso de generación y entrega de la energía producida.

Los análisis previos, tomando como base los estudios y proyectos ejecutados en el área con ocasión de la generación solar en campos vecinos operados por Ecopetrol S.A., arrojan que la planta presentara un resultado de rendimiento elevado (**Tabla 2.2.2-141**)

**Tabla 2.2.2-141 Rendimiento de la planta proyectada**

Descripción	Rendimiento
Energía producida anual	164250 MWh/año
Producción específica	1613 kWh/kWp/año
Performance Ratio <sup>4</sup> Anual	85%

Fuente: (ECOPETROL S.A., 2023)

- **Diagrama de flujo para la generación de la energía solar**

La tecnología fotovoltaica se basa en la captación de energía radiante solar y su conversión directa en energía eléctrica. Esta radiación es captada por el elemento básico de la central fotovoltaica que son las células fotovoltaicas, integradas primero en módulos y luego en paneles fotovoltaicos; estos son los encargados de transformar la energía lumínica del sol (fotones) en energía eléctrica de corriente continua proporcional a la irradiación solar que incide sobre ellos.

Como la energía eléctrica que se utiliza de manera ordinaria en los sistemas eléctricos de Ecopetrol es corriente alterna, la corriente continua generada en los paneles solares debe ser transformada a corriente alterna; por este motivo para lograr la corriente alterna, la corriente continua generada es enviada a los inversores de corriente que convierten la corriente continua en corriente alterna. Posteriormente a la salida de los inversores se conectan transformadores que elevan la tensión al nivel de 34,5 kV AC para conectarse a la red interna de Ecopetrol S.A. Entre los equipos y maquinarias que se instalará se encuentran los inversores eléctricos que permitirán transformar la corriente continua en corriente alterna.

- **Métodos constructivos e instalaciones de apoyo (campamentos, talleres, caminos de servicio, otros)**

En términos generales, las actividades y etapas para la instalación, operación y mantenimiento de un parque solar para autogeneración de energía eléctrica a partir de la conversión de la radiación solar por el efecto fotovoltaico, incluyendo la infraestructura asociada para los dispositivos que permiten realizar las operaciones de transformación, protección y distribución de la energía eléctrica y operación como: seguidores, inversores, transformadores y subestación elevadora, entre otros, el tiempo de ejecución puede presentar variaciones dependiendo de aspectos como la cantidad de frentes a implementar, disponibilidad de equipos y materiales y de otros relacionados con el clima y eventuales conflictos de tipo social y laboral.

La construcción de este tipo de infraestructura obedece los mismos lineamientos presentados para la **Construcción de Locaciones**, literal **2.2.2.1.1.3**, del presente documento; en este orden de ideas

<sup>4</sup> El performance ratio es una medida de la calidad de una planta fotovoltaica el cual es independiente de la ubicación y, por tanto, se describe como un factor de calidad. Este se expresa en porcentaje y describe la relación entre la salida real de energía con respecto a la estimación teórica.

y bajo el panorama reseñado, solo se presentará a continuación, la descripción de las actividades que son propias y exclusivas para este tipo de obra.

- Hincado de estructuras metálicas en terreno
- Instalación de paneles fotovoltaicos
- Construcción de cimientos e instalación de los inversores
- Instalación de sistema de puesta a tierra
- Cableado y conexión entre paneles y de éstos a los inversores
- Conexión de acometidas al sistema eléctrico del cliente
- Tendido de cables de media tensión entre power station 1 y punto de interconexión
- Tendido de cables de baja y media tensión entre power station y puntos de conexión
- Instalación de sistemas de vigilancia
- Ensayos de puesta en servicio del parque
- Instalación del cerramiento

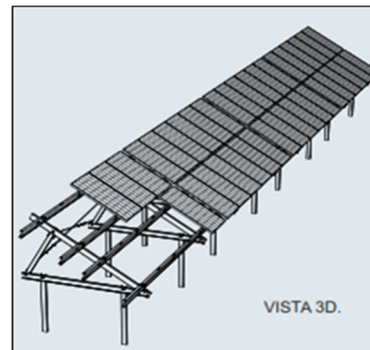
○ **Hincado de estructuras metálicas en terreno**

Se hincarán las estructuras metálicas que soportarán los paneles solares con ayuda de máquinas hincadoras, esta estructura por su sistema de anclaje no es necesario ningún tipo de cimentación. En la **Figura 2.2.2-184** se observa un ejemplo de la hincadora que se tiene el mercado y la disposición de la perfilera soporte de los paneles solares.

**Figura 2.2.2-184 Hincado de estructuras metálicas**



Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

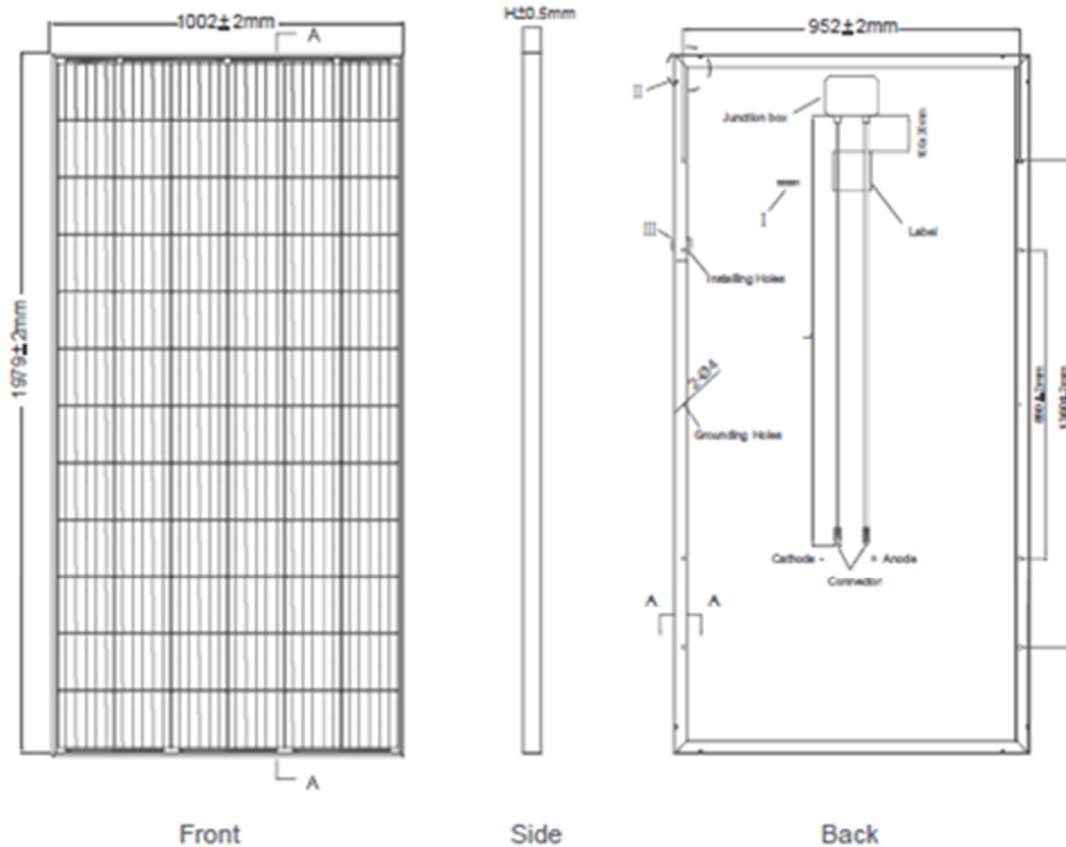


○ **Instalación de paneles fotovoltaicos**

Los paneles solares, están contruidos por un marco o estructura metálica, generalmente de aleación de aluminio anodizado, un tablero de cristal tratado térmicamente, de 3,2 mm de espesor con característica de anti reflexión de luz. El cristal y la estructura de aluminio protegen las células fotovoltaicas que se alojan en el interior del panel y que son la clave del sistema de energía. Las células fotovoltaicas son estructuras de silicio que tienen la propiedad de transformar la luz del sol en energía eléctrica. Para el proyecto se podrán utilizar modelos de panel que puedan brindar potencia, confiabilidad y respaldo al sistema con el fin de generar hasta 30 MW de energía.

Una vez ubicadas las estructuras metálicas que soportarán los paneles se procederá a instalar los módulos solares con el ángulo correspondiente al cálculo de diseño. Los cuales para su distribución se empleará un tractor y zonas de acopio temporal a lo largo del terreno. Usualmente, se utilizarán paneles de medidas aproximadas 2000x1000x40 mm y 22 kg de peso cada uno, como se muestra en la **Figura 2.2.2-185**.

Figura 2.2.2-185 Panel solar



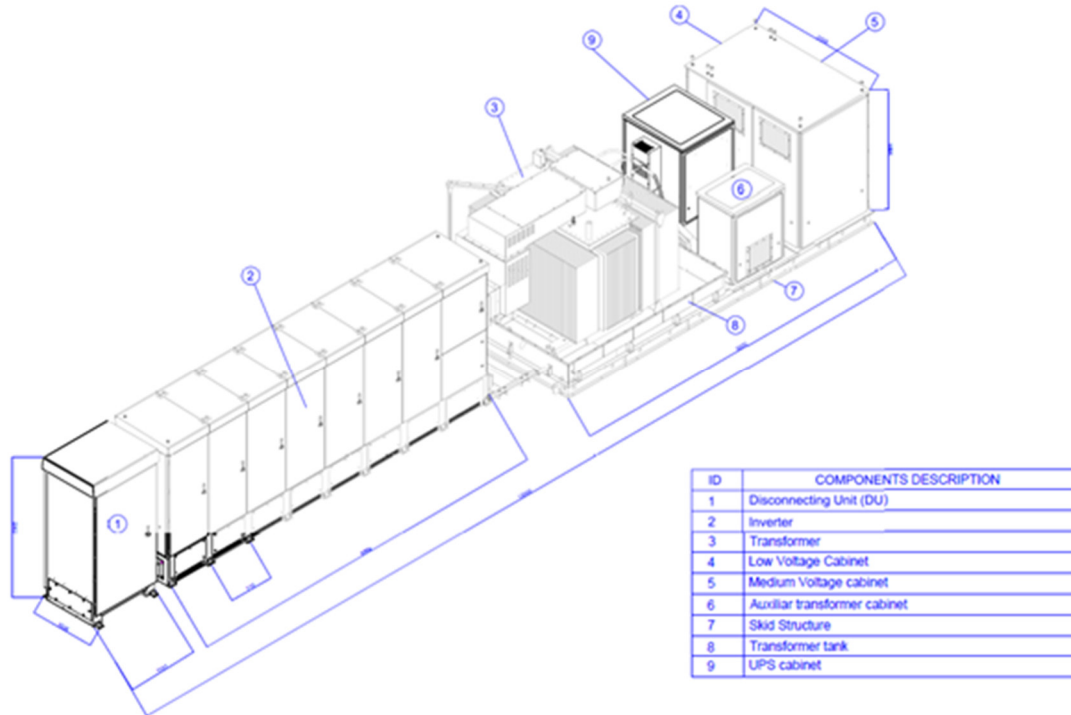
Fuente: ECOPETROL S.A., 2019; adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

○ **Construcción de cimientos e instalación de los inversores**

Se harán adecuaciones menores en el terreno para instalar cimientos en concreto en donde se ubicarán inversores que permitirán transformar la corriente continua en corriente alterna. Estos inversores se encuentran sobre un skid con una longitud aproximada de 13,7 mts por 2,25 mts y peso aproximado de 25 toneladas cada uno. Se ubicarán en plataformas de concreto reforzado de aproximadamente, 3500 psi con longitud de 15 mts por 4 mts y espesor de 25 cm aproximadamente **Figura 2.2.2-186**.



Figura 2.2.2-186 Representación de los inversores



Fuente: ECOPETROL S.A., 2019; adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

○ **Instalación de sistema de puesta a tierra**

Todas las alineaciones del seguidor e inversores tendrán puesta a tierra. La estructura se unirá eléctricamente a tierra mediante conductor de cobre desnudo y un electrodo de tierra (generalmente tipo pica).

Cada seguidor tendrá una puesta a tierra mediante un cable enterrado de cobre desnudo, de 50 mm<sup>2</sup> de sección, que irá unido al centro de transformación. Esta línea de tierra discurre por el pasillo central de cada planta, dando tierras transversales a cada uno de los seguidores. Se instalarán tantas picas de tierra como sean necesarias para obtener un correcto valor de resistencia a tierra.

- Punto de puesta a tierra en centro de inversores. En él se conecta el electrodo o sistema de electrodos de tierra.
- Línea principal de tierra. Une el punto de puesta a tierra con el bornero de conductores de protección.
- Bornero de conductores de protección. A se conectan los conductores de protección del campo fotovoltaico de demás masas metálicas del sistema fotovoltaico.
- La instalación de las puestas a tierra se realizará mediante picas de 14 mm de diámetro y 2 mts de longitud, para obtener una resistencia inferior a 20 ohmios. Existirá un borne de tierra registrable en cada seguidor.

- **Cableado y conexionado entre paneles y de éstos a los inversores**

Los paneles serán conectados en serie de módulos, denominados normalmente String, los cuales se conectarán a las cajas de nivel en paralelo y a su vez las cajas de nivel se conectarán a los inversores con cable de baja tensión. Se interconectarán los inversores entre sí y el punto de conexión de la subestación con cables de alta tensión. La conexión de los String a las cajas de nivel, de las cajas de nivel a los inversores, de los inversores al centro de seccionamiento, se realizará mediante conductos enterrados.

- **Conexión de acometidas al sistema eléctrico del cliente**

Se hará las instalaciones eléctricas a la derivación desde los inversores al sistema, mediante tubería enterrada. En primer lugar, se colocará el cable de tierra en la parte inferior de la zanja y se colocará una capa de arena de altura definida según plano correspondiente. La arena deberá ser extendida mediante medios manuales, con el objetivo de dejar una superficie llana. Al mismo tiempo, se realizará una inspección visual para eliminar cualquier tipo de material susceptible de dañar el cable. A continuación, se procederá con el tendido del cable correspondiente, siguiendo el procedimiento descrito en los puntos anteriores, según aplique. Deberá impermeabilizarse la punta del cable con el objetivo de evitar el contacto del conductor con cualquier tipo de impureza. Se procederá a colocar otra capa de arena, hasta llegar a la altura adecuada según especifique el plano. Este proceso se repetirá hasta alcanzar todas las capas de la zanja.

- **Tendido de cables de media tensión entre power station y punto de interconexión**

Se pondrá la bobina de cable de media tensión en un porta-bobinas, el cual se instalará sobre la plataforma del camión y se fijará a la misma mediante estrobos o cinta de fijación, con el objetivo de evitar desequilibrios o caída de la bobina durante la realización de los trabajos. Los trabajos serán realizados por cuatro personas, dos se encontrarán dentro de la zanja con el objetivo de realizar el devanado del cable y a su acomodación dentro de la misma, y dos sobre el camión ayudando al devanado de este. El avance del camión deberá realizarse siempre que haya cable desbobinado. En caso contrario, el cable avanzaría con el camión y se desplazaría sobre la zanja

- **Tendido de cables de media tensión entre power station y puntos de conexión**

Se colocará la bobina de cable de media tensión en un portabobinas, el cual se instalará sobre la plataforma del camión y se fijará a la misma mediante estrobos o cinta de fijación, con el objetivo de evitar desequilibrios o caída de la bobina durante la realización de los trabajos. Los trabajos serán realizados por cuatro personas, dos se encontrarán dentro de la zanja con el objetivo de realizar el devanado del cable y a su acomodación dentro de la misma, y dos sobre el camión ayudando al devanado del mismo. El avance del camión deberá realizarse siempre que haya cable desbobinado. En caso contrario, el cable avanzaría con el camión y se desplazaría sobre la zanja. El camión deberá ser guiado por un banderillo para evitar el avance si no hay cable disponible.

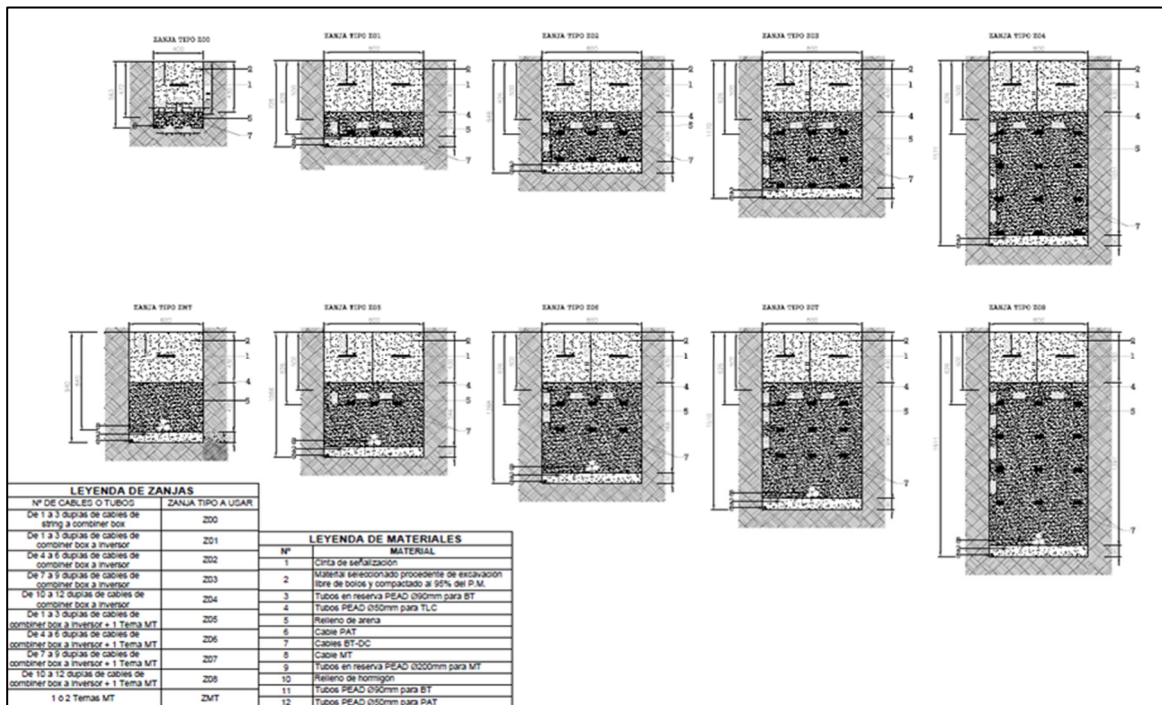
- **Tendido de cables de baja tensión entre power station y puntos de conexión**

Se colocará la bobina de cable de media tensión en un portabobinas, y se ubicará en el punto inicial. El portabobinas deberá ser fijado al suelo, con el objetivo de evitar el vuelco la bobina durante la realización de los trabajos. Para los cables de baja tensión, los trabajos serán realizados por cuatro personas, dos se encontrarán dentro de la zanja con el objetivo de realizar el devanado del cable y a su acomodación dentro de la misma, y dos en el porta bobinas ayudando al devanado del mismo.

- **Conexión de acometidas al sistema eléctrico de Ecopetrol**

Se hará las instalaciones eléctricas a la derivación desde los inversores al sistema de 34.5kV de Ecopetrol mediante tubería enterrada. En primer lugar, se colocará el cable de tierra en la parte inferior de la zanja y se colocará una capa de arena de altura definida según plano correspondiente. La arena deberá ser extendida mediante medios manuales, con el objetivo de dejar una superficie llana. Al mismo tiempo, se realizará una inspección visual para eliminar cualquier tipo de material susceptible de dañar el cable. A continuación, se procederá con el tendido del cable correspondiente, siguiendo el procedimiento descrito en los puntos anteriores, según aplique. Deberá impermeabilizarse la punta del cable con el objetivo de evitar el contacto del conductor con cualquier tipo de impureza. Se procederá a colocar otra capa de arena, hasta llegar a la altura adecuada según especifique el plano. Este proceso se repetirá hasta alcanzar todas las capas de la zanja. Se cuenta con 10 tipo de zanjas (**Figura 2.2.2-187**), las cuales irán cambiando de acuerdo con el grupo de mesas que se interconectarán por intermedio de las cajas de nivel; cada inversor recibirá aproximadamente 14 cajas de nivel. A continuación, se representa esquemáticamente los tipos de zanjas a considerar.

**Figura 2.2.2-187 Zanjas Tipo**



Fuente: ECOPEPETROL S.A., 2019; adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

- **Instalación de sistemas de vigilancia**

Se instalará un sistema de circuito cerrado de televisión y video vigilancia CCTV de cobertura básica del perímetro. Se tendrán cámaras y red de fibra óptica, y un cuarto para monitores que servirá para un vigilante (**Figura 2.2.2-188**).

**Figura 2.2.2-188 Representación del sistema de vigilancia**



Fuente: ECOPETROL S.A., 2019; adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

○ **Ensayos de puesta en servicio del parque**

Se hará los respectivos ensayos para garantizar que la planta de energía fotovoltaica en función de acuerdo con lo diseñado. Entre las pruebas a realizar se tienen:

- Prueba de arranque y parada
- Pruebas de elementos de seguridad, protección y control
- Pruebas de funcionamiento de los elementos de baja tensión
- Pruebas de funcionamiento de los elementos de alta tensión
- Test de energización del transformador
- Funcionamiento de las celdas
- Pruebas de la estación meteorológica y monitorización

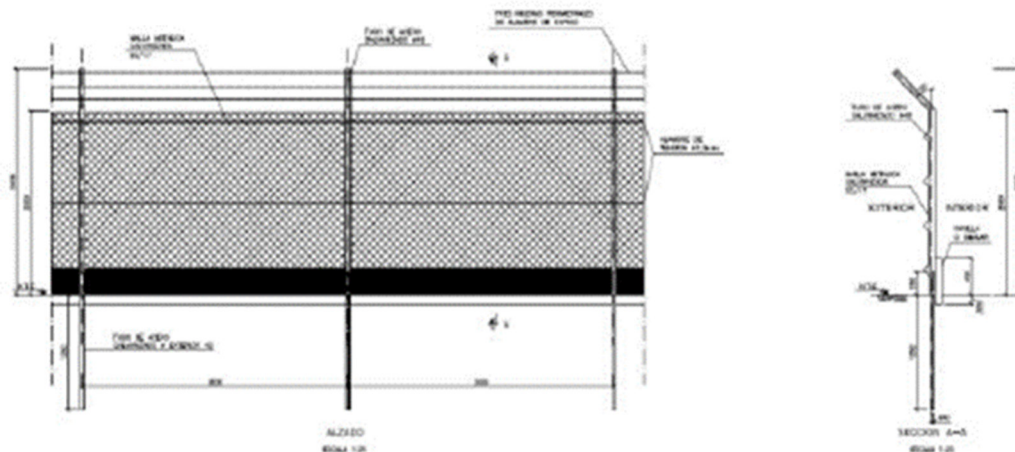
Adicionalmente a las anteriores pruebas se realizarán controles de calidad e inspección de equipos como se lista a continuación

- Control de equipos:
  - Control de calidad para estructuras
  - Control de calidad de protecciones de superficies metálicas
  - Control de calidad para accesorios y pequeño material
  - Control de calidad de transformadores
  - Control de calidad de inversores
  - Control de calidad de módulos fotovoltaicos
  - Control de calidad de cuadros eléctricos
  - Control de calidad de motores
  - Control de calidad para instrumentos primarios de medida e instrumentación

- Inspección de equipos:
  - Tuberías de P. V. C.
  - Inversores
  - Transformadores
  - Celdas de media tensión
  - Bloque de potencia
  - Cuadros eléctricos principales y cuadros secundarios
  - Paneles de control
  - Instrumentación
- **Instalación del cerramiento**

Se construirá un cerramiento con malla galvanizada de doble torsión de 2 mts de altura y postes galvanizados distanciados cada 3 mts; los cuales se hincarán en el suelo aproximadamente entre 1 a 1,5 mts. Adicionalmente se tendrá una puerta de ingreso de acuerdo con la estética y funcionalidad que requiere el parque, la cual puede ser batiente o corrediza (**Figura 2.2.2-189**).

**Figura 2.2.2-189 Cerramiento Tipo**

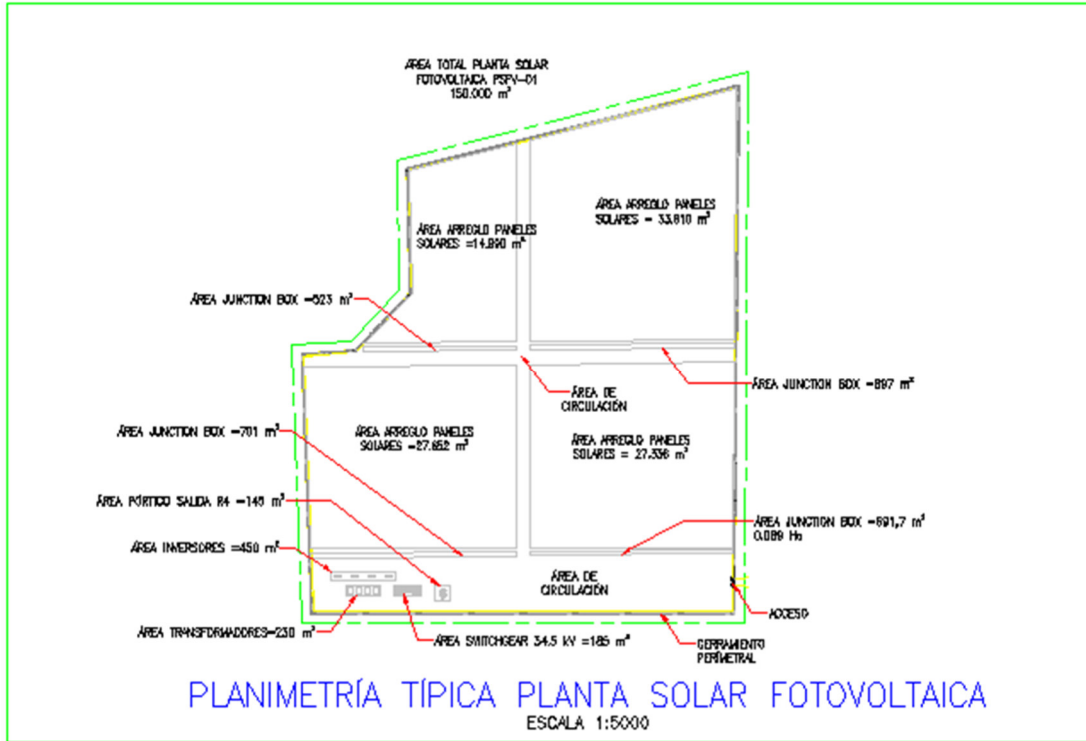


Fuente: ECOPETROL S.A., 2019; adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

Finalmente, el plot plan tipo para la Planta Solar Fotovoltaica se presenta en la **Figura 2.2.2-190**.



Figura 2.2.2-190 Diseño tipo Planta Solar Fotovoltaica



ÁREAS PLANTA SOLA FOTOVOLTAICA	
ÁREA TRANSFORMADORES	230 m <sup>2</sup>
ÁREA INVERSORES	450 m <sup>2</sup>
ÁREA PÓRTICO SALIDA R4	145 m <sup>2</sup>
ÁREA JUNCTION BOX	701 m <sup>2</sup>
ÁREA JUNCTION BOX	523 m <sup>2</sup>
ÁREA ARREGLO PANELES SOLARES	14.990 m <sup>2</sup>
ÁREA ARREGLO PANELES SOLARES	33.810 m <sup>2</sup>
ÁREA JUNCTION BOX	697 m <sup>2</sup>

ÁREAS PLANTA SOLA FOTOVOLTAICA	
ÁREA ARREGLO PANELES SOLARES	27.652 m <sup>2</sup>
ÁREA ARREGLO PANELES SOLARES	27.336 m <sup>2</sup>
ÁREA SWITCHGEAR 34.5 KV	185 m <sup>2</sup>
ÁREA DE CIRCULACIÓN	43.281 m <sup>2</sup>
ÁREA TOTAL PLANTA SOLAR FOTOVOLTAICA PSFV-01	150.000 m <sup>2</sup>

Fuente: Anexo 2. Descripción del proyecto / 5.CIV / ECP-ULL-LLANOS141-IP01-0-CI-PL-001-D1; Adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

### 2.2.2.5.7.3 Proceso constructivo

Para el Área de Desarrollo Llanos 141 se proyecta que sea autosuficiente en lo referente a la generación y demanda de energía eléctrica, en este orden de ideas y como se aprecia en la **Tabla 2.2.2-136** se contempla la implementación de 4 fuentes de generación de energía eléctrica diferentes y que en conjunto puedan suplir la demanda del recurso en mención; adicionalmente se propende por la implementación de las mismas en consonancia a la ejecución de actividades que sean menos impactantes y más amigables con el entorno. A continuación, se presenta una descripción de cada una de las fuentes consideradas.

#### 2.2.2.5.7.4 Instalaciones de apoyo

Las instalaciones de apoyo serán similares a las descritas en el literal **Instalaciones de apoyo** consignado en la Estrategia de Desarrollo **Construcción de nuevas vías** del presente Estudio de Impacto Ambiental.

#### 2.2.2.5.7.5 Volumen estimado de cortes y rellenos

Los volúmenes de material tanto en corte como en relleno serán estimados al momento de la intervención de cada Locación y presentados dentro de los respectivos Planes de Manejo Ambiental Específicos, pero teniendo como premisa no superar las cantidades solicitadas para la presente estrategia de desarrollo (**Tabla 2.2.2-136**); sin embargo a manera de guía se presenta en la **Tabla 2.2.2-142** un estimado del movimiento de tierras asociado a la construcción de este tipo de facilidad.

**Tabla 2.2.2-142 Estimativo de movimientos de tierra asociados a la construcción de una planta solar fotovoltaica**

ESTRATEGIAS DE DESARROLLO	Área total a solicitar para esta estrategia (ha)	Espesor Descapote (m)	Volumen Descapote (m3)	Espesor promedio excavación (m)	Volumen excavación (m3)	Espesor Rellenos (m3)	Volumen Rellenos (m3)
Construcción de planta solar fotovoltaica	15	0,5	75.000,00	2,00	300.000,00	1,50	225.000,00

Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

#### 2.2.2.5.7.6 Asentamientos humanos e infraestructura social, económica y cultural a intervenir

Las actividades a desarrollar generan un moderado impulso en el marco social y económico del sector, principalmente en el área adyacente a los sectores donde se implantará la infraestructura asociada a los diferentes sistemas de generación de energía descritos a lo largo de la presente estrategia de desarrollo; ya que es necesaria la contratación de mano de obra no profesional requerida para la ejecución de diversas actividades asociadas a esta estrategia. Es de reseñar que se considera que la contratación del personal por parte del proyecto, en lo posible no afectará el desarrollo normal de las principales actividades económicas del área, las cuales corresponden agroindustria, agricultura tradicional y ganadería.

De igual manera, se recurrirá en el sector a la adquisición de diferentes bienes y servicios, escenario que redundará en un moderado impulso a las actividades de comercialización de diferentes productos principalmente en los diferentes cascos urbanos del área definida para el presente EIA. Finalmente, dentro del desarrollo de las actividades de construcción de este tipo de facilidades no se contempla la intervención y afectación de asentamientos humanos, infraestructura social y/o cultural. De otra parte, en lo que respecta al transporte de maquinaria, equipos, personal y materiales de construcción, se tendrán de igual manera las correspondientes medidas de manejo ambiental.

#### 2.2.2.5.7.7 Fuentes de emisiones atmosféricas y ruido

Las fuentes de emisiones atmosféricas y ruido son similares a los descritos dentro de la Estrategia de Desarrollo **Construcción de nuevas vías**, literal **Fuentes de emisiones atmosféricas y ruido**; que hace parte del presente Estudio de Impacto Ambiental.

### 2.2.2.5.7.8 Maquinaria y mano de obra

Para la fase constructiva se ha contemplado la demanda de maquinaria y equipo necesario para la ejecución de la construcción del Parque fotovoltaico. En la **Tabla 2.2.2-143** se exponen los estimados de maquinaria y equipo para las obras civiles.

**Tabla 2.2.2-143 Maquinaria y equipos requeridos para la construcción de la planta solar fotovoltaica**

Maquinaria y equipo
Motoniveladora
Retroexcavadora
Bulldozer
Vibrocompactador
Volquetas
Mezcladoras de concreto
Vibradores de concreto

Fuente: ECOPETROL S.A., 2020; adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

En la **Tabla 2.2.2-144** se relaciona el personal estimado para la construcción. La cantidad de personal es estimada y podría variar según lo determine el proyecto, así como los imprevistos en el desarrollo de las obras o variación de las condiciones del entorno, entre otros casos.

**Tabla 2.2.2-144 Personal requerido para realizar la construcción de la planta solar fotovoltaica**

Etapas de construcción	Cantidad
Adecuaciones, patio, oficina, cuartos, eléctricos y de control	30
Montaje de paneles y estructuras	8
Montaje equipos de patio	45
Montaje de tableros de control y sw	15
Precomisionamiento y comisionamiento	7
Sistema contra incendios y fire & gas	8
Montaje y configuración de cada eléctrico y coordinación	5
Administración y otros	10
Vigilancia	6
Operación	2
<b>Total</b>	<b>136</b>

Nota (\*): El personal indicado es estimado, el número dependerá de los requerimientos propios del proyecto y de la actividad específica que se lleve a cabo. Por tal razón, el personal podrá variar según lo presentado, (ECOPETROL S.A., 2023)

Fuente: ECOPETROL S.A., 2020; adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

- Duración de las obras**

El cronograma general presentado reúne las diferentes estrategias de desarrollo contempladas para el Área de Desarrollo Llanos 141, corresponde a una proyección de tiempos estimados de ejecución de las mismas y puede presentar variaciones en función del desarrollo de las diferentes actividades a ejecutar, así las cosas, es de señalar que en función de los resultados obtenidos y tiempos de duración de las pruebas de producción realizadas en la fase de exploración, este cronograma puede ser ajustado en aras de dar inicio paralelo a la implementación de las estrategias de desarrollo asociadas a la operación y producción definidas para el Área de Desarrollo y que se encuentran contempladas en el presente EIA.

A continuación, en la **Tabla 2.2.2-145** y **Tabla 2.2.2-146** se presentan las fases de desarrollo del campo en las que se contempla la perforación de pozos y la duración de las actividades a desarrollar durante el proceso de perforación para un pozo de producción tipo.



El desarrollo de esta estrategia en lo referente a la implementación de las diferentes fuentes generadoras de energía y su infraestructura asociada será reportado vía ICA y a la luz de lo autorizados en el presente Estudio de Impacto Ambiental.

#### **2.2.2.5.7.9 Desmantelamiento y restauración de áreas intervenidas**

El abandono del área implica en lo específico a infraestructura eléctrica instalada, la ejecución de cuatro acciones principales:

- Cierre y desconexión de equipos y unidades funcionales o de actividades específicas.
- Desmantelamiento, desmonte y retiro de los equipos que forman parte de las unidades funcionales.
- Demolición de estructuras en concreto, cargue y retiro de escombros.
- Recuperación ambiental del área asociada. (Recuperación de la capa orgánica, revegetalización y recuperación paisajística)

Adicionalmente se revisarán los drenajes y se asegurará que no estén taponados. En las zonas donde se hayan instalado alcantarillas se evaluará la opción de retirarlas dejando un canal abierto en el lugar donde éstas se encontraban. Estas actividades se presentan de forma detallada en el Capítulo 10 Plan de Desmantelamiento y Abandono, del Estudio de Impacto Ambiental Área de Desarrollo Llanos 141.

#### **2.2.2.5.7.10 Impactos ambientales asociados**

Los impactos generados por el desarrollo de estas subactividades se presentan en el Capítulo 5, Evaluación Ambiental, del presente documento.

#### **2.2.2.5.8 Instalación y operación de líneas eléctricas de 34,5 / 115 Kv (ED17)**

Las actividades de explotación de hidrocarburos, requieren de una infraestructura eléctrica capaz de suplir lo requerimientos de energía para la ejecución de los procesos, en este orden de ideas, dentro de esta estrategia se incluye la construcción de redes eléctricas (alta, media y baja tensión), la interconexión entre centros de maniobra y/o subestaciones eléctricas, la construcción de facilidades eléctricas y la actualización de facilidades como de subestaciones eléctricas existentes.

Esta estrategia agrupa todas las actividades necesarias para energizar las instalaciones operativas asociadas la explotación de hidrocarburos en el Área de Desarrollo Llanos 141. Con la misma, Ecopetrol S.A. asegurará la generación, conducción y suministro de energía eléctrica necesaria para el funcionamiento de los diferentes equipos y los procesos en Locaciones y/o facilidades existentes y/o proyectadas.

#### **2.2.2.5.8.1 Cantidades a solicitar en el presente Estudio de Impacto Ambiental**

Para asegurar el suministro y requerimiento de energía eléctrica se proyecta la implementación de diferentes fuentes de energía que aseguren la demanda requerida para el funcionamiento del Área de Desarrollo Llanos 141 se contempla la construcción de líneas distribución para niveles de tensión entre 34,5 kV y 115 kV; las discurrirán dentro de un derecho de vía hasta de 20 m en las longitudes que se listan en la **Tabla 2.2.2-147**. La construcción de este tipo de infraestructura se realizará respetando lo estipulado por la zonificación de manejo ambiental.



**Tabla 2.2.2-147 Cantidades a solicitar relacionadas a la Instalación y operación de líneas eléctricas de 34,5 / 115 kV**

Tipo de actividad	Tipo de línea	Descripción	Longitud máxima (km)	Ancho derecho de vía (m)	Área (ha)
Instalación y operación de líneas eléctricas de 34,5 / 115 kV	Construcción de líneas de distribución para niveles de tensión entre 34,5 kV y 115 kV, las cuales discurrirán dentro de un derecho de vía hasta de 20 m de ancho	Líneas de Media Tensión (34,5 kV)	100	20	200
		Líneas de Alta Tensión (115 kV)	30	20	60

Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

### 2.2.2.5.8.2 Proceso constructivo

La definición de los trazados de las líneas se deberá definir acorde a lo presentado en la zonificación de manejo ambiental y procurando la mínima generación de impacto, ambientales, económicos, de seguridad, operatividad, confiabilidad, disponibilidad y estabilidad. De igual forma se considerarán las rutas de menos longitud, fácil construcción, inspección, mantenimiento y reparación.

La localización de estas líneas deberá cumplir con las disposiciones y distancias de seguridad (distancias mínimas entre circuitos de diferentes voltajes y entre la línea y cualquier obstáculo) exigidas por el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE), de tal manera que no representen peligro para las construcciones adyacentes ni queden sometidas a los riesgos de posibles incendios, tráfico fluvial, aéreo y de vehículos.

Dado el caso de construcción de líneas paralelas a vías existentes, estas se mantendrán a la distancia mínima exigida por las normas viales, teniendo en cuenta las fajas mínimas de retiro obligatorio o área de reserva o de exclusión para las carreteras que forman parte de la red vial nacional con el fin de prevenir conflictos ocasionados por futuras ampliaciones o interferencia con dichos servicios.

En caso, que exista limitaciones por falta de espacio o presencia de elementos que impidan la localización física de la línea, se conservarán las distancias mínimas que permitan el funcionamiento normal de las obras de servicio público o las que especifiquen las normas asociadas a dichos servicios, aplicados o exigidas por los operadores de redes.

En la **Tabla 2.2.2-148** se listan las actividades a ejecutar para la ampliación de Locaciones existentes.

**Tabla 2.2.2-148 Actividades a ejecutar**

ETAPA	SUBETAPA	ACTIVIDAD	ID
CONSTRUCTIVA (OBRAS CIVILES NECESARIAS)	CONSTRUCCIÓN DE INFRAESTRUCTURA ELÉCTRICA (REDES, CENTROS DE MANIOBRA, CENTROS DE DISTRIBUCIÓN, SUBESTACIONES, E INFRAESTRUCTURA CONEXA)	Despeje de servidumbre para el tendido e izado del conductor	A23
		Transporte, hincado, plomado y cimentado de estructuras de apoyo (incluye instalación del sistema de puesta a tierra)	A24
		Construcción e instalación de anclajes y templetes, línea y cables de guarda (incluye tendido y tensionado)	A25

Nota (\*): En la tabla anterior se listan las actividades específicas asociadas a la instalación de infraestructura y equipos eléctricos, la construcción de la infraestructura civil se realiza siguiendo el proceso constructivo de obras generales que se encuentra descrito en la subetapa Adecuación y/o Construcción de infraestructura básica, de apoyo y eléctrica (Tabla 2.2.2-10) del presente documento

Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

A continuación, se presenta una breve descripción de cada una de las actividades referidas.

➤ **Despeje de servidumbre para el tendido e izado del conductor**

Para el tendido e izado del conductor se requiere el despeje del material vegetal (arbustivo) presente en la franja de servidumbre que pueda llegar a interferir con la construcción u operación de la línea eléctrica, de forma que permita las labores de tendido del conductor y cable de guarda, y no genere acercamientos (romper la distancia de seguridad) durante la etapa operativa, hecho que depende del tipo y altura de la vegetación.

La trocha de despeje de vegetación estará ubicada dentro de la franja de servidumbre y su ancho dependerá del tipo de vegetación, alto y ancho de copa, topografía del terreno, distancias de seguridad entre la copa de los árboles y el conductor más bajo (**Fotografía 2.2.2-12**).

Se debe garantizar el despeje y limpieza continuos de la franja de servidumbre durante la vida útil de operación y funcionamiento de las líneas y evitar en todo momento acercamientos indebidos o construcciones inapropiadas que pongan en riesgo la integridad de los seres vivos y el normal y servicio de las redes. Si los individuos a talar sobrepasan los 10 cm de DAP se deberá contar con permiso para el aprovechamiento forestal por parte de la autoridad competente (CORMACARENA).

Dicha actividad se desarrolla en aquellos cuadrantes que lo requieran dado que allí van a ser ubicados los apoyos. El tamaño del cuadrante y por tanto de la remoción depende del tipo de apoyo y por lo general no supera los 100m<sup>2</sup> por apoyo.

**Fotografía 2.2.2-12 Franja sometida a las actividades de desmonte, rocería, limpieza y descapote (Servidumbre)**



Fuente: ECOPEPETROL S.A., 2020; adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

➤ **Transporte, hincado, plomado y cimentado de estructuras de apoyo (incluye instalación del sistema de puesta a tierra)**

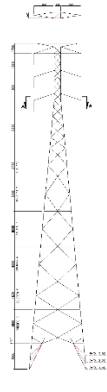
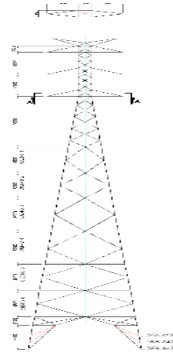
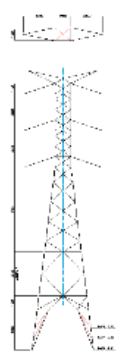
El transporte se realizará desde el patio de acopio o almacenamiento hasta el sitio de montaje de todos los elementos constructivos requeridos para el montaje, y se realizará una inspección de las excavaciones por parte del técnico liniero. Posteriormente el hincado de los postes y/o torres se realizará con la ayuda mecánica del camión grúa, retroexcavadora de oruga o pluma de anclaje.




El técnico liniero realizará el plomado de los postes y/o torres con ayuda de los obreros, y asegurará el poste por medio de bloques para proceder con la cimentación. Una vez plomado el poste se



aplicará una mezcla de concreto de 2500 psi, de tal forma que permita una cimentación desde la base hasta nivel de terreno.

En la **Tabla 2.2.2-149** y **Tabla 2.2.2-150** se reúnen las diferentes estructuras típicas a utilizar en redes de alta y media tensión.

**Tabla 2.2.2-149 Estructuras típicas para utilizar en líneas aéreas de alta tensión a 115 kV**

ELEMENTO	ESTRUCTURA	DESCRIPCIÓN
<p>TORRE TIPO A DE ALTA TENSIÓN</p>	 <p style="text-align: center;">TIPO A</p>	<p>Torre tipo A de alta tensión, para línea de 115 kV, altura de 41,5 m, de doble brazo. Estructura de 6 cuerpos metálicos, para dos circuitos con cable de guarda, cable ACSR.</p>
<p>ESTRUCTURA TIPO B DE ALTA TENSIÓN</p>	 <p style="text-align: center;">TIPO B</p>	<p>Torre tipo B de alta tensión, para línea de 115 kV, altura de 56,65 m de doble brazo. Estructura de 6 cuerpos metálicos, para dos circuitos con cable de guarda, cable ACSR. Se usa en puntos con desnivel fuerte del terreno.</p>
<p>ESTRUCTURA TIPO D DE ALTA TENSIÓN</p>	 <p style="text-align: center;">TIPO D</p>	<p>Torre tipo D de alta tensión, para línea de 115 kV, altura de 29,05 m, de doble brazo. Estructura de 1 cuerpo metálico, para dos circuitos con cable de guarda, cable ACSR. Se usa tramos intermedios y terreno poco ondulado.</p>

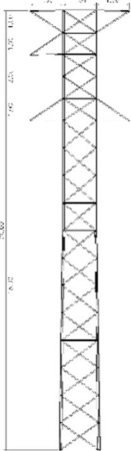
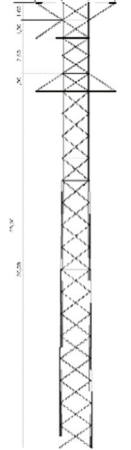
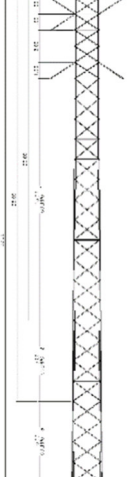
ELEMENTO	ESTRUCTURA	DESCRIPCIÓN
ESTRUCTURA DE ALTA TENSIÓN DE PASO		<p>Estructura de suspensión, se instala en tramos de línea rectos o con un pequeño ángulo. La cadena de aisladores va suspendida de los brazos de la torre.</p>
ESTRUCTURA DE ALTA TENSIÓN DE RETENSIÓN		<p>Se instala en lugares donde la línea soporta esfuerzos laterales, producto del cambio de dirección (ángulo). La cadena de aisladores va retenida o tensionada de forma horizontal de los brazos de la torre.</p>
ESTRUCTURA DE ALTA TENSIÓN FINAL DE CIRCUITO		<p>Se instala cuando la línea ingresa o sale del pórtico de la subestación de alta tensión.</p>



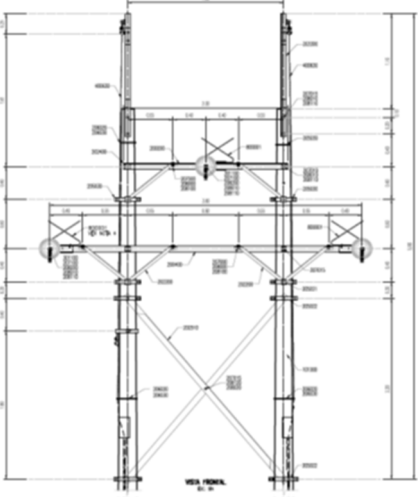
ELEMENTO	ESTRUCTURA	DESCRIPCIÓN
CABLE DE GUARDA		<p>El cable de guarda se utiliza para proteger las torres contra las descargas atmosféricas. Se instala en la parte superior de la torre para que apantalle toda la estructura y se conecta al sistema de puesta a tierra.</p>
PÓRTICO 115 kV		<p>Se muestra la localización típica de equipos eléctricos en un pórtico de 115 kV conformado por barras, bahías de línea y bahía de transformadores (interruptores y seccionadores), transformadores de potencia y elementos de protección y medida.</p>

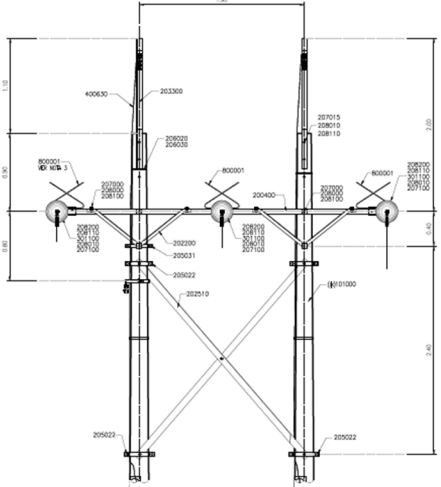
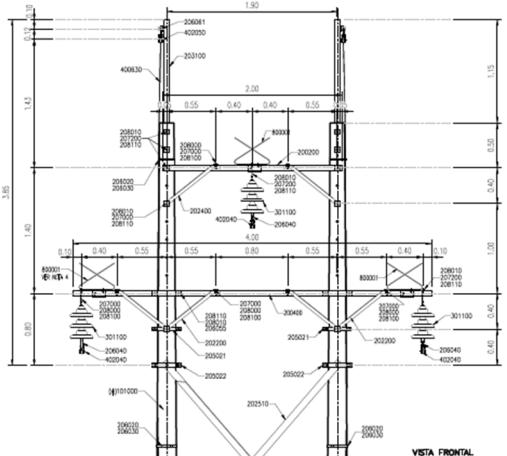
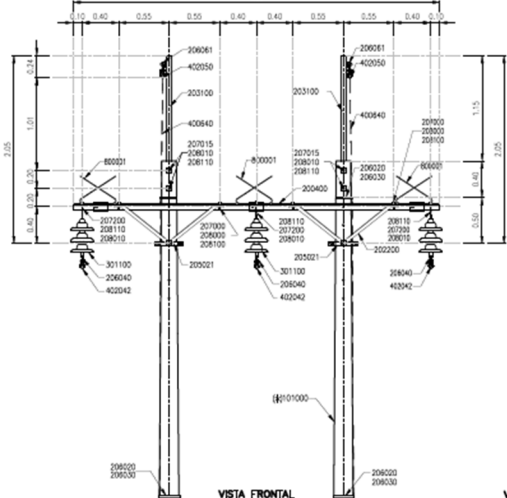
Fuente: ECOPEPETROL S.A., 2020; adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)



Tabla 2.2.2-150 Estructuras típicas para utilizar en líneas aéreas de media tensión a 34,5 kV

ELEMENTO	ESTRUCTURA	DESCRIPCIÓN
<p>TORRECILLA DE ALTURA 20 m</p>		<p>Torrecilla metálica de 20 m alto, utilizada en redes de media tensión a 34,5 kV, cuando se tienen vanos de más de 200 m de longitud, debido a zonas de exclusión ambiental, cuerpos de agua, viviendas. Se utiliza cable ACSR y lleva cable de guarda.</p>
<p>TORRECILLA DE ALTURA 25 m</p>		<p>Torrecilla metálica de 25 m de alto, utilizada en redes de media tensión a 34,5 kV, cuando se tienen vanos de más de 250 m de longitud, debido a zonas de exclusión ambiental, cuerpos de agua, viviendas. Se utiliza cable ACSR y lleva cable de guarda.</p>
<p>TORRECILLA DE ALTURA 30 m</p>		<p>Torrecilla metálica de 20 m de alto, utilizada en redes de media tensión a 34,5 kV, cuando se tienen vanos de más de 300 m de longitud, debido a zonas de exclusión ambiental, cuerpos de agua, viviendas. Se utiliza cable ACSR y lleva cable de guarda.</p>

ELEMENTO	ESTRUCTURA	DESCRIPCIÓN
<p>ESTRUCTURA PH,            FINAL DE CIRCUITO,            PARA ALIMENTACIÓN            TRANSFORMADOR.</p>		<p>Estructura final de circuito, con cable de guarda, red con nivel de tensión 34,5 kV, tipo convencional abierta, cable ACSR. Conformada por un transformador, cuya potencia estará determinada por la carga de los equipos que alimentará.</p>
<p>ESTRUCTURA R4</p>		<p>Estructura de retención disposición horizontal con cable de guarda, a nivel de tensión 34,5 kV, tipo convencional abierta, cable ACSR. Utilizada cuando la red cambia de dirección y sufre un ángulo.</p>
<p>ESTRUCTURA RH-230</p>		<p>Estructura de retención, disposición triangular con cable de guarda, a nivel de tensión 34,5 kV, tipo convencional abierta, cable ACSR.</p>

ELEMENTO	ESTRUCTURA	DESCRIPCIÓN
<p>ESTRUCTURA RH 233 DE PASO.</p>	 <p>VISTA FRONTAL E.C. 18</p>	<p>Estructura de retención de paso, tipo horizontal, con cable de guarda, red con nivel de tensión 34,5 kV, tipo convencional abierta, cable ACSR.</p>
<p>ESTRUCTURA SH255 DE PASO</p>	 <p>VISTA FRONTAL E.C. 18</p>	<p>Estructura de suspensión, disposición triangular con cable de guarda, a nivel de tensión 34,5 kV, tipo convencional abierta, cable ACSR.</p>
<p>ESTRUCTURA SH256 DE PASO</p>	 <p>VISTA FRONTAL E.C. 18</p>	<p>Estructura de suspensión, disposición horizontal, con cable de guarda, red a nivel de tensión 34,5 kV, tipo convencional abierta, cable ACSR.</p>

Fuente: ECOPETROL S.A., 2020; adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

➤ **Construcción e instalación de anclajes y templetes, línea y cables de guarda (incluye tendido y tensionado)**

La construcción de anclajes y templetes iniciará con la excavación manual, cimentación del anclaje con la varilla de 5/8" x 2.4m. El técnico liniero procederá con el armado de los respectivos templetes de acuerdo con los diseños entregados por la compañía, realizando el acceso a la estructura para proceder con encuellado de los mismos, y posteriormente asegurarlos a las varillas de anclajes para realizar retención de los templetes. El tensionado de estos se realizará con ayuda de herramienta mecánica.

Para el proceso constructivo de las zapatas o cimentaciones de las torres de apoyo de las líneas eléctricas, se requiere realizar cortes y excavaciones hasta llegar al nivel de desplanteo determinado por diseño en el que se debe implantar la estructura de soporte. En este orden de ideas, la excavación tendrá un diámetro promedio de 10 cm por una profundidad de 2.40 m para los postes y/o torres de 18 m y de 2.0 m para los de 14 m, estas dimensiones serán verificadas por el técnico liniero el cual dará instrucciones de ampliar o profundizar más la excavación según los planos típicos, el material de excavación deberá estar dispuesto mínima a 1m de la excavación y debidamente señalado y acopiado para su disposición final.

En el caso de ser necesario, según los resultados de los estudios de suelos y después de ejecutar las excavaciones pertinentes para la construcción de las zapatas, será necesario compactar el material suelto en el fondo de la zanja realizada, con el fin de brindar mayor soporte a la estructura que sostendrá el poste y/o torre. Esta compactación deberá alcanzar una densidad del 90% del ensayo del Proctor modificado y se deberán tener en cuenta los niveles con el fin de garantizar la estabilidad y verticalidad de la obra

Seguido de los procesos de nivelación y compactación se fundirán las obras (cimentaciones) que soportarán las estructuras de las torres. Estas son estructuras en concreto y acero las cuales se ubicarán en los sitios de apoyo de las torres por debajo de la superficie del terreno

Paso seguido y una vez construidas las cimentaciones, se procede al montaje de estructuras metálicas. Cada torre está compuesta por una cantidad de piezas de menor tamaño que serán ensambladas en terreno, con base en la clase de acceso y modalidad de transporte requeridos en cada sitio donde será planteada cada torre, se plantea el acarreo adecuado de los materiales y equipos y se organiza el programa de transporte.

Todos los elementos constructivos requeridos para el montaje de la torre tales como superestructuras, extensiones de cuerpo, patas, ángulos de espera, parrillas, pernos, tuercas normales y de seguridad, arandelas, escalera de pernos, dispositivos antiescalatorios, señales, suspensiones, amarres de conductores, etc., son transportados desde el patio de acopio o almacén hasta el sitio de montaje

- **Vestida de estructura de acuerdo**

Después del fraguado de la cimentación del poste (24 horas aproximadamente) los técnicos linieros procederán con el ascenso a los postes. De acuerdo con el diseño de la línea eléctrica se procederá con la vestida de la estructura correspondiente, esta actividad consiste en la instalación de los herrajes, crucetas, aisladores, abrazaderas y demás elementos necesarios para la construcción de la línea eléctrica.

Antes de iniciar la actividad se debe asegurar que los equipos para ascenso cumplan con los requerimientos necesarios para la actividad.

Se recomienda también intercalar estructuras de retención con lo cual se aumenta la confiabilidad mecánica de la red. Tener en cuenta que se podrá utilizar como medida de manejo la implementación de protectores de cable mensaje, descargador y estribos en aquellos lugares donde la línea sea más vulnerable a contacto con árboles, animales u otros objetos. Los materiales utilizados para la vestida de las estructuras deben ser de la mejor calidad y cumplir con el REGLAMENTO TÉCNICO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS (RETIE).

- **Tendido y tensionado de conductores**

En esta actividad se transportan los carretes de conductores y cable de guarda desde la fábrica a los centros de acopio previstos en donde se clasificará, almacenará y controlará su despacho y desde allí se llevará a las estaciones de tendido.

La fase de tendido se inicia en el momento que se encuentren debidamente izados los apoyos en los tramos a tender y en los cuales además ya se deben haber desarrollado las labores de despeje de servidumbre (la franja de servidumbre servirá como calle de tendido). Los técnicos electricistas realizarán el accenso a las estructuras y quedarán a la espera del tendido de los conductores. En piso el supervisor electricista con ayuda de los auxiliares electricistas y obreros realizará el tendido de los conductores entre las estructuras de retención.

Posteriormente, los técnicos linieros realizarán el aseguramiento y tensionado de los conductores de cada una de las fases y la guarda. Finalmente, el técnico electricista procederá a descender mediante el camión canasta.

Para el caso de las líneas eléctricas que operen a 115kV, el tendido del conductor se realiza por medio de máquinas de freno a tensión controlada (**Fotografía 2.2.2-13**). Para la realización de estos trabajos, es indispensable la conexión provisional a tierra de los equipos de tendido (freno – malacate), de las poleas y del conductor a la salida de las bobinas o carretes, para evitar el flujo de corrientes inducidas.

**Fotografía 2.2.2-13 Máquina de freno para el tendido de conductores**



Fuente: *Guía Ambiental para Proyectos de Transmisión de Energía Eléctrica – UPME -1999; adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)*

➤ **Instalación de sistema de puesta a tierra**

Durante la actividad de diseño, se toman los datos y medidas necesarias para obtener los valores de resistividad del terreno en los sitios donde van a quedar ubicados los apoyos. A la par con las tareas de cimentación, se realiza el montaje de la malla, instalando los conductores, electrodos y



contrapesos necesarios para el funcionamiento adecuado del sistema de puesta a tierra. Se debe tener especial cuidado con las tareas que se desarrollen al tiempo y las posteriores con el fin de evitar daños y fracturas de la malla. Se deja una extensión de conductor (cola) que permita la conexión del apoyo en su base. Esta conexión se realiza en el preciso momento que se instala la primera pieza metálica de la estructura (**Fotografía 2.2.2-14** y **Fotografía 2.2.2-15**).

**Fotografía 2.2.2-14** Conexión al sistema puesta a tierra de una torre de transmisión



Fuente: ECOPETROL S.A., 2015; adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

**Fotografía 2.2.2-15** Conexión de los componentes de un sistema de puesta a tierra



Fuente: ECOPETROL S.A., 2015; adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

La medida de resistencia de la puesta a tierra se hace cuando se tienen ya conectadas las fundaciones de las cuatro patas de la torre y antes de iniciar las labores de tendido del conductor y del cable de guarda.

➤ **Cableado y conexionado entre paneles y de estos a los inversores**

Los paneles serán conectados en serie de módulos, denominados normalmente String, los cuales se conectarán a las cajas de nivel en paralelo y a su vez las cajas de nivel se conectarán a los inversores con cable de baja tensión. Se interconectarán los inversores entre sí y el punto de

conexión de la subestación con cables de alta tensión. La conexión de los String a las cajas de nivel, de las cajas de nivel a los inversores, de los inversores al centro de seccionamiento, se realizará mediante conductos enterrados.

➤ **Conexión de acometidas al sistema eléctrico**

Se hará las instalaciones eléctricas a la derivación desde los inversores al sistema, mediante tubería enterrada. En primer lugar, se colocará el cable de tierra en la parte inferior de la zanja y se colocará una capa de arena de altura definida según plano correspondiente. La arena deberá ser extendida mediante medios manuales, con el objetivo de dejar una superficie llana. Al mismo tiempo, se realizará una inspección visual para eliminar cualquier tipo de material susceptible de dañar el cable. A continuación, se procederá con el tendido del cable correspondiente, siguiendo el procedimiento descrito en los puntos anteriores, según aplique. Deberá impermeabilizarse la punta del cable con el objetivo de evitar el contacto del conductor con cualquier tipo de impureza. Se procederá a colocar otra capa de arena, hasta llegar a la altura adecuada según especifique el plano. Este proceso se repetirá hasta alcanzar todas las capas de la zanja.

➤ **Otras actividades a considerar**

• **Pruebas, puesta a punta y en servicio**

Las pruebas corresponden a todos aquellos protocolos que fije ECOPETROL S.A. tanto para validación del estado mecánico de las líneas y sus elementos de apoyo como para las condiciones iniciales previas a energizar dichas líneas. Posterior a estas pruebas, se realiza la puesta a punto, la cual concierne todas aquellas actividades a ser desarrolladas para que las líneas puedan ser energizadas sin riesgo o peligro, tales como ajustes de piezas mecánicas, secuencia de fases, puestas a tierra, etc.

Al encontrarse todas las condiciones técnicas acorde a los protocolos de ECOPETROL S.A. y luego de la puesta a punto se procede a energizar el conjunto de líneas que sean requeridas, las cuales entran a suplir cargas (operar) cuando se tenga la certeza de la correcta operación de estas.

En primera instancia se realiza una inspección visual que permita verificar el estado de la línea, constatar que se hayan instalado todos los puentes eléctricos en las estructuras de apoyo, estado de aisladores, la no existencia de poleas, herramientas u otros elementos de montaje sobre las líneas o sobre las estructuras.

Terminada la inspección visual, se llevan a cabo pruebas más especializadas que permiten determinar técnicamente el estado de la línea antes de su puesta en operación, por ejemplo: correspondencia de fases (verificar que la fase en un punto de salida corresponde a la de llegada), aislamiento (para determinar las pérdidas en las diferentes cadenas de aisladores para comparar lo obtenido con lo previsto en diseño). Una vez se finalicen las pruebas y luego de la aprobación y recibo de los entes encargados, se procede a la maniobra en cada subestación que da como resultado la energización de la línea (puesta en operación).

• **Mantenimiento de infraestructura eléctrica**

El mantenimiento de líneas y redes eléctricas comprende las obras de recuperación y conservación de la infraestructura eléctrica propiamente dicha, entre las cuales se destacan las siguientes: Cambio o refuerzo de estructuras, o de algunos de sus elementos; pintura especialmente de patas, señalización de estructuras; cambio de aisladores rotos y accesorios de las cadenas de aisladores; cambios de empalmes, blindajes o camisas de reparación instalados en los conductores; cambio de

uno o varios conductores, cambio de accesorios de cable de guarda y de puestas a tierra, mediciones de resistencia de las puestas a tierra.

Para los diferentes planes de mantenimiento a implementar, Ecopetrol S.A. tiene homologada la metodología Reliability Centered Maintenance (RCM) conocida también como Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (MCC). Con base en esta metodología o la que se encuentre establecida y vigente, se definen las actividades de mantenimiento y su frecuencia de aplicación con el fin de aumentar la confiabilidad del sistema y prolongar la vida útil del mismo. Para tal fin, se cuenta entonces con un plan que define las tareas de mantenimiento proactivo, las actividades de reparación, monitoreo de estado y condición y las listas de acciones para los equipos y componentes del sistema eléctrico.

El uso de la metodología RCM, permite tener una herramienta estandarizada y estructurada para el proceso del Sistema de Gestión de Mantenimiento. Para el mantenimiento en general de la línea eléctrica, se prevé (entre otros) recorridos periódicos a lo largo de la misma tal que permitan determinar la necesidad de limpieza de los aisladores o cambio de alguna de las piezas del sistema. A continuación, se describen las principales actividades que se deben tener en cuenta para el mantenimiento de las líneas y redes eléctricas:

- **Control de estabilidad de torres**

Si del proceso de inspección de la línea, se detectan erosiones, riesgos de avalancha o derrumbe, deforestación o cualquier tipo de anomalía que atente contra la estabilidad de los sitios de torre o de las zonas circundantes, se deberán realizar obras de protección tales como trinchos, muros de contención, gaviones, cunetas, filtros, empradizados, entre otras. Estos trabajos son puntuales y los materiales serán adquiridos con proveedores autorizados.

- **Mantenimiento de zona de servidumbre**

Durante todo el período operativo se deben evitar y controlar los acercamientos y garantizar que se conserve la distancia de seguridad establecida. Dado que el principal elemento de crecimiento dinámico dentro de la franja es la vegetación, se deben realizar los programas de despeje de la servidumbre mediante rocería, poda o tala de árboles, limpieza de los sitios de torres, etc., siguiendo las recomendaciones establecidas en el Plan de Manejo Ambiental durante la operación.

#### **2.2.2.5.8.3 Instalaciones de apoyo**

Durante la construcción de los sistemas de suministro eléctrico, se emplearán áreas temporales localizadas en el punto de partida o en el punto de terminación de las líneas y en zonas intermedias en la trayectoria de la línea construir, para el acopio de materiales y herramientas.

Se podrán habilitar acopios temporales, como carpas que servirán para la ubicación de elementos como herramienta e insumos menores, elementos de seguridad industrial y primeros auxilios, y como puntos de descanso e hidratación durante la jornada laboral.

También se instalarán baños móviles para todo el personal (1 unidad por cada 15 trabajadores discriminados por género). Es de aclarar que no se requieren campamentos para el albergue ya que el personal empleado en la ejecución de las obras es contratado en la región por lo que se desplaza diariamente desde sus sitios de residencia hacia los frentes de trabajo y viceversa.

Los materiales eléctricos tales como carretes de cable, tuberías y accesorios, requeridos para la construcción de la Infraestructura Eléctrica de estos pozos, se podrán almacenar temporalmente en contenedores y bodegas, para que posteriormente sean distribuidos al sitio final.

Los Postes serán llevados directamente de los patios de las bodegas de materiales al sitio más cercano a la instalación, de donde se procederá al arrimado, a cada uno de los lugares en donde se construirán las estructuras.

#### 2.2.2.5.8.4 Volumen estimado de cortes y rellenos

Los volúmenes de material tanto en corte como en relleno serán estimados al momento de la intervención de cada línea eléctrica a construir y presentados dentro de los respectivos Planes de Manejo Ambiental Específicos, pero teniendo como premisa no superar las cantidades en función de áreas y longitudes solicitadas para la presente estrategia de desarrollo (Tabla 2.2.2-147).

#### 2.2.2.5.8.5 Asentamientos humanos e infraestructura social, económica y cultural a intervenir

Las actividades a desarrollar generan un moderado impulso en el marco social y económico del sector, principalmente en el área adyacente a los sectores donde se implantará la infraestructura asociada a los diferentes sistemas de generación de energía descritos a lo largo de la presente estrategia de desarrollo; ya que es necesaria la contratación de mano de obra no profesional requerida para la ejecución de diversas actividades asociadas a esta estrategia. Es de reseñar que se considera que la contratación del personal por parte del proyecto, en lo posible no afectará el desarrollo normal de las principales actividades económicas del área, las cuales corresponden agroindustria, agricultura tradicional y ganadería.

De igual manera, se recurrirá en el sector a la adquisición de diferentes bienes y servicios, escenario que redundará en un moderado impulso a las actividades de comercialización de diferentes productos principalmente en los diferentes cascos urbanos del área definida para el presente EIA. Finalmente, dentro del desarrollo de las actividades de construcción de este tipo de facilidades no se contempla la intervención y afectación de asentamientos humanos, infraestructura social y/o cultural. De otra parte, en lo que respecta al transporte de maquinaria, equipos, personal y materiales de construcción, se tendrán de igual manera las correspondientes medidas de manejo ambiental.

#### 2.2.2.5.8.6 Fuentes de emisiones atmosféricas y ruido

Las fuentes de emisiones atmosféricas y ruido son similares a los descritos dentro de la Estrategia de Desarrollo **Construcción de nuevas vías**, literal  **Fuentes de emisiones atmosféricas y ruido**; que hace parte del presente Estudio de Impacto Ambiental.

#### 2.2.2.5.8.7 Maquinaria y mano de obra

Para la fase constructiva se ha contemplado la demanda de maquinaria y equipo necesario para la ejecución de la construcción del Parque fotovoltaico. En la **Tabla 2.2.2-151** se exponen los estimados de maquinaria y equipo para las obras civiles.

**Tabla 2.2.2-151 Maquinaria y equipos requeridos para las obras civiles a realizar en la construcción y montaje de un (1) kilómetro de línea eléctrica**

Maquinaria y equipos	Cantidad
Retroexcavadora	2
Vibrocompactador	1
Bulldócer	1
Motoniveladora	1

Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)





**Tabla 2.2.2-154 Duración estimada para la instalación y operación de líneas eléctricas de 34,5 / 115 kV**

Ciclo asociado al desarrollo del campo	Actividades	SEMANAS							
		1	2	3	4	5	6	7	8
Estrategias asociadas a la producción de hidrocarburos	Labores de adecuación de los sitios para el hincado de estructuras de apoyo								
	Transporte, hincado, plomado y cimentado de estructuras de apoyo								
	Despeje de servidumbre para el tendido e izado del conductor								
Estrategias asociadas a la producción de hidrocarburos	Construcción e instalación de anclajes y templetes, línea y cables de guarda (incluye tendido y tensionado)								
	Instalación de Infraestructura de Generación eléctrica de tipo no convencional: Energía solar (Parque Solar), Geotermia, Combustibles fósiles, Aprovechamiento de Gas								
	Instalación de sistema de puesta a tierra								
	Cableado y conexión entre paneles y de estos a los inversores								
	Conexión de acometidas al sistema eléctrico								

Nota (\*): *Tiempos estimados que podrán variar en función de las necesidades y condiciones del proyecto*  
Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

El desarrollo de esta estrategia en lo referente a la instalación y operación de líneas eléctricas de 34,5 / 115 kV será reportado vía ICA y a la luz de lo autorizado en el presente Estudio de Impacto Ambiental.

#### 2.2.2.5.8.9 Desmantelamiento y restauración de áreas intervenidas

El abandono del área implica en lo específico a infraestructura eléctrica instalada, la ejecución de cuatro acciones principales:

- Cierre y desconexión de equipos y unidades funcionales o de actividades específicas.
- Desmantelamiento, desmonte y retiro de los equipos que forman parte de las unidades funcionales.
- Demolición de estructuras en concreto, cargue y retiro de escombros.
- Recuperación ambiental del área asociada. (Recuperación de la capa orgánica, revegetalización y recuperación paisajística)

Adicionalmente se revisarán los drenajes y se asegurará que no estén taponados. En las zonas donde se hayan instalado alcantarillas se evaluará la opción de retirarlas dejando un canal abierto en el lugar donde éstas se encontraban. Estas actividades se presentan de forma detallada en el Capítulo 10 Plan de Desmantelamiento y Abandono, del Estudio de Impacto Ambiental Área de Desarrollo Llanos 141.

#### 2.2.2.5.8.10 Impactos ambientales asociados

Los impactos generados por el desarrollo de estas subactividades se presentan en el Capítulo 5, Evaluación Ambiental, del presente documento.

#### 2.2.2.5.9 Instalación y operación Centros de Maniobra -CM-, Centros de Distribución -CD-y/o Subestaciones Eléctricas -SE (ED18)

Las actividades de explotación de hidrocarburos, requieren de una infraestructura eléctrica capaz de suplir lo requerimientos de energía para la ejecución de los procesos, en este orden de ideas, dentro

de esta estrategia se incluye la instalación y puesta en funcionamiento de centros de maniobra, centros de distribución y/o subestaciones eléctricas que garanticen el adecuado suministro, distribución y transmisión de energía hacia las diferentes áreas del campo. La construcción de este tipo de infraestructura se realizará respetando lo estipulado por la zonificación ambiental.

#### 2.2.2.5.9.1 Cantidades a solicitar en el presente Estudio de Impacto Ambiental

Para asegurar el suministro y requerimiento de energía eléctrica se proyecta la Instalación y operación Centros de Maniobra -CM-, Centros de Distribución -CD- y/o Subestaciones Eléctricas -SE, las cuales se listan en la **Tabla 2.2.2-155**.

**Tabla 2.2.2-155 Cantidades a solicitar relacionadas a la Instalación y operación Centros de Maniobra -CM-, Centros de Distribución -CD- y/o Subestaciones Eléctricas**

Tipo de actividad	Tipo de infraestructura	Área por tipo de infraestructura (ha)
Instalación y operación Centros de Maniobra -CM-, Centros de Distribución -CD- y/o Subestaciones Eléctricas -SE	Centro de Distribución de Potencia - CDP- para el recibo y entrega de potencia a 115 / 34,5 kV.	1 área hasta de 6 ha
	Centro de Maniobra -CM- para el recibo y entrega de potencia a 115 / 34,5 kV. El CM permitirá la alimentación e interconexión en anillos de la infraestructura de campo.	Hasta 1 áreas de 3 ha
	Centros de Distribución -CD- y/o Subestaciones Eléctricas -SE-	1 por cada Locación proyectada y/o facilidad; su área hace parte integral de cada plataforma y/o facilidad

Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

#### 2.2.2.5.9.2 Proceso constructivo

A continuación, **Tabla 2.2.2-156** se listan las actividades a ejecutar

**Tabla 2.2.2-156 Actividades a ejecutar**

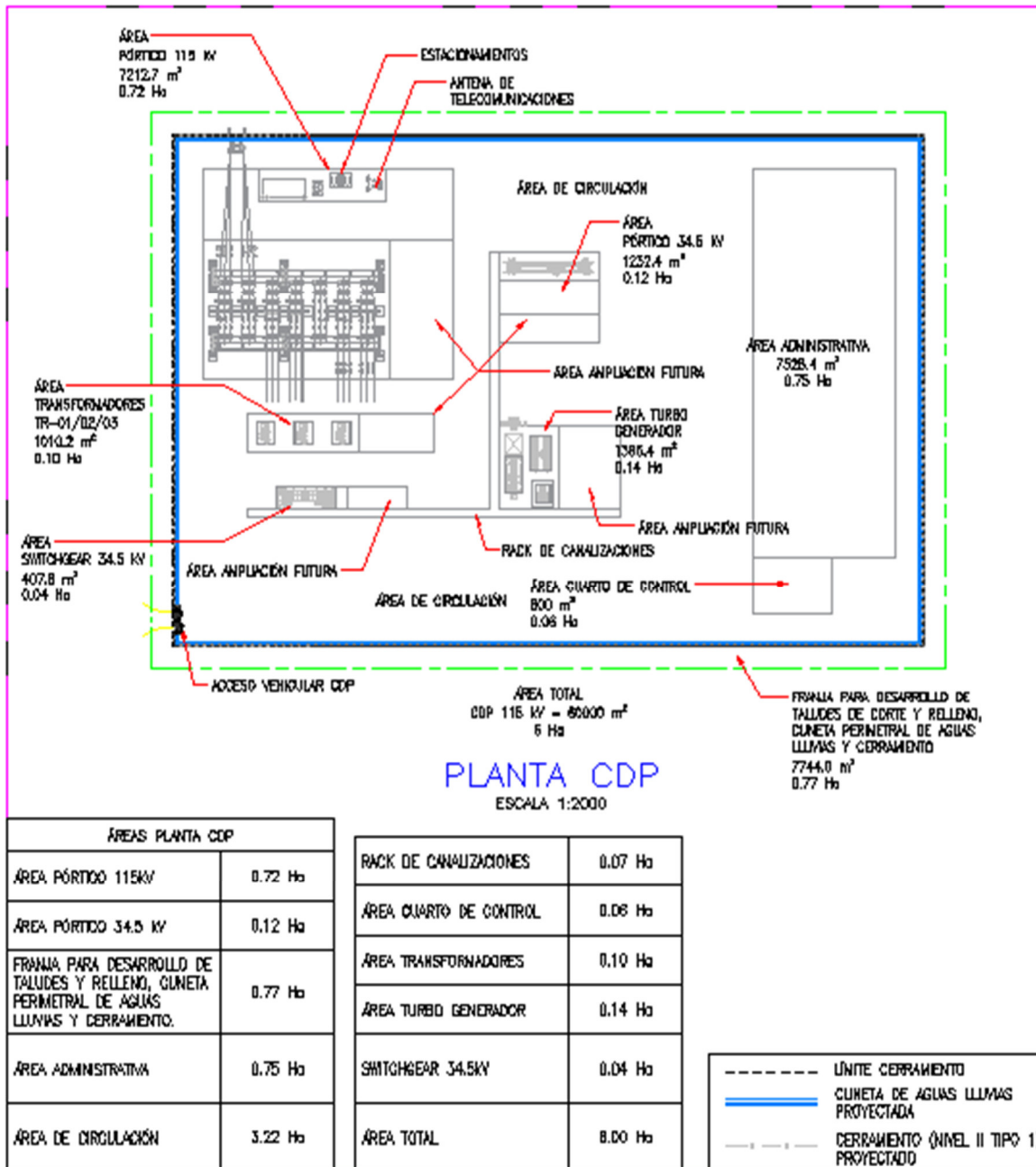
ETAPA	SUBETAPA	ACTIVIDAD	ID
CONSTRUCTIVA (OBRAS CIVILES NECESARIAS)	CONSTRUCCIÓN DE INFRAESTRUCTURA ELÉCTRICA (REDES, CENTROS DE MANIOBRA, CENTROS DE DISTRIBUCIÓN, SUBESTACIONES, E INFRAESTRUCTURA CONEXA)	Despeje de servidumbre para el tendido e izado del conductor	A23
		Transporte, hincado, plomado y cimentado de estructuras de apoyo (incluye instalación del sistema de puesta a tierra)	A24
		Construcción e instalación de anclajes y templetes, línea y cables de guarda (incluye tendido y tensionado)	A25

Nota (\*): En la tabla anterior se listan las actividades específicas asociadas a la instalación de infraestructura y equipos eléctricos, la construcción de la infraestructura civil se realiza siguiendo el proceso constructivo de obras generales que se encuentra descrito en la subetapa Adecuación y/o Construcción de infraestructura básica, de apoyo y eléctrica (Tabla 2.2.2-10) del presente documento

Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

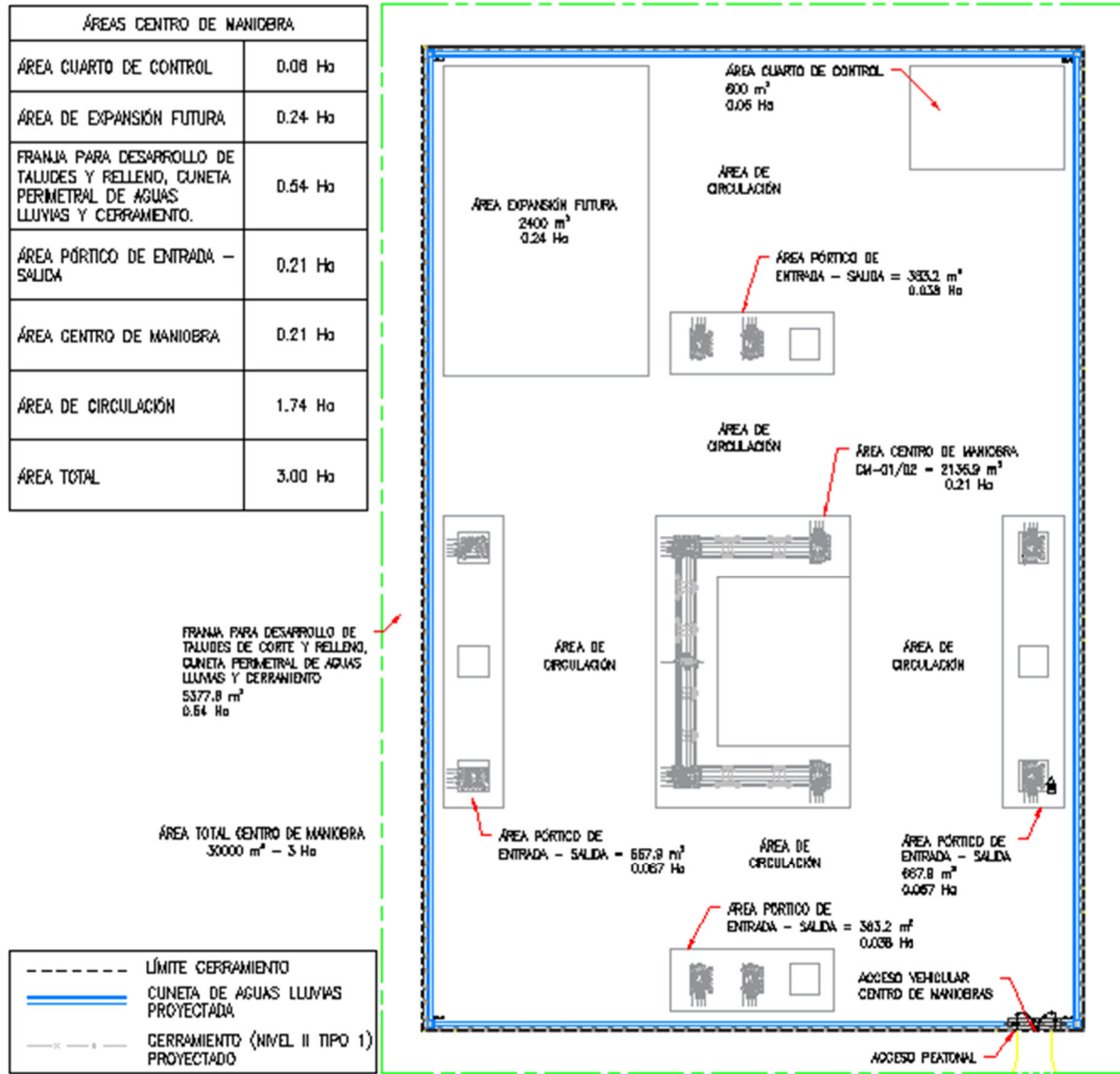
De otra parte, en la **Figura 2.2.2-191** y **Figura 2.2.2-192** se plasman los diseños tipo para los Centro de Distribución de Potencia – CDP – y del Centro de Maniobra – CM – respectivamente.

Figura 2.2.2-191 Diseño tipo de Centro de Distribución de Potencia – CDP



Fuente: Estudio de Impacto Ambiental Área de Desarrollo Llanos 141, Ecopetrol S. A. (2023); Adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

Figura 2.2.2-192 Diseño tipo de Centro de Maniobra – CDP



### PLANTA ÁREA CENTRO DE MANIOBRAS

ESCALA 1:1000

Fuente: Estudio de Impacto Ambiental Área de Desarrollo Llanos 141, Ecopetrol S. A. (2023); Adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

El proceso constructivo para la construcción de este tipo de infraestructura es similar al descrito en la Estrategia de Desarrollo denominada **Construcción de Locaciones**, literal 2.2.2.1.1.3 y al descrito en el componente eléctrico dentro de la Estrategia de Desarrollo denominada Instalación y operación de líneas eléctricas de 34,5 / 115 Kv en su literal **Proceso constructivo**, en el presente Estudio de Impacto Ambiental. Empero, a continuación, se describirán aquellas actividades que son exclusivas para la conformación de este tipo de infraestructura y que complementan las consignadas en la **Tabla 2.2.2-156**.

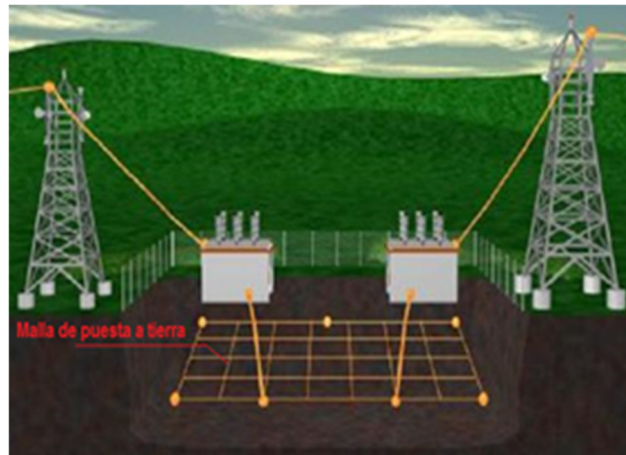
➤ **Construcción de sistemas de puesta a tierra**

Los sistemas de puesta a tierra hacen parte integral de sistema de protección contra descargas atmosféricas, el cual comprende (además de la puesta a tierra) todos aquellos equipos y dispositivos previstos para tal fin. La ubicación de terminales de captación y altura de estas, así como de apantallamientos localizados depende de las condiciones expuestas por diseño y de las necesidades propias del Área de Desarrollo Llanos 141.

Para el caso del sistema de puesta a tierra, siguiendo las instrucciones de diseño, se traza sobre el terreno el sistema completo (grilla o malla) marcándolo con cal o con cualquier sistema que ofrezca un resultado final similar (**Figura 2.2.2-193**). Se procede entonces a la excavación de las franjas cuya profundidad es la determinada en diseño.

Para los tramos de zanja en los cuales se haya instalado cable son rellenados y se utiliza el mismo material excavado siempre y cuando los porcentajes de humedad que se presenten permitan realizar la compactación requerida y determinada en diseño. Si se emplea algún material de sustitución en los rellenos, el mismo debe presentar valores adecuados de resistividad eléctrica con el fin de cumplir con lo previsto en diseño.

**Figura 2.2.2-193 Ilustración del sistema de puesta a tierra en una subestación eléctrica**



Fuente: (Vásquez Muñoz, 2016); Adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

➤ **Construcción de obras en concreto, obras de drenaje, obras de arte y cruces especiales: Cimentación y fundación**

En el caso de subestaciones, CD y/o CMT, a diferencia de los sitios de apoyo para líneas eléctricas, la cimentación y fundación de los espacios depende de los equipos a instalar en el espacio. El trazado de cimientos se realiza siguiendo la ubicación de los equipos según lo determinado en diseño al igual que las profundidades de dichos cimientos. Al alcanzar la profundidad requerida, se verifica la capacidad portante del terreno. De ser igual o superior a lo estimado en diseño, se puede continuar con la construcción del cimiento, instalación de aceros y vaciado de concretos (ver **Fotografía 2.2.2-16**); de no serlo, se debe replantear la cimentación de forma tal que se cumpla con el mínimo supuesto de diseño.



**Fotografía 2.2.2-16 Cimentación y fundición de obras en subestación eléctrica**



Fuente: ECOPETROL S.A., 2015; adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

En cuanto a obras de drenaje y de arte, en subestaciones y centros de maniobra las obras de protección generalmente están enfocadas a drenar las aguas que se acumulen en excavaciones ya terminadas por el efecto de las lluvias, filtraciones y niveles freáticos altos.

- **Instalación, izaje, montaje de infraestructura (eléctrica, mecánica, incluido el tendido de líneas eléctricas y de tuberías): Instalación y montaje de equipos para subestaciones, Centros de Distribución y Centros de Maniobra y Transferencia (montaje de estructuras mecánicas, equipo electromecánico y cableado)**

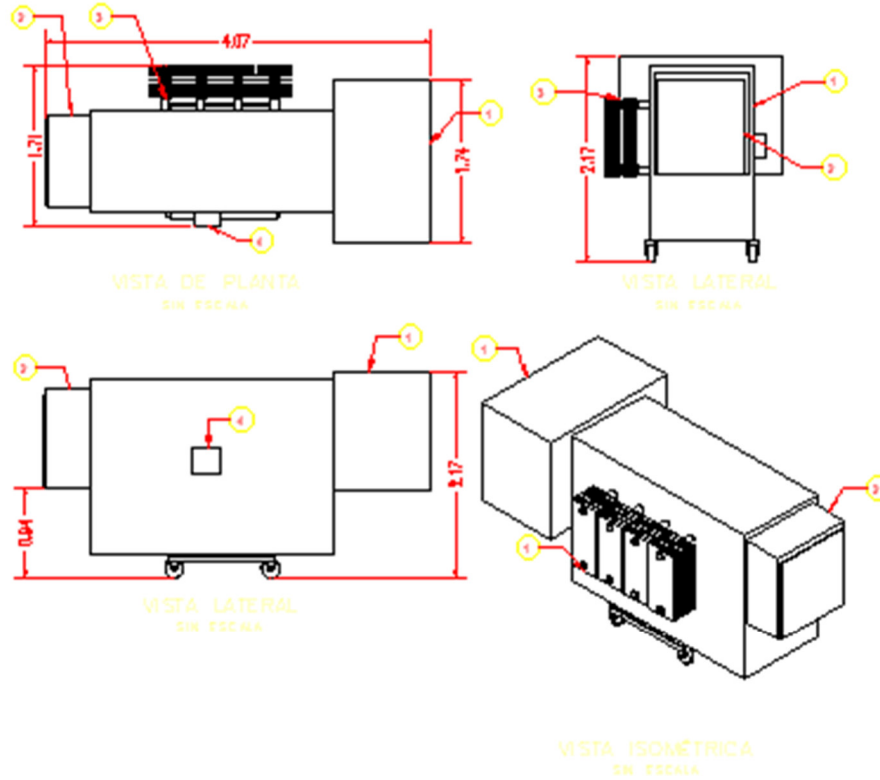
Esta actividad corresponde al montaje de todos los equipos en las subestaciones, CD's y/o CMT's, tales como transformadores de potencia, pórticos, seccionadores, etc. (**Fotografía 2.2.2-17 y Figura 2.2.2-194**). De manera específica para el cableado, previamente deben haberse construido los bancos de ductos (canalizaciones subterráneas en las cuales se instalan las tuberías, bandejas y demás elementos porta cables).

**Fotografía 2.2.2-17 Montaje de transformador en patio de subestación**



Fuente: ECOPETROL S.A., 2015; adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

Figura 2.2.2-194 Típico de montaje eléctrico Transformador de 2.5 MVA 34.5 / 0.48 kV



NOTAS:

1. TODAS LAS UNIDADES, ESTÁN DADAS EN METROS (m) A MENOS QUE SE INDIQUE OTRA UNIDAD.
2. LAS DIMENSIONES DEL TRANSFORMADOR SON INDICATIVAS. SE DEBERÁ VERIFICAR CON EL EQUIPO FINALMENTE SUMINISTRADO.

LISTA DE EQUIPOS		
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD
1	CAJA DE PROTECCIÓN MEDIA TENSIÓN	U
2	CAJA DE PROTECCIÓN BAJA TENSIÓN	U
3	RADADORES DESMONTABLES	U
4	CAJA DE BORNERS DE ALARMA DE MEDIDA Y DISPARO	U

Fuente: Anexo 2. Descripción del proyecto / 4.ELECTRICA / ECP-ULL-LLANOS141-IP01-0-EL-PL-001-D; Adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

Las actividades de montaje en estas áreas se llevan a cabo en su mayoría con maquinaria pesada debido a los grandes pesos y tamaños del equipo a instalar (**Fotografía 2.2.2-18**). Si el diseño lo contempla, se instalan los elementos propios del sistema de protección contra descargas atmosféricas (**Figura 2.2.2-195** y **Figura 2.2.2-196**).

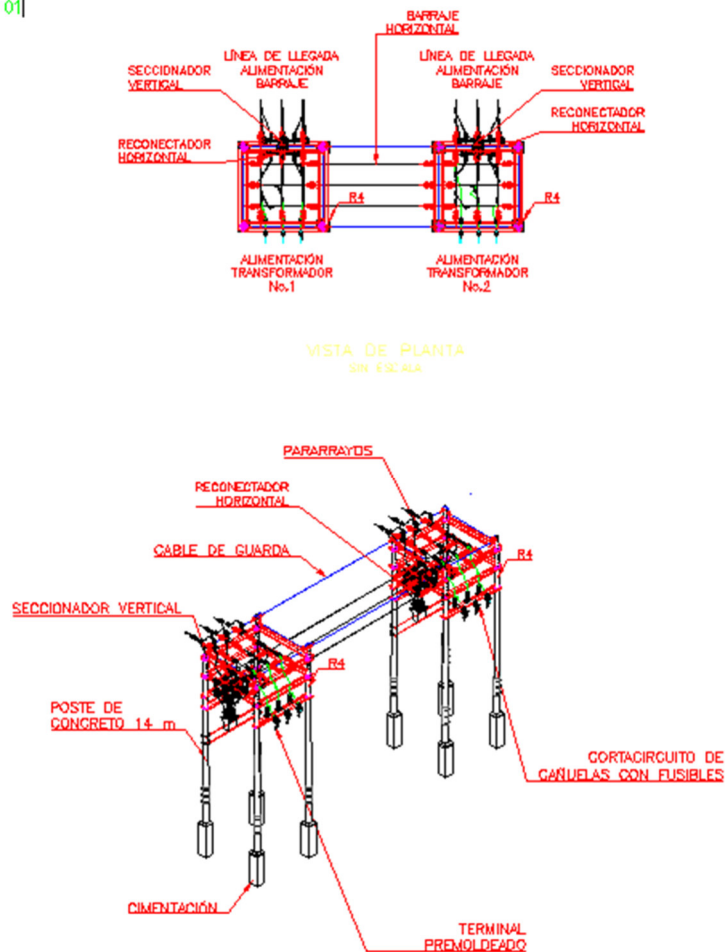
Fotografía 2.2.2-18 Montaje de Centro de Distribución – ECOPEPETROL S.A.



Fuente: ECOPEPETROL S.A., 2015; adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

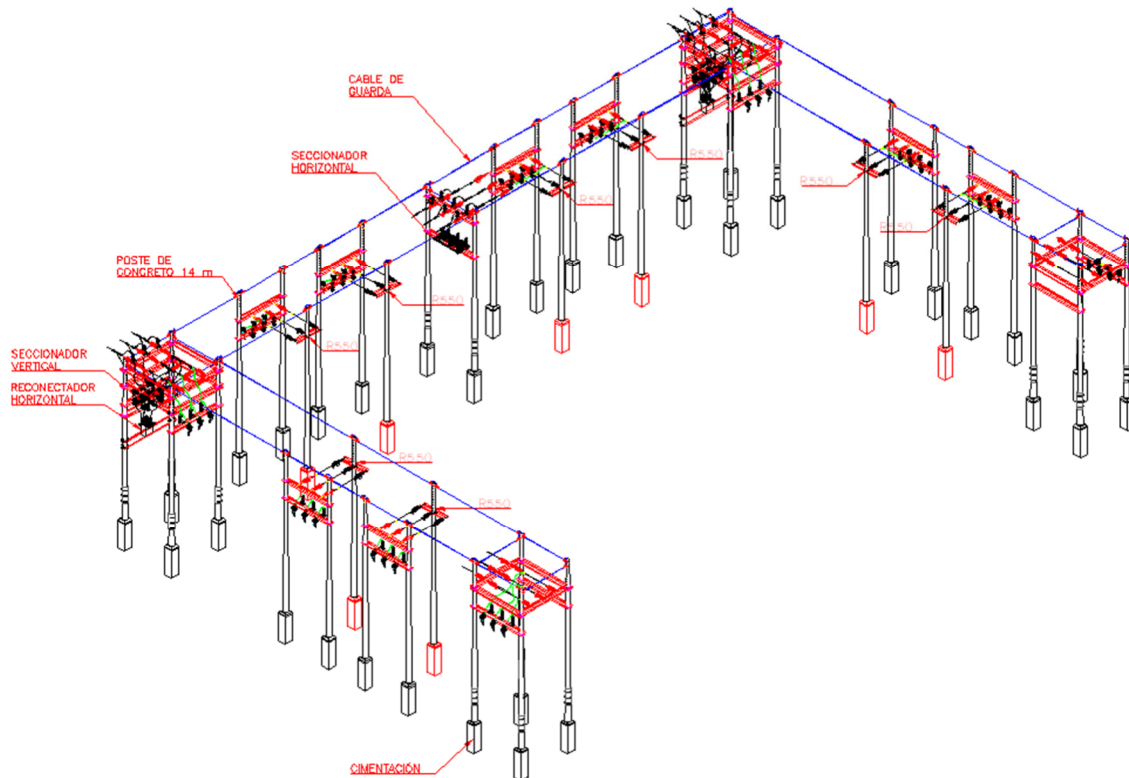
Figura 2.2.2-195 Típico de montaje eléctrico - Pórtico

TM 01|



Fuente: Anexo 2. Descripción del proyecto / 4.ELECTRICA / ECP-ULL-LLANOS141-IP01-0-EL-PL-001-D; Adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

Figura 2.2.2-196 Típico de montaje Centro de Maniobra



Fuente: Anexo 2. Descripción del proyecto / 4.ELECTRICA / ECP-ULL-LLANOS141-IP01-0-EL-PL-001-D; Adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

Para el montaje y puesta en servicio de transformadores, que conforman el proceso de transformación, se debe cumplir como mínimo con lo exigido en el capítulo V del Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas –RETIE- y en general cumplir con toda aquella normatividad vigente que se enfoque en la seguridad de la instalación y del usuario y al uso racional y eficiente de la energía eléctrica.

#### ➤ **Sistemas de apantallamiento**

Adicional al sistema de puesta a tierra se diseña el sistema de apantallamiento, el cual busca mitigar el riesgo contra descargas atmosféricas considerando la caracterización realizada para la zona.

#### ➤ **Obras de drenaje**

El sistema de aguas limpias recolecta las aguas lluvias y/o las aguas provenientes del sistema contra incendio en áreas con muy bajo potencial de contaminación que no corresponden a las áreas de proceso, ni a las áreas de tanques, como son las vías, parqueaderos, techos de los edificios o casetas, andenes, áreas de oficinas etc., áreas que muy difícilmente se contaminan y se conducen superficialmente por gravedad mediante cunetas en concreto, filtros y tuberías de concreto reforzado hasta el sistema de aguas lluvias es decir los canales, pasando antes por desarenadores.

El sistema de aguas aceitosas recolecta todas las aguas potencialmente contaminadas con aceite o crudo de los equipos o áreas de proceso y las conduce por gravedad al sistema de aguas aceitosas conformado por cunetas, tuberías, foso de aguas aceitosas y trampa de grasas.

Las aguas sanitarias provenientes de los edificios habitados de la Subestación eléctrica, centros de maniobra o centros de distribución serán conducidas a través de tuberías al tanque del sistema séptico, donde las aguas sanitarias serán retiradas por terceros autorizados que cuenten con permisos vigentes para su manejo y disposición.

#### ➤ **Instalación de reconectores**

Antes de la instalación del reconector en los pórticos de llegada, se efectuará un adecuado almacenamiento de todas las partes, especialmente de los mecanismos de operación, aisladores y demás elementos que requieran cuidados especiales en cuanto al manejo y adaptaciones ambientales.

La instalación de equipos auxiliares o elementos de manejo y mantenimiento deberá realizarse en todo de acuerdo con las recomendaciones del fabricante. Todas las partes móviles deben ser desbloqueadas, en el evento de que hayan sido provistas de algún elemento de fijación para el transporte. Esta acción es de vital importancia para evitar que una operación falsa origine sobrecargas mecánicas indebidas, que en última instancia ocasionen un funcionamiento defectuoso del reconector, por las deformaciones que conlleva la operación errada.

En la instalación del reconector, se debe hacer una revisión pormenorizada del estado de los empaques, de las bridas, de las conexiones roscadas y soldadas para asegurarse de que en ningún momento se presentarán fugas, ya sea del elemento del aislamiento o del de lubricación o del medio de transmisión de la potencia de operación.

Una vez instalado el reconector, se debe proceder con la calibración de la carrera de los contactos tanto de las principales como de los auxiliares, de los interruptores de fin de carrera, de los interruptores operados por presión o por temperaturas y en general de todos los elementos móviles que sean susceptibles de ajuste y calibración, según lo determinen las instrucciones de los fabricantes.

La sucesión repetitiva de operación de cierre y apertura tanto locales como remotos, marcará la pauta del estado de ajuste y de las diferentes correcciones que se deben efectuar como fase final en el proceso de puesta en servicio.

#### ➤ **Instalación conductores**

El cableado en los sistemas de canalizaciones se iniciará sólo después de haber efectuado la limpieza de estas. Antes de cortar el conductor se deberá chequear la longitud de cada carrete y verificar que la asignación mostrada en la lista de cableado esté correcta de acuerdo con las longitudes y características del sistema a cablear. Los extremos del conductor cortado y del conductor que queda en el carrete deberán ser protegidos para evitar la entrada de humedad y agua con cinta auto-fundente. Cada vez que se corten tramos de conductor de un carrete la ficha de longitud del carrete deberá ser actualizada.

El carrete que contiene el conductor se deberá manejar evitando que se golpee o deforme. Es importante mantenerlo en la posición adecuada, de tal manera que gire libremente y permita la salida del conductor por la parte superior. Los conductores deberán conservarse limpios durante la labor de instalación.

#### ➤ **Instalación de transformadores de potencia**

Se verificará el estado de los accesorios con que se suministra el transformador antes de proceder a montarlo. Todos los elementos de indicación y protección deben ser probados antes de su instalación con la aprobación de la Empresa.



El transformador de potencia debe colocarse sobre su base utilizando los respectivos perfiles dispuestos en el sitio, de acuerdo con los planos de ingeniería y las recomendaciones del fabricante. Se debe realizar todo el cableado y conexionado entre dispositivos de protección y operación propios del transformador y entre la caja de conexiones cuando hayan sido desconectados total o parcialmente para el transporte siguiendo los planos del fabricante y bajo la supervisión de la Empresa. También se incluye como parte del montaje, el cableado entre los accesorios y dispositivos de control, protección y señalización propios del transformador en el gabinete de control local, incluyendo los puntos de conexión en sus borneras de las señales que deberán llevarse hasta el tablero de distribución. El cableado y conexiones se harán conforme a lo indicado en los planos de la ingeniería.

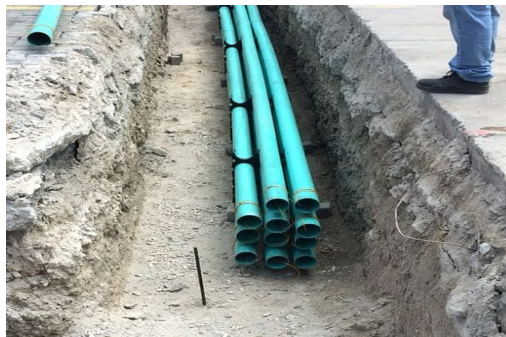
Todos los pernos se deben apretar con torcómetro de acuerdo a lo requerido por el fabricante. Debe ponerse a tierra el transformador a través de conductores desnudos de cobre calibre 2/0 AWG, que se unirán a la malla de puesta a tierra mediante uniones termosoldadas.

#### ➤ Banco de ductos

Los bancos de ductos se construirán acorde a lo señalado en los planos de canalizaciones (rutas eléctricas) y las especificaciones eléctricas y civiles correspondientes. Para la construcción de los mismos, se verificará en el sitio las rutas planteadas para evitar interferencias con estructuras, fundaciones o tuberías; de igual manera se tomarán las medidas necesarias para evitar la entrada de agua o cuerpos extraños a canalizaciones o cajas de halado, se realizará la limpieza interna de todos los tubos de los bancos de ductos y sellarlos en sus extremos para evitar el ingreso de materiales extraños durante la ejecución de las obras.

Los tramos de bancos de ductos a construir (**Fotografía 2.2.2-19**) en forma horizontal, no presentarán desniveles para permitir el drenaje de agua, ya que se deberán construir de tal manera que no permitan el ingreso de agua por las uniones. En caso que aplique, la llegada de los conduits a las cajas de halado eléctricas, estas deberán ser perpendicularmente a la misma y cada conduit dispondrá de una boquilla aislada con conector de puesta a tierra. Cada terminación de conduit con respecto a la pared interior de la caja de halado estará separadas de acuerdo a lo indicado en el plano de canalizaciones eléctricas, de tal forma que permita la instalación del sello cortafuego y la boquilla con terminal de puesta tierra en cada conduit. Adicionalmente, para un mejor sellado y evitar la entrada de agua en los bancos de ductos en los empalmes entre tuberías o entre tubería y accesorios se debe utilizar pintura anticorrosiva sobre los hilos de la rosca.

#### **Fotografía 2.2.2-19 Banco de ductos**



Fuente: <https://gramho.com/explore-hashtag/HeiblSpacers>; adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

Cabe reseñar, que se deberá revisar cuidadosamente los conduits antes de su instalación para asegurarse que las superficies sean aptas para el halado de conductores. Los bancos de ductos estarán embebidos en concreto en toda su longitud hasta el afloramiento a la superficie.

Al finalizar la instalación, todos los conduits que se hayan cableado, que penetren a las cajas de halado o sótanos y que puedan recolectar agua por drenaje natural, deberán obturarse con compuesto sellante en el sello cortafuego correspondiente. El compuesto deberá penetrar a una profundidad no menor a la del diámetro del conduit.

Se instalará un conductor de cobre desnudo en la parte superior del banco de ductos, del calibre indicado en los planos de diseño de canalizaciones. El sistema de conductores instalado sobre los bancos de ductos se conectará con el sistema de puesta a tierra de la planta, al menos en dos extremos.

Todos los tubos deberán quedar limpios y provistos con un hilo de fibra plástica o de propileno de diámetro mínimo 2 mm, para facilitar la labor de cableado. Todas las boquillas de los conduits deberán quedar conectadas al sistema de puesta a tierra, y todos los conduits de llegada a cajas de halado y sótanos deberán identificarse con el número asignado en los planos de canalizaciones.

Todos los afloramientos de conduits deberán disponer de pedestales en concreto de una altura de 150 a 200 mm sobre el nivel de piso terminado. El acabado de los pedestales deberá ser tipo “capilla” para evitar la acumulación de agua.

- **Conformación de los bancos de ductos**

Las capas de conduits se deberán soportar y fijar de tal forma que mantengan las separaciones especificadas y soporten el vaciado del concreto en el cual quedarán embebidos. El concreto deberá ser vaciado en capas de aproximadamente 400 mm de espesor y se deberá proceder a vibrar antes de aplicar la siguiente capa. No se instalarán tubos que se hayan deformado y/o que hayan perdido la capa de galvanizado (afloramientos). Los soportes para la conformación de los bancos de ductos serán de varillas de hierro corrugado con el diámetro suficiente para soportar las capas y los tramos de conduits que se pretenden embeber.

Las capas de conduits serán soportadas cada 2,0 m como máximo, y el diámetro de las varillas de hierro corrugado para soporte será de 5/8” como mínimo para los soportes principales, a menos que se indique diferente en los planos y/o documentos de diseño. La primera capa de conduits se deberá instalar de tal forma que el concreto de la parte inferior del banco tenga un espesor mínimo de 100 mm desde la pared inferior de los tubos. El fondo de la zanja se deberá alistar o preparar con una capa (solado) en concreto pobre.

El concreto de los bancos de ductos será de una resistencia de 2500 PSI y deberá fundirse monolíticamente tanto como sea posible, con agregados entre 10 y 26 mm. Las varillas utilizadas para mantener el espaciamiento y soportar la tubería no deberán sobresalir del concreto. Los extremos de los ductos deberán mantenerse tapados para impedir el ingreso de materiales extraños o la entrada de concreto. En la parte superior del banco de ducto, se colocará una capa final de mortero rojo oscuro para identificación del mismo. Esta capa final deberá ser de 50 mm de espesor aproximadamente. El colorante utilizado será a base de óxidos de hierro y se mezclará en la proporción recomendada por el fabricante y/o proveedor.

- **Continuidad eléctrica de los tubos**

Se harán las conexiones eléctricas necesarias para establecer y asegurar la continuidad eléctrica del sistema de conduits, utilizando las boquillas para conexión de los conductores de puesta a tierra, que se instalarán en todos los tubos que terminen en cajas de metal con acceso pasante.

➤ **Caseta para tableros eléctricos**

Para los tableros eléctricos, se prevé una caseta de una dimensión aproximada de 7,5 m x 4,0 m, en estructura metálica sin cerramiento, con sistema de cimentación por medio de zapatas aisladas unidas en el sentido longitudinal por vigas de amarre en concreto reforzado. La cimentación incluirá pedestales con pernos de anclaje embebidos para apoyo de la estructura metálica y demás características que se incluyan en las memorias de diseño de la misma

➤ **Instalación de tableros**

Los tableros (**Fotografía 2.2.2-20**) se ubicarán de acuerdo con lo expresado en los planos de disposición de equipos aprobados. Antes de la instalación, deberá replantearse la posición para verificar las previsiones que se hayan dejado para la entrada de los conductores y puestas a tierra. Los tableros anclados al piso serán fijados por medio de pernos de expansión HILTI o equivalentes según las dimensiones e instrucciones dadas por el fabricante / proveedor; las conexiones eléctricas deberán quedar convenientemente aseguradas con el ajuste de torque recomendado según el grado del tornillo utilizado, para evitar posibles puntos calientes. Todo el sistema deberá quedar conectado a tierra de acuerdo con los detalles de conexión incluidos en los típicos de montaje y recomendaciones del fabricante / proveedor. A menos que se indique diferente en los documentos aprobados para construcción, toda la tornillería utilizada será en acero inoxidable y la Soportería utilizada será en acero galvanizado en caliente.

**Fotografía 2.2.2-20    Tableros eléctricos**



Fuente: [https://www.amatic.org/curso\\_de\\_control\\_industrial.htm](https://www.amatic.org/curso_de_control_industrial.htm); adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

Los siguientes puntos se verificarán, inspeccionarán o probarán: inspeccionar por cualquier daño físico; verificar los datos nominales de placa y compararlos con el último unifilar; verificar la conexión de los alimentadores de fuerza o ductos de barras entrando a la caja terminal o conexiones aéreas a los aisladores primarios; verificar el torque adecuado de conexiones; verificar la instalación adecuada del cable secundario; conexiones de ductos de barras o conexiones aéreas a los aisladores; verificar el torque adecuado de conexiones; verificar la conexión y medir la resistencia a tierra; verificar la instalación adecuada de los dispositivos auxiliares tales como transformadores de corriente, conexión de ventiladores, relevo de presión súbita, indicadores, cambiador de toma, y sistema de presurización de gas; verificar el nivel de los líquidos en los tanques y aisladores; realizar

una inspección específica y pruebas mecánicas como lo recomienda el fabricante; las pruebas de aislamiento se harán de bobina a bobina y de bobinas a tierra; la toma de muestra del aceite aislante será por ASTM D-923. La muestra se probará en laboratorio por resistencia dieléctrica, número de neutralización ácida, color y contenido de PCB.

➤ **Construcciones varias**

Adicional a las construcciones y actividades referidas en los ítems anteriores se presenta una relación de otro tipo de actividades a considerar:

- Trampa de aceites de los transformadores.
- Sistema de puesta a tierra.
- Sistema de apantallamiento contra descargas eléctricas atmosféricas.
- Sistema iluminación (interior y exterior para las subestaciones).
- Bandejas portacables.
- Sistema de conductores de potencia, fuerza y control.
- Chequeo de construcción y chequeo pre-alistamiento.
- Pruebas y arranque.
- Elaboración de planos “As-built”.

➤ **Pruebas, puesta a punto y en servicio**

Las actividades relacionadas con la puesta en servicio se desarrollan según los protocolos de ECOPETROL S.A. y todos los tendientes a las buenas prácticas de la ingeniería. Inicialmente y de manera general se hace un chequeo visual del estado de equipos y dispositivos instalados (transformadores, interruptores de potencia, seccionadores, sistemas de protección, apantallamiento y puesta a tierra). Posteriormente se sigue con el protocolo y la validación de las condiciones mínimas de seguridad para la operación (relaciones de transformación, resistencia de contactos, sincronización y velocidades de cierres y aperturas, etc.). Finalizadas las pruebas y aceptado el proyecto se procede previa coordinación de todos los involucrados a energizar (puesta en servicio) la subestación, CD y/o CMT objeto de revisión.

• **Mantenimiento**

Iniciada la operación de la subestación se realizan actividades de verificación del funcionamiento, inspección de niveles operativos de los equipos, maniobra de equipos, suministro y procesamiento de información. Además, se establece un programa de mantenimiento predictivo y preventivo de transformadores de potencia (Inspección, cambio de aceite y detección de puntos calientes), equipo de patios (Análisis, purificación o cambio de gas SF6 de interruptores, calibración de seccionadores, mantenimiento de transformadores de medida, pararrayos, aisladores, estructuras, etc.) y equipo interior (alumbrado, baterías, planta diésel, tableros de control, equipos de protecciones, comunicaciones, etc.). Obedece a un programa periódico (semanal, mensual, anual, etc.) de inspección, pruebas, reparaciones, etc. de la infraestructura electromecánica.

○ **Mantenimiento de zonas verdes**

Consiste en realizar un adecuado manejo de la arborización y jardines en la Subestación y lote periférico, aseo y limpieza de zonas comunes; eliminación de material vegetal de los patios de conexión de la Subestación, efectuando una disposición adecuada de los residuos generados.

○ **Mantenimiento en facilidades y locaciones**

El mantenimiento de equipos eléctricos permite detectar fallas que comienzan a gestarse y que pueden producir en el futuro cercano o a mediano plazo una parada de una planta y/o un siniestro afectando a personas e instalaciones. Esto permite la reducción de los tiempos de parada al minimizar la probabilidad de salidas de servicio imprevistas, no programadas, gracias a su aporte en cuanto a la planificación de las reparaciones y del mantenimiento. Los beneficios de reducción de costos incluyen ahorros de energía, protección de los equipos, velocidad de inspección y diagnóstico, verificación rápida y sencilla de la reparación.

○ **Mantenimiento de tableros**

En el caso de tableros eléctricos se debe reportar diariamente las lecturas de todos los instrumentos como: voltímetros, amperímetros, kilovatímetros, medidores de caudal, etc. Eliminar goteos o condensación de agua sobre los aparatos, limpiar suciedad y observar si hay recalentamiento o corrosión en partes metálicas.

○ **Mantenimiento de transformadores**

Un adecuado plan de mantenimiento debe considerar una completa inspección visual, que permita verificar el estado general del transformador, ausencia de filtraciones de aceite, limpieza de los aisladores de alta y baja tensión, y el funcionamiento de los equipos auxiliares del transformador tales como indicadores de temperatura, de nivel de aceite, ventiladores, equipos de monitoreo en línea (si los tiene).

El mantenimiento debe considerar también una inspección termográfica para detectar posibles puntos de calentamiento localizados, y la toma de muestras de aceite para ensayos tanto fisicoquímicos como de análisis de los gases disueltos. También deben considerarse los ensayos eléctricos de control, para lo que el transformador debe estar fuera de servicio. La periodicidad y los ensayos a realizar deben ser analizados tomando en cuenta las condiciones de operación, y el resultado de las inspecciones visuales y de los ensayos del aceite. El programa de mantenimiento debería considerar la inspección al menos de los siguientes aspectos:

- Termómetro de líquido refrigerante. Llevar un registro de temperaturas del transformador, que permita identificar algún problema por sobrecarga o mal funcionamiento.
- Indicador de nivel de líquido refrigerante. Este debe ser verificado para detectar posibles fugas de líquido refrigerante.
- Líquido refrigerante. Se debe tomar una muestra al menos una vez al año para análisis fisicoquímico y saber el estado del funcionamiento del transformador. Para transformadores de poder, se recomienda realizar una muestra de cromatografía de gases una vez al año.
- Ventiladores. Se debe observar que estos no se encuentren obstruidos y revisar que la secuencia de giro sea la misma para todos los moto-ventiladores suministrados.
- Radiadores. Se debe observar que estos no se encuentren obstruidos o demasiado contaminados, especialmente en ambientes mineros.
- Pruebas de campo. Para transformadores de potencia, se recomienda realizar al menos una vez cada año pruebas eléctricas de campo (TTR, resistencia de aislamiento y resistencia de devanados, como mínimo), con el fin de detectar o prevenir posibles anomalías

○ **Mantenimiento de VFD**

El mantenimiento del VFD garantiza que las unidades se mantengan a salvo de factores externos como el agua y los escombros. El mantenimiento incluye inspecciones visuales, limpiezas regulares,



verificaciones de conexiones y reemplazo de piezas antes de que comiencen a obstaculizar el buen desempeño. Dentro de las actividades de mantenimiento a los VFD se encuentran las siguientes:

- En el transcurso de cada semana, los trabajadores deben estar alertas a los ruidos inusuales. Al menos una vez a la semana, los inspectores deben crear un informe con los detalles del entorno del VFD, incluida la temperatura y la humedad, el voltaje del bus de CC y el voltaje de salida, y la corriente y frecuencia. Ese informe también debe documentar la temperatura monitoreada del VFD para proporcionar datos a largo plazo sobre la salud y las necesidades de mantenimiento del dispositivo.
- Cada mes, los filtros deben limpiarse o reemplazarse. Esto incluye los filtros para cualquier unidad deshumidificadora, ventilación general y filtros en estuches de almacenamiento para los VFD.
- Una vez al año, los VFD deben someterse a un mantenimiento más exhaustivo que incluye las siguientes actividades:
  - Limpieza de la unidad: aspire las rejillas de ventilación y el espacio de almacenamiento, y limpie o reemplace los filtros. Los VFD no deben limpiarse con solventes o herramientas de limpieza a base de agua.
  - Inspeccionando las piezas: apriete las conexiones y los bloques de terminales, verifique las fuentes de alimentación y consulte el programa de reemplazo de piezas para cualquier trabajo necesario. El bus de CC también debe comprobarse con un osciloscopio para comprobar la ondulación de V CC, pero solo profesionales capacitados deben realizar este paso

El mantenimiento preventivo regular ayuda a que todos los componentes electrónicos funcionen por más tiempo y brinden un rendimiento más constante. Los VFD se benefician del mantenimiento regular, especialmente si tienen ventilaciones laterales abiertas, que pueden permitir que objetos extraños o humedad contaminen el interior de la carcasa. Esto, a su vez, minimiza los costos de reemplazo y las fallas críticas que provocan un tiempo de inactividad inesperado.

El mantenimiento de los VFD también les permite funcionar con mayor control y capacidad para cumplir con diferentes requisitos de carga. Dependiendo de su estado y localidad, su proveedor de energía también puede ofrecerle reembolsos por el uso y mantenimiento regular de los variadores de frecuencia.

#### ○ **Mantenimiento de Motores Eléctricos**

Mantener el grupo eficiente con los controles periódicos de ruido, vibraciones, absorción y tensión, desgaste de las superficies de rozamiento, pérdida de lubricante, juntas, empalmes atornillados que no estén desgastados, deformados o corroídos efectuando el restablecimiento de los mismos.

Mantener el grupo limpio, eliminando el polvo y eventuales residuos de elaboración (no usar disolventes ni otros productos no compatibles con los materiales de fabricación; no dirigir chorros de agua a alta presión directamente sobre el grupo). Respetar dichas normas asegura la funcionalidad del grupo y el nivel de seguridad previsto.

Antes de intervenir en los motores o en zonas cercanas, desconecte la alimentación eléctrica, espere que las masas en movimiento se detengan; verifique que no se puedan producir reactivaciones debidas al arrastre del árbol por parte de otras masas en movimiento y espere que la temperatura superficial haya descendido por debajo de los 50°C para evitar quemaduras.

#### ❖ Mantenimiento preventivo

Los motores están diseñados para proporcionar un funcionamiento confiable durante muchos años con cuidados mínimos. No se puede esperar un funcionamiento sin problemas si se pospone o no se realiza el mantenimiento correcto. Lista de verificación de mantenimiento:

- Verifique que el motor esté limpio y que los conductos de ventilación del estator y el rotor no estén obstruidos.
- Controle que la carga o el factor de servicio no sean excesivos.
- Verifique que el aumento de temperatura del devanado no supere el valor nominal.
- Verifique que la resistencia del aislamiento esté por encima del mínimo recomendado.
- Verifique la variación de tensión y frecuencia.
- Controle el entrehierro.
- Verifique que las temperaturas de los cojinetes se encuentren dentro de los límites y que el lubricante esté limpio y en el nivel correcto.
- Verifique que no haya vibración o ruidos inusuales.
- Controle la alineación.
- Controle que haya una lubricación correcta.

Se debe establecer un cronograma definido de inspecciones de mantenimiento preventivo para evitar desperfectos, daños graves y tiempo de inactividad excesivo. El cronograma dependerá de las condiciones de funcionamiento y la experiencia con equipos similares. Para asegurar un mantenimiento adecuado, y que se consideren ciertos aspectos de la garantía, es fundamental mantener registros completos para cada motor, en los que se incluya su descripción y capacidad nominal, el cronograma de mantenimiento y las reparaciones requeridas o realizadas.

#### ❖ Mantenimiento correctivo

Los dos factores que requieren mantenimiento correctivo son las fallas eléctricas y las fallas mecánicas. Por lo general, el primer signo de una falla eléctrica es una baja resistencia del aislamiento. Las fallas mecánicas generalmente son precedidas por ruido o calentamiento excesivos de los cojinetes. Si se requieren reparaciones mayores se debe desmontar el motor y llevarlo a un centro de servicio técnico certificado

##### **2.2.2.5.9.3 Instalaciones de apoyo**

Las instalaciones de apoyo serán similares a las descritas en el literal **2.2.2.5.8.3 Instalaciones de apoyo** consignado en la Estrategia de Desarrollo **Instalación y operación de líneas eléctricas de 34,5 / 115 Kv** del presente Estudio de Impacto Ambiental.

##### **2.2.2.5.9.4 Volumen estimado de cortes y rellenos**

Las labores civiles a ejecutar contemplan el movimiento de tierras, el cual está representado en la conformación de cortes y/o rellenos de diferentes dimensiones tanto unos como los otros, en este sentido, los volúmenes de material tanto en corte como en relleno serán estimados al momento de la intervención de cada Locación y presentados dentro de los respectivos Planes de Manejo Ambiental Específicos, pero teniendo como premisa no superar la cantidad de plataformas a construir solicitadas para la presente estrategia de desarrollo (**Tabla 2.2.2-155**); sin embargo a manera de guía se presenta en la **Tabla 2.2.2-157** un estimado del movimiento de tierras asociado a la construcción de este tipo de facilidades.

**Tabla 2.2.2-157 Estimativo de movimientos de tierra asociados a la construcción de Centros de Maniobra -CM- y Centros de Distribución -CD-**

ESTRATEGIAS DE DESARROLLO	Área total a solicitar para esta estrategia (ha)	Espesor Descapote (m)	Volumen Descapote (m3)	Espesor promedio excavación (m)	Volumen excavación (m3)	Espesor Rellenos (m3)	Volumen Rellenos (m3)
Instalación y operación Centros de Maniobra -CM-, Centros de Distribución -CD- y/o Subestaciones Eléctricas -SE-	6	0,5	30.000,00	2,00	120.000,00	1,50	90.000,00
	3	0,5	15.000,00	2,00	60.000,00	1,50	45.000,00

Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

#### 2.2.2.5.9.5 Asentamientos humanos e infraestructura social, económica y cultural a intervenir

Las actividades a desarrollar al ser de carácter puntual generan un bajo impulso en el marco social y económico del sector, principalmente en el área adyacente a las destinadas para la construcción de Instalaciones de Apoyo, ya que es necesaria la contratación de mano de obra no profesional requerida para la ejecución de diversas actividades asociadas a esta estrategia. Es de reseñar que se considera que la contratación del personal por parte del proyecto, en lo posible no afectará el desarrollo normal de las principales actividades económicas del área, las cuales corresponden agroindustria, agricultura tradicional y ganadería.

De igual manera, se recurrirá en el sector a la adquisición de diferentes bienes y servicios, escenario que redundará en un moderado impulso a las actividades de comercialización de diferentes productos principalmente en los diferentes cascos urbanos del área definida para el presente EIA.

Finalmente, dentro del desarrollo de las actividades asociadas a esta estrategia de desarrollo no se contempla la intervención y afectación de asentamientos humanos, infraestructura social y/o cultural. De otra parte, en lo que respecta al transporte de maquinaria, equipos, personal y materiales de construcción, se tendrán de igual manera las correspondientes medidas de manejo ambiental.

#### 2.2.2.5.9.6 Fuentes de emisiones atmosféricas y ruido

En cuanto al requerimiento de Maquinaria, equipos y personal estos son similares a los presentados en el literal  **Estimativos de maquinaria, equipos** y mano de obra, descritos dentro de la Estrategia de Desarrollo **Construcción de nuevas vías** del presente Estudio de Impacto Ambiental.

#### 2.2.2.5.9.7 Maquinaria y mano de obra

Para la fase constructiva se ha contemplado la demanda de maquinaria y equipo necesario para la ejecución de la construcción del Parque fotovoltaico. En la **Tabla 2.2.2-158** se exponen los estimados de maquinaria y equipo para las obras civiles.

**Tabla 2.2.2-158 Maquinaria y equipos requeridos para las obras civiles a realizar en la Instalación y operación Centros de Maniobra -CM-, Centros de Distribución -CD- y/o Subestaciones Eléctricas**

Maquinaria y equipos	Cantidad
Retroexcavadora	2
Vibrocompactador	1
Buldócer	1
Motoniveladora	1

Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)



**Tabla 2.2.2-161 Duración estimada para Instalación y operación Centros de Maniobra -CM-, Centros de Distribución -CD- y/o Subestaciones Eléctricas**

Ciclo asociado al desarrollo del campo	Actividades	MESES							
		1	2	3	4	5	6	7	8
Estrategias asociadas a la producción de hidrocarburos	Labores de adecuación de los sitios para el hincado de estructuras de apoyo	■							
	Transporte, hincado, plomado y cimentado de estructuras de apoyo		■	■	■				
	Despeje de servidumbre para el tendido e izado del conductor			■	■	■			
	Construcción e instalación de anclajes y templetas, línea y cables de guarda (incluye tendido y tensionado)				■	■	■		
	Instalación de Infraestructura de Generación eléctrica de tipo no convencional: Energía solar (Parque Solar), Geotermia, Combustibles fósiles, Aprovechamiento de Gas					■	■	■	
	Instalación de sistema de puesta a tierra					■	■	■	
	Cableado y conexionado entre paneles y de estos a los inversores					■	■	■	
Conexión de acometidas al sistema eléctrico							■	■	

Nota (\*): Tiempos estimados que podrán variar en función de las necesidades y condiciones del proyecto

Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

El desarrollo de esta estrategia en lo referente a la instalación y operación de Centros de Maniobra -CM-, Centros de Distribución -CD- y/o Subestaciones Eléctricas será reportado vía ICA y a la luz de lo autorizado en el presente Estudio de Impacto Ambiental.

#### 2.2.2.5.9.8 Desmantelamiento y restauración de áreas intervenidas

El abandono del área implica en lo específico a infraestructura eléctrica instalada, la ejecución de cuatro acciones principales:

- Cierre y desconexión de equipos y unidades funcionales o de actividades específicas.
- Desmantelamiento, desmonte y retiro de los equipos que forman parte de las unidades funcionales.
- Demolición de estructuras en concreto, cargue y retiro de escombros.
- Recuperación ambiental del área asociada. (Recuperación de la capa orgánica, revegetalización y recuperación paisajística)

Adicionalmente se revisarán los drenajes y se asegurará que no estén taponados. En las zonas donde se hayan instalado alcantarillas se evaluará la opción de retirarlas dejando un canal abierto en el lugar donde éstas se encontraban. Estas actividades se presentan de forma detallada en el Capítulo 10 Plan de Desmantelamiento y Abandono, del Estudio de Impacto Ambiental Área de Desarrollo Llanos 141.

#### 2.2.2.5.9.9 Impactos ambientales asociados

Los impactos generados por el desarrollo de estas subactividades se presentan en el Capítulo 5, Evaluación Ambiental, del presente documento.

#### 2.2.2.5.10 Construcción y operación de áreas para el acopio de lodos y cortes de perforación (ED19)

Los lodos y cortes de perforación una vez salen del pozo aumentan su porcentaje de sólidos por lo que se pasan por el sistema de control de sólidos, luego el lodo se reincorpora al sistema y la descarga sólida cae en un catch tank, de donde son sacados con retroexcavadora a una volqueta que los transporta a piscinas construidas como instalaciones temporales dentro de locaciones



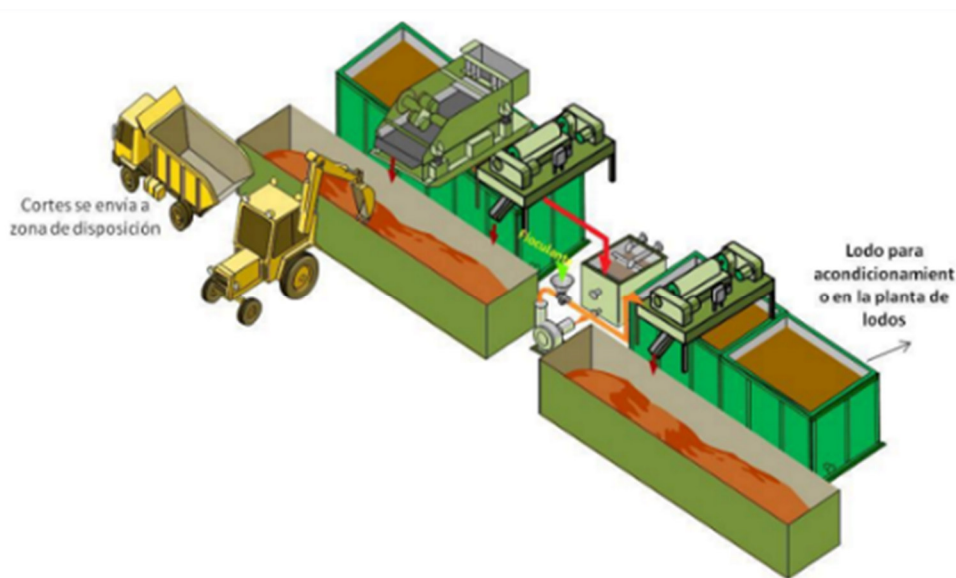
existentes para ser tratados y estabilizados con Cal viva y luego ser llevados y dispuestos en zonas adecuadas y aprobadas para tal fin en las ZODMEs autorizadas. Los volúmenes de cortes estimados para un pozo de 19.000 ft de profundidad en condiciones normales son de aproximadamente 15.000 bbl. Finalmente se realiza un análisis de los cortes estabilizados por un laboratorio acreditado por el IDEAM, para verificar el cumplimiento del Decreto 4741 de 2005 y la norma Luisiana 29B (contenidos de los lixiviados y concentración de metales dentro de los límites permisibles).

En este orden de ideas, el lodo de perforación al llegar a superficie pasa a través de un sistema de tratamiento compuesto por scalpers, desilter, desarenador (desander), limpiador de lodo (mud cleaner), centrífugas y un desgasificador (degasser), donde son separados los sólidos finos y gruesos, de allí pasa nuevamente a los tanques de almacenamiento (mud tanks) donde son ajustadas las propiedades reológicas, mediante la adición de productos químicos para volverlo a circular por el sistema impulsado por la línea de succión (suction line) a las bombas de lodos (mud pumps) usadas de acuerdo a las necesidades de circulación.

De otra parte, en los sistemas de deshidratación mejorados químicamente, las centrífugas disminuyen en gran medida los volúmenes de descarga de líquidos y mejoran palpablemente la eficiencia del sistema de control total de sólidos. Es un instrumento usado para la separación mecánica de sólidos de elevado peso específico (arcillas y limos generalmente) suspendidos en el fluido de perforación y para reducir la densidad del lodo, evitando adicionar líquidos o generar incrementos en el volumen.

En la actualidad el sistema de bombas dúplex tripex, es más utilizado debido a que con ellas se obtienen altas eficiencias volumétricas, son fáciles de operar al igual que su mantenimiento y trabajan en un amplio rango de presión a diferentes tasas de flujo con tan sólo cambiar las camisas de las bombas o los cambios de velocidad. Los equipos destinados para el mantenimiento del fluido de perforación, estará conformado por centrífugas decantadoras cuya cantidad, diámetro, longitud y caudal dependerán de los requerimientos de cada pozo a perforar. En la **Figura 2.2.2-197** se presenta un esquema del proceso de manejo y tratamiento de las aguas residuales generadas por el desarrollo de la Etapa de perforación.

**Figura 2.2.2-197 Esquema de manejo de lodos de perforación**



Fuente: ECOPETROL S.A., 2022; adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

Las recomendaciones generales para garantizar un funcionamiento óptimo del sistema de control de sólidos que permite realizar la separación de los cortes y el lodo son:

- Inspeccionar continuamente el sistema de control de sólidos, con el fin de mantener sus condiciones técnicas y operativas.
- Verificar que los tiempos de retención en las unidades de control de sólidos sean suficientes para que se produzca la remoción deseada.

➤ **Sistema de Deshidratación (Dewatering)**

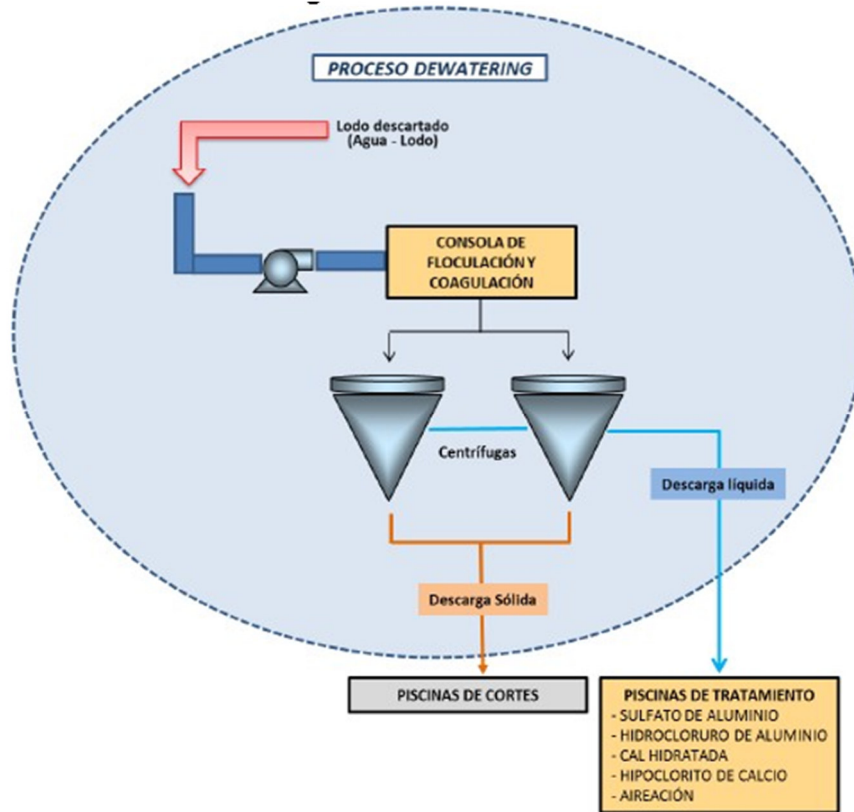
Este proceso, se usará para separar las fases sólido-líquido del lodo base agua descartado, fluidos residuales acuosos provenientes del contrapozo, skimmer, remanentes del sistema de control sólidos y sistema activo de lodos.

En el proceso dewatering, resultan dos corrientes de residuos: el efluente o agua del proceso y los sólidos descartados en la deshidratación del desecho. El agua separada se reciclará en la preparación de la solución del polímero, para el mismo proceso dewatering o hacia el sistema de lodo base agua como dilución o como fluido base para la preparación de lodo nuevo; para esto el agua del dewatering debe cumplir la prueba de compatibilidad con el lodo para no afectar sus propiedades físicas y reológicas.

El exceso de agua en el dewatering, se enviará al sistema de tratamiento de aguas para mezclarlas con las aguas residuales, proceso en el cual se tiene la posibilidad de reciclarla, para preparación del lodo, como agua de lavado o enfriamiento de equipos. Los sólidos del dewatering separados por las centrifugas decantadoras, se descargarán en un catch tank, destinado para este tipo de sólidos con el fin de asegurar su correcta segregación. Floculación selectiva con poliacrilamida: la floculación selectiva es el proceso en el que las centrifugas decantadoras trabajan directamente al sistema activo para mantener las propiedades del lodo (MBT- Methylene Blue Test, controlar el porcentaje de sólidos de baja gravedad y eliminación de sólidos reactivos) con ayuda química de polímeros (poliacrilamida) cuyo efluente será retornando al sistema activo. El objetivo de este procedimiento es controlar el MBT por la incorporación de arcillas reactivas altamente solubles y reciclar el fluido base (agua), tanto como sea posible, el efluente del proceso de floculación selectiva recuperando de esta manera, el valor de productos del fluido de perforación en el sistema activo y minimizando la generación de desechos sólidos y líquidos.

El valor agregado de la floculación selectiva es minimizar la captación de agua para la preparación y/o dilución del lodo lo cual disminuye de manera significativa la disposición de desechos sólidos y líquidos impactando menores áreas para disposición. La floculación selectiva se aplicará en la perforación de formaciones arcillosas altamente solubles en el fluido de perforación. En los pozos, el sistema de floculación selectiva se configurará utilizando los compartimientos con agitador de la unidad de Dewatering para la preparación de polímero y así realizar la mezcla de la Poliacrilamida en la concentración correspondiente. En la **Figura 2.2.2-198** y **Tabla 2.2.2-162** se presentan los equipos básicos que componen este sistema.

Figura 2.2.2-198 Esquema del Proceso Dewatering



Fuente: ECOPEPETROL S.A., 2012; adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

Tabla 2.2.2-162 Sistema de Deshidratación (Dewatering)

Equipo	Características / funciones
Centrífuga decantadora	Se utiliza para la separación de las fases líquido-sólido. Debe generar la fuerza G adecuada para manejar el sistema, pues a muy baja velocidad no proporciona una adecuada separación y a una velocidad alta no rompe los flocúlos.
Tanque de recolección de lodo	Posee un sistema de agitación para evitar la sedimentación de los sólidos y asegurar una mezcla homogénea para la deshidratación. Incluye una bombacentrífuga.
Tanques depolímero	Tanques para mezcla de los polímeros con agua fresca. La unidad cuenta con (2) tanques, equipados con un agitador eléctrico tipo aspas. Cada tanque tendrá un embudo para mezcla de polímero para asegurar máxima eficiencia en la mezcla.
Bombas de alimentación	Su función es alimentar de lodo la centrífuga, desde el tanque de lodo hasta el mezclador estático. Es una bomba de desplazamiento positivo que posee un disco de velocidad variable para facilitar una tasa óptima de alimentación de la centrífuga a un conjunto dado de condiciones.
Tanque de dilución de agua	Tiene una capacidad de 60 Barriles y es el tercer compartimento del sistema de dewatering. Inicialmente se llena con agua fresca y posteriormente el agua procesada deberá recircularse para ese fin.
Tanque de coagulación	Tanque de fibra de vidrio separado de 1.000 o 2.000 litros utilizado para todos los coagulantes (ácido acético, cal) excepto ácido clorhídrico. Si se utiliza ácido acético es bombeado directamente desde canecas de 55 galones.
Bomba de coagulante	Bomba de partes de teflón para ofrecer mayor resistencia al ácido; bombea el coagulante desde el tanque de 1.000 l ó desde la caneca de ácido. Cuenta con un regulador de aire para controlar la tasa de bombeo.
Mezclador estático	Es un múltiple de mezcla con desviadores de flujo en su interior para un mejor mezclado de los diferentes componentes del proceso de deshidratación. El lodo es mezclado aquí con agua de dilución. La mezcla diluida es coagulada y luego mezclada con el polímero floculante; esta mezcla combinada viaja a través de los desviadores de flujo en el mezclador estático que le suministra energía al sistema contribuyendo a la formación de flocúlos y a la separación del agua.
Tanque de agua limpia	Este tanque se utiliza para recibir el agua que no es reutilizada para dilución. Desde este tanque puede ser enviada al sistema de tratamiento de agua para ser mezclada con el agua residual proveniente de la planta de tratamiento de aguas residuales y realizar el tratamiento final para ser descargada o ser reutilizada para el lavado de equipo, enfriamiento de bombas o preparación de lodo.

Fuente: ECOPEPETROL S.A., 2012; adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

#### 2.2.2.5.10.1 Volumen estimado de cortes y rellenos

Los volúmenes de material a disponer serán estimados al momento de la realización de la perforación de los diferentes tipos de pozos y serán presentados dentro de los respectivos Planes de Manejo Ambiental Específicos, pero teniendo como premisa no superar las cantidades solicitadas en el presente Estudio de Impacto Ambiental (**Tabla 2.2.2-117**) y cantidades autorizadas en el instrumento ambiental vigente.

#### 2.2.2.5.10.2 Asentamientos humanos e infraestructura social, económica y cultural a intervenir

Las actividades a desarrollar al ser de carácter puntual generan un bajo impulso en el marco social y económico del sector, principalmente en el área adyacente a los Locaciones a intervenir, ya que es necesaria la contratación de mano de obra no profesional requerida para la ejecución de diversas labores asociadas a las actividades asociadas a la ampliación de la infraestructura existente.

Es de reseñar que se considera que la contratación del personal por parte del proyecto, en lo posible no afectará el desarrollo normal de las principales actividades económicas del área, las cuales corresponden agroindustria, agricultura tradicional y ganadería.

De igual manera, se recurrirá en el sector a la adquisición de diferentes bienes y servicios, escenario que redundará en un moderado impulso a las actividades de comercialización de diferentes productos principalmente en los diferentes cascos urbanos del área definida para el presente EIA.

Finalmente, dentro del desarrollo de las actividades de Construcción y operación de centro de acopio no se contempla la intervención y afectación de asentamientos humanos, infraestructura social y/o cultural. De otra parte, en lo que respecta al transporte de maquinaria, equipos, personal y materiales de construcción por el corredor vial a utilizar, se tendrán de igual manera las correspondientes medidas de manejo ambiental.

#### 2.2.2.5.10.3 Fuentes de emisiones atmosféricas y ruido

Las fuentes de emisiones atmosféricas y ruido son similares a los descritos dentro de la Estrategia de Desarrollo **Construcción de nuevas vías**, literal  **Fuentes de emisiones atmosféricas y ruido**; que hace parte del presente Estudio de Impacto Ambiental.

#### 2.2.2.5.10.4 Maquinaria y mano de obra

El listado de equipos a emplear en la construcción de un área de acopio y manejo de lodos y cortes de perforación así como los requeridos para la construcción y funcionamiento de una planta para el manejo de cortes de perforación se consigna en la **Tabla 2.2.2-163** a la **Tabla 2.2.2-165**.

**Tabla 2.2.2-163 Estimativo de maquinaria y equipos requeridos para la construcción y operación de áreas para el acopio de lodos y cortes de perforación**

Personal	Cantidad
Retroexcavadora	2
Bulldócer	1
Volquetas	2

Fuente: MODIFICACIÓN DEL PLAN DE MANEJO AMBIENTAL INTEGRAL –PMAI-DE MARES, Ecopetrol S. A. 2020); adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

**Tabla 2.2.2-164 Estimativo de maquinaria y equipos requerido para las obras civiles a realizar en la construcción y operación de áreas para el acopio de lodos y cortes de perforación**

Maquinaria	Cantidad
Retroexcavadora	2
Vibrocompactador	1
Buldócer	1
Motoniveladora	1
Volquetas	2

Fuente: MODIFICACIÓN DEL PLAN DE MANEJO AMBIENTAL INTEGRAL –PMAI-DE MARES, Ecopetrol S. A. 2020); adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

**Tabla 2.2.2-165 Estimativo de maquinaria y equipos requerido para la operación y mantenimiento de plantas para el manejo de cortes de perforación**

Maquinaria	Cantidad
Retroexcavadora	2
Vibrocompactador	1
Buldócer	1
Motoniveladora	1
Volquetas	2

Fuente: MODIFICACIÓN DEL PLAN DE MANEJO AMBIENTAL INTEGRAL –PMAI-DE MARES, Ecopetrol S. A. 2020); adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

En cuanto a la ejecución de las actividades de obra civil, es necesario contar con mano de obra profesional y por operadores de equipo y maquinaria pesada, conductores y maestros de obra, los cuales se listan en la **Tabla 2.2.2-166** a la **Tabla 2.2.2-168**.

**Tabla 2.2.2-166 Personal estimado para las obras civiles a realizar para la construcción y operación de áreas para el acopio de lodos y cortes de perforación**

Actividad	Cargo	Cantidad aproximada	Mano de obra
Movimiento de tierras y compactación	Operador retroexcavadora	2	Profesional
	Operador buldócer	1	Profesional
Movilización y acarreo	Conductor volquetas	2	Profesional
	Conductor camionetas	1	Profesional

Nota (\*): El personal indicado es estimado, el número dependerá de los requerimientos propios del proyecto y de la actividad específica que se lleve a cabo. Por tal razón, el personal podrá variar según lo presentado, (ECOPEPETROL S.A., 2023)

Fuente: MODIFICACIÓN DEL PLAN DE MANEJO AMBIENTAL INTEGRAL –PMAI-DE MARES, Ecopetrol S. A. 2020); adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

**Tabla 2.2.2-167 Personal estimado para la construcción y operación de áreas para el acopio de lodos y cortes de perforación**

Actividad	Cargo	Mano de obra
Administración	Director general	Profesional
	Administrador	Profesional
Administración	Almacenista	No Profesional
	Auxiliares	No Profesional
Replanteo y control topográfico	Topógrafo	Profesional
	Cadenero	No Profesional
	Estaquero o ayudante	No Profesional
Construcción de obras civiles en localizaciones	Ingenieros	Profesional
	Inspector (civil y mecánico)	Profesional
	Maestro de obra	Profesional
	Oficiales	Profesional
	Obreros	No Profesional





**Tabla 2.2.2-170 Duración estimada para la para la construcción y operación de áreas para el acopio de lodos y cortes de perforación**

Ciclo asociado al desarrollo del campo	Actividades	MESES											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Estrategias asociadas a la producción de hidrocarburos	Localización y replanteo												
	Desmonte, descapote, rocería y limpieza												
	Cuneteo, extendido, nivelación y compactación												
	Movimiento de tierras (excavación, cortes y rellenos)												
	Obras para manejo de drenajes, aguas superficiales y aguas aceitosas												
	Construcción de estructuras en concreto												
	Estabilización y revegetalización de taludes												
	Construcción de helipuertos												
	Construcción e instalación de estructuras metálicas y/u otros materiales												
	Operación de maquinaria y equipos												

Nota (\*): Tiempos estimados que podrán variar en función de las necesidades y condiciones del proyecto

Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

La construcción y operación de centro de acopio será reportada vía ICA y descontadas de los saldos autorizados en el presente Estudio de Impacto Ambiental.

#### 2.2.2.5.10.6 Desmantelamiento y restauración de áreas intervenidas

El abandono del área implica el retiro de la infraestructura instalada. Una vez realizadas las labores de limpieza, para las áreas cuyo material no vaya a ser reutilizado se procederá a la recuperación del área intervenida mediante su revegetalización y/o reforestación ya sea con siembra de árboles con especies propias de la zona, inducción de la revegetalización natural o serán entregadas a las comunidades aledañas.

Los procedimientos para la recuperación del área intervenida serán los siguientes:

- Retiro de infraestructura instalada.
- Recolección de todos los residuos sólidos y disposición adecuada.
- Restauración morfológica del área de ubicación de los Locaciones.

Se revisarán los drenajes y se asegurará que no estén taponados. En las zonas donde se hayan instalado alcantarillas se evaluará la opción de retirarlas dejando un canal abierto en el lugar donde éstas se encontraban. Estas actividades se presentan de forma detallada en el Capítulo 10 Plan de Desmantelamiento y Abandono, del Estudio de Impacto Ambiental Área de Desarrollo Llanos 141.

#### 2.2.2.5.10.7 Impactos ambientales asociados

Los impactos generados por el desarrollo de estas subactividades se presentan en el Capítulo 5, Evaluación Ambiental, del presente documento.

#### 2.2.2.5.11 Construcción, operación y mantenimiento de plantas para el manejo de cortes de perforación (ED20)

En aras de reducir las áreas de intervención por la operación, en el presente EIA, se contempla la construcción de plantas de tratamiento, y deshidratación para cortes y lodos de perforación, basadas en tecnologías que buscan generar una producción más limpia, con estándares amigables con el

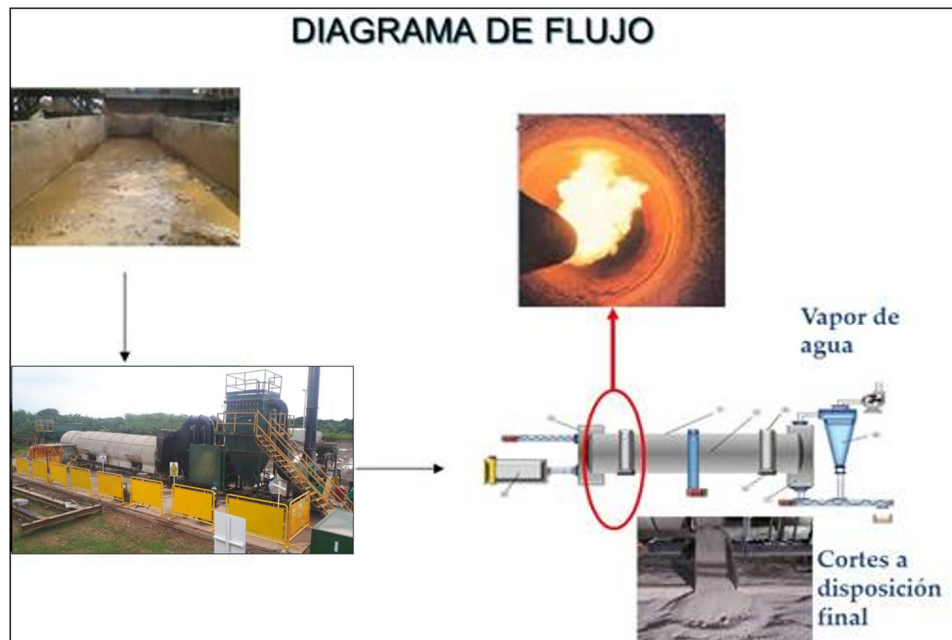
ambiente. Los productos tratados podrán ser reutilizados internamente o como materia prima para otros procesos o actividades industriales con aliados externos (simbiosis industrial), como iniciativas de Economía Circular de ECOPETROL S.A.

Los productos del tratamiento, cumplirá con la normatividad ambiental colombiana vigente y con las condiciones de Manejo del presente Estudio. Las Plantas, se ubicarán de acuerdo con la Zonificación de Manejo del Estudio. Dado que se trata de cortes de perforación que se encuentran dentro de los parámetros exigidos por la legislación ambiental colombiana vigente, y siempre que cuenten con las condiciones de humedad, se podrán implementar, entre otros, en los usos que se listan a continuación:

- Material de relleno en la construcción de nuevas localizaciones.
- Elaboración de ladrillos, adoquines y postes para cerramiento de localizaciones.
- Material para hacer jarillones o diques para protección de inundaciones en época de lluvias en las localizaciones de los pozos.
- Se pueden empacar en Big Bags como material de contingencia en caso de emergencias ambientales por época de lluvia.

A nivel operativo, las Plantas funcionarán de manera general, de acuerdo al esquema que se presenta en la **Figura 2.2.2-199**. No obstante, la especificidad, de diseño, ubicación, operación, se presentarán en los Planes de Manejo Ambiental Específicos.

**Figura 2.2.2-199 Esquema de funcionamiento de una planta de tratamiento de cortes de perforación**



Fuente: (QmaxSolutions, 2019); adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

#### 2.2.2.5.11.1 Instalaciones de apoyo

Las instalaciones de apoyo serán similares a las descritas en el literal □ **Instalaciones de apoyo** consignado en la Estrategia de Desarrollo **Construcción de nuevas vías** del presente Estudio de Impacto Ambiental.

#### 2.2.2.5.11.2 Volumen estimado de cortes y rellenos

Los volúmenes de material a disponer serán estimados al momento de la realización de la perforación de los diferentes tipos de pozos y serán presentados dentro de los respectivos Planes de Manejo Ambiental Específicos, pero teniendo como premisa no superar las cantidades solicitadas en el presente Estudio de Impacto Ambiental (**Tabla 2.2.2-117**) y cantidades autorizadas en el instrumento ambiental vigente.

#### 2.2.2.5.11.3 Asentamientos humanos e infraestructura social, económica y cultural a intervenir

Las actividades a desarrollar al ser de carácter puntual generan un bajo impulso en el marco social y económico del sector, principalmente en el área adyacente a los Locaciones a intervenir, ya que es necesaria la contratación de mano de obra no profesional requerida para la ejecución de diversas labores asociadas a las actividades asociadas a la ampliación de la infraestructura existente. Es de reseñar que se considera que la contratación del personal por parte del proyecto, en lo posible no afectará el desarrollo normal de las principales actividades económicas del área, las cuales corresponden agroindustria, agricultura tradicional y ganadería.

De igual manera, se recurrirá en el sector a la adquisición de diferentes bienes y servicios, escenario que redundará en un moderado impulso a las actividades de comercialización de diferentes productos principalmente en los diferentes cascos urbanos del área definida para el presente EIA.

Finalmente, dentro del desarrollo de las actividades de Construcción y operación de centro de acopio no se contempla la intervención y afectación de asentamientos humanos, infraestructura social y/o cultural. De otra parte, en lo que respecta al transporte de maquinaria, equipos, personal y materiales de construcción por el corredor vial a utilizar, se tendrán de igual manera las correspondientes medidas de manejo ambiental.

#### 2.2.2.5.11.4 Fuentes de emisiones atmosféricas y ruido

Las fuentes de emisiones atmosféricas y ruido son similares a los descritos dentro de la Estrategia de Desarrollo **Construcción de nuevas vías**, literal  **Fuentes de emisiones atmosféricas y ruido**; que hace parte del presente Estudio de Impacto Ambiental.

#### 2.2.2.5.11.5 Maquinaria y mano de obra

El listado de equipos a emplear en la construcción de un área de acopio y manejo de lodos y cortes de perforación así como los requeridos para la construcción y funcionamiento de una planta para el manejo de cortes de perforación se consigna en la **Tabla 2.2.2-171** a la **Tabla 2.2.2-173**.

**Tabla 2.2.2-171 Estimativo de maquinaria y equipos requeridos para la construcción y operación de áreas para el acopio y manejo de lodos y cortes de perforación**

Personal	Cantidad
Retroexcavadora	2
Bulldócer	1
Volquetas	2

Fuente: MODIFICACIÓN DEL PLAN DE MANEJO AMBIENTAL INTEGRAL –PMAI-DE MARES, Ecopetrol S. A. 2020); adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

**Tabla 2.2.2-172 Estimativo de maquinaria y equipos requerido para las obras civiles a realizar en la construcción de una planta para el manejo de cortes de perforación)**

Maquinaria	Cantidad
Retroexcavadora	2
Vibrocompactador	1
Buldócer	1
Motoniveladora	1
Volquetas	2

Fuente: MODIFICACIÓN DEL PLAN DE MANEJO AMBIENTAL INTEGRAL –PMAI-DE MARES, Ecopetrol S. A. 2020); adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

**Tabla 2.2.2-173 Estimativo de maquinaria y equipos requerido para la operación y mantenimiento de plantas para el manejo de cortes de perforación**

Maquinaria	Cantidad
Retroexcavadora	2
Vibrocompactador	1
Buldócer	1
Motoniveladora	1
Volquetas	2

Fuente: MODIFICACIÓN DEL PLAN DE MANEJO AMBIENTAL INTEGRAL –PMAI-DE MARES, Ecopetrol S. A. 2020); adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

En cuanto a la ejecución de las actividades de obra civil, es necesario contar con mano de obra profesional y por operadores de equipo y maquinaria pesada, conductores y maestros de obra, los cuales se listan en la **Tabla 2.2.2-174** a la **Tabla 2.2.2-176**.

**Tabla 2.2.2-174 Personal estimado para las obras civiles a realizar para la construcción y operación de áreas para el acopio y manejo de lodos y cortes de perforación**

Actividad	Cargo	Cantidad aproximada	Mano de obra
Movimiento de tierras y compactación	Operador retroexcavadora	2	Profesional
	Operador buldócer	1	Profesional
Movilización y acarreo	Conductor volquetas	2	Profesional
	Conductor camionetas	1	Profesional

Nota (\*): El personal indicado es estimado, el número dependerá de los requerimientos propios del proyecto y de la actividad específica que se lleve a cabo. Por tal razón, el personal podrá variar según lo presentado, (ECOPETROL S.A., 2023)

Fuente: MODIFICACIÓN DEL PLAN DE MANEJO AMBIENTAL INTEGRAL –PMAI-DE MARES, Ecopetrol S. A. 2020); adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

**Tabla 2.2.2-175 Personal estimado para la construcción de plantas para el manejo de cortes de perforación**

Actividad	Cargo	Mano de obra
Administración	Director general	Profesional
	Administrador	Profesional
	Almacenista	No Profesional
	Auxiliares	No Profesional
Replanteo y control topográfico	Topógrafo	Profesional
	Cadenero	No Profesional
	Estaquero o ayudante	No Profesional
Construcción de obras civiles en localizaciones	Ingenieros	Profesional
	Inspector (civil y mecánico)	Profesional
	Maestro de obra	Profesional
Construcción de obras civiles en localizaciones	Oficiales	Profesional
	Obreros	No Profesional





**Tabla 2.2.2-178 Duración estimada para la para la construcción, operación y mantenimiento de plantas para el manejo de cortes de perforación**

Ciclo asociado al desarrollo del campo	Actividades	MESES											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Estrategias asociadas a la producción de hidrocarburos	Localización y replanteo												
	Desmante, descapote, rocería y limpieza												
	Cuneteo, extendido, nivelación y compactación												
	Movimiento de tierras (excavación, cortes y rellenos)												
	Obras para manejo de drenajes, aguas superficiales y aguas aceitosas												
	Construcción de estructuras en concreto												
	Estabilización y revegetalización de taludes												
	Construcción de helipuertos												
	Construcción e instalación de estructuras metálicas y/u otros materiales												
	Operación de maquinaria y equipos												

Nota (\*): Tiempos estimados que podrán variar en función de las necesidades y condiciones del proyecto

Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

La construcción y operación de centro de acopio será reportada vía ICA y descontadas de los saldos autorizados en el presente Estudio de Impacto Ambiental.

#### 2.2.2.5.11.7 Desmantelamiento y restauración de áreas intervenidas

El abandono del área implica el retiro de la infraestructura instalada. Una vez realizadas las labores de limpieza, para las áreas cuyo material no vaya a ser reutilizado se procederá a la recuperación del área intervenida mediante su revegetalización y/o reforestación ya sea con siembra de árboles con especies propias de la zona, inducción de la revegetalización natural o serán entregadas a las comunidades aledañas.

Los procedimientos para la recuperación del área intervenida serán los siguientes:

- Retiro de infraestructura instalada.
- Recolección de todos los residuos sólidos y disposición adecuada.
- Restauración morfológica del área de ubicación de los Locaciones.

Se revisarán los drenajes y se asegurará que no estén taponados. En las zonas donde se hayan instalado alcantarillas se evaluará la opción de retirarlas dejando un canal abierto en el lugar donde éstas se encontraban. Estas actividades se presentan de forma detallada en el Capítulo 10 Plan de Desmantelamiento y Abandono, del Estudio de Impacto Ambiental Área de Desarrollo Llanos 141.

#### 2.2.2.5.11.8 Impactos ambientales asociados

Los impactos generados por el desarrollo de estas subactividades se presentan en el Capítulo 5, Evaluación Ambiental, del presente documento.

### 2.2.2.5.12 Entrega y recibo de fluidos (ED21)

Como parte del Plan Nacional de Desarrollo 2018 – 2022 “Pacto por Colombia, Pacto por la Equidad”, el gobierno nacional propende por el fortalecimiento del desarrollo económico, ambiental y social del país, en este caso, a partir de una estrategia de economía circular que se encuentra en línea con los fundamentos del desarrollo sostenible, promoviendo la eficiencia en el uso de materiales, agua y energía, teniendo en cuenta la capacidad de recuperación de los ecosistemas y el uso circular de los flujos de materiales; en este sentido, Ecopetrol S. A: propende por la implementación de Proyectos de Economía Circular que la práctica de actividades menos impactantes y amigables con el entorno; en este sentido, una de estas prácticas corresponde a la optimización de procesos enfocados principalmente en la entrega y/o recibo de fluidos, cortes de perforación, lodos de producción y/o material biorremediado, ya sea al interior del campo o en actividades sinérgicas con otros campos operados por la misma compañía y/o con terceros autorizados

Sin embargo, es de reseñar que el restante de estrategias y sus actividades asociadas se formulan de tal manera que, indirectamente, hacen parte de un compendio general de economía circular. De esta manera y en todos los casos, la empresa busca, en todas sus áreas de negocio, oportunidades para evolucionar en la reincorporación de los bienes y servicios al ciclo económico proyectando lo mejor de su modelo productivo.

El propósito de esta estrategia de desarrollo es incorporar de forma eficiente los diferentes métodos y acciones relacionadas a la entrega y recibo de fluidos desde la infraestructura existente al interior del Área de Desarrollo Llanos 141 a terceros y/o hacia otros campos o infraestructura localizada fuera del área de influencia, considerando para este propósito diferentes medios de entrega utilizando líneas de flujo y/o transporte terrestre.

#### ➤ Cantidades a solicitar en el presente Estudio de Impacto Ambiental

Se solicita la entrega y recibo de fluidos (emulsión, agua, crudo, gas, condensado, diluyentes y/o lodos, agua lluvia, entre otros) tratados y/o sin tratar entre campos, bloques u otro tipo de infraestructura petrolera y/o entrega a terceros autorizados que cuenten con los permisos requeridos, a través de líneas de flujo y/o carro tanques y/u otros vehículos adecuados para el transporte de fluidos. Esta entrega permite crear sinergias con otros campos o bloque y/o con terceros autorizados optimizando procesos relacionados con el transporte, manejo, tratamiento, disposición y/o uso de los fluidos en función de la capacidad y disponibilidad del recepto; incluye la construcción de un sistema de separación y manejo de agua (SSMA) de hasta 25 has; la ubicación de esta facilidad se realizará acorde a la Zonificación de Manejo Ambiental del presente EIA.

**Tabla 2.2.2-179 Entrega y/o recibo de fluidos con otros bloques o campos operados por Ecopetrol S.A. y/o terceros autorizados**

Tipo de actividad	Objeto de la presente solicitud
Entrega y/o recibo de fluidos	Se solicita la entrega y recibo de fluidos (emulsión, agua, crudo, gas, condensado, diluyentes y/o lodos, agua lluvia, entre otros) tratados y/o sin tratar entre campos, bloques u otro tipo de infraestructura petrolera y/o entrega a terceros autorizados que cuenten con los permisos requeridos, a través de líneas de flujo y/o carro tanques y/u otros vehículos adecuados para el transporte de fluidos. Esta entrega permite crear sinergias con otros campos o bloque y/o con terceros autorizados optimizando procesos relacionados con el transporte, manejo, tratamiento, disposición y/o uso de los fluidos en función de la capacidad y disponibilidad del recepto; incluye la construcción de un sistema de separación y manejo de agua (SSMA)

Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

El propósito de contar con esta estrategia es optimizar procesos relacionados con el manejo, tratamiento, disposición y/o uso a los fluidos que se reciban, teniendo en cuenta la capacidad y disponibilidad para hacerlo de forma que, se pueda aprovechar las diferentes facilidades y

estaciones, para el manejo y tratamiento de estos. Con respecto al manejo del agua, este se enmarcará en la estrategia integral del agua y en las iniciativas de Economía Circular de ECOPETROL S.A. de acuerdo con las necesidades de cada operación. Lo anterior en aras de minimizar el impacto sobre el aprovechamiento de los recursos naturales y de promover prácticas de ecoeficiencia

➤ **Acciones a desarrollar**

Las acciones a desarrollar asociadas a la presente estrategia de desarrollo se describen a continuación:

- **Transporte mediante líneas de flujo**

Por este sistema (**Fotografía 2.2.2-21**) se transportarán diferentes tipos de fluidos (emulsión, agua, crudo, gas, condensado, diluyentes y/o lodos, entre otros) desde / hacia las plataformas, plantas, estaciones y otras facilidades para su procesamiento, almacenamiento y posterior entrega; ya sea a líneas de conducción nuevamente, hacia plataformas o sistemas de conducción regionales (i.e: oleoductos, gasoductos, nafta ductos, poliductos, etc.) y/o para ser entregado a carro tanques. La actividad se encuentra enmarcada en la Estrategia de desarrollo 4. Adecuación, Operación y Mantenimiento de Infraestructura Petrolera y Estrategia de desarrollo 9. Construcción de líneas de flujo.

**Fotografía 2.2.2-21 Transporte de fluidos por medio de líneas de flujo (aérea, sobre marco H)**



*Fuente: Concol by WSP, 2020; adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)*

- **Transporte terrestre**

Este tipo de transporte se hace a través de carrotanques (**Fotografía 2.2.2-22**), y/u otros vehículos adecuados para el transporte de fluidos, y tiene como ventaja, que no necesita de instalaciones especiales para la operación, ya que se puede realizar en cada una de las plataformas y demás facilidades mediante el uso de bombas y un sistema de almacenamiento con su respectivo sistema de control ante posibles contingencias como derrames o incendios.

Los vehículos para transporte deberán cumplir con la normativa vigente, así como lo establecido en las fichas de manejo del Capítulo 7 correspondientes a 7.1 Plan de Manejo Ambiental – Medio Abiótico.

Fotografía 2.2.2-22 Transporte de fluidos en carrotanque

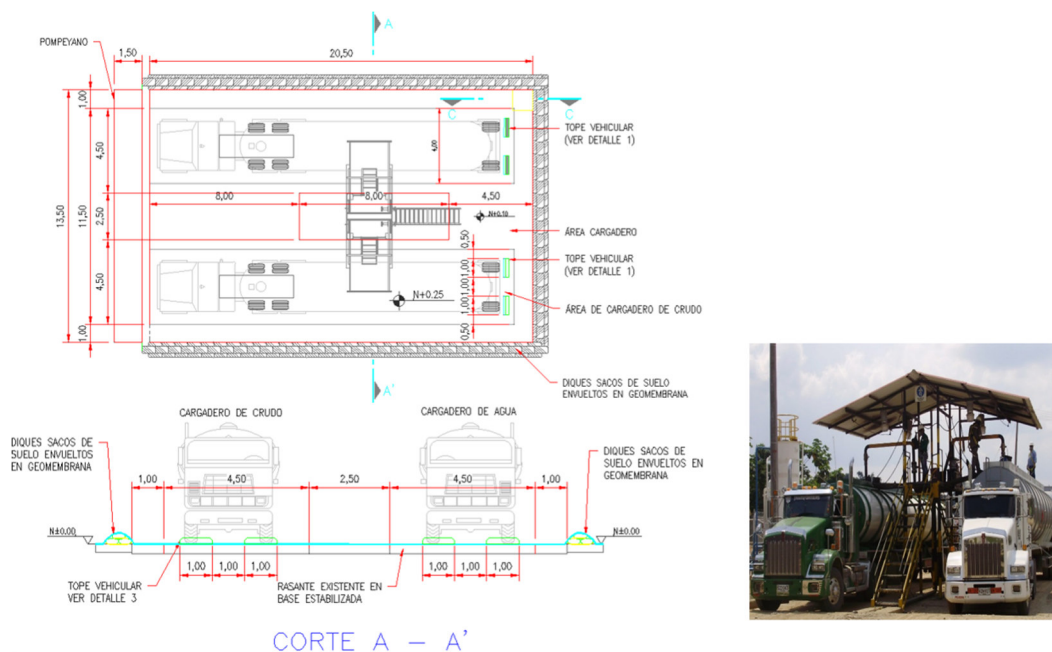


Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

- **Cargaderos / descargaderos**

Los cargaderos / descargaderos corresponden con la infraestructura adecuada para el recibo y/o despacho de fluido a través de carrotanques y contará con elementos conexos como son (sin ser los únicos): tanques de almacenamiento (de aproximadamente 500 barriles), equipos de bombeo, contenedores de oficinas, generador de energía eléctrica, estructura de bahía de cargue, conexiones rígidas, paquete de inyección de químicos, equipos de seguridad y control de emergencias, equipo de control de derrames, sistemas de puesta a tierra, sistemas contra incendio, sistemas de medición y liquidación manual de entregas, entre otros. Estará dotado de las conexiones necesarias a carrotanques permitiendo el cargue simultaneo. Contendrá una placa de piso en concreto, cárcamos perimetrales y cajas que permiten el drenaje en caso de derrames pequeños y aguas lluvias (Figura 2.2.2-200).

Figura 2.2.2-200 Diseño tipo para cargadero y descargadero



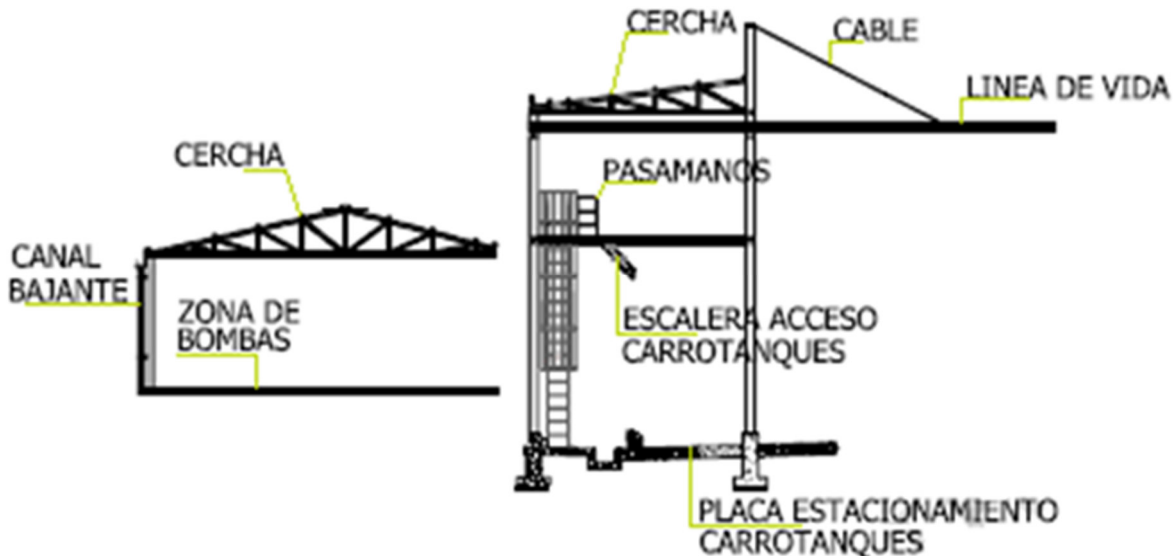
Fuente: Anexo 2. Descripción del proyecto / 4 5.CIVIL / ECP-ULL-LLANOS141-IP01-0-CI-PL-001-D1; Adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)



La cimentación de los cargaderos / descargaderos se diseñará de acuerdo con las especificaciones de las Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente NSR-10; la estructura metálica estará conformada por columnas y cerchas cuyo diseño contemplará la distribución geométrica de las bahías, así como las alturas requeridas por las actividades de la operación de descargue. Se diseñará también una placa en concreto reforzado para el estacionamiento de carrotanques que permita confinar las aguas aceitosas y pequeños derrames provenientes de la operación de descargue y la conducción de las mismas a la red.

Para este tipo de infraestructura se estima un área de intervención de 0.4 ha tanto para cargaderos como para descargaderos (por cada uno), es de señalar que este tipo de infraestructura se contempla para cada una de las Locaciones a construir (10), al igual que uno al interior de cada Facilidad Satélite (2). En la **Figura 2.2.2-201** se presenta el esquema estructural tipo para esta clase de infraestructura.

**Figura 2.2.2-201 Configuración estructural tipo para cargadero y descargadero**

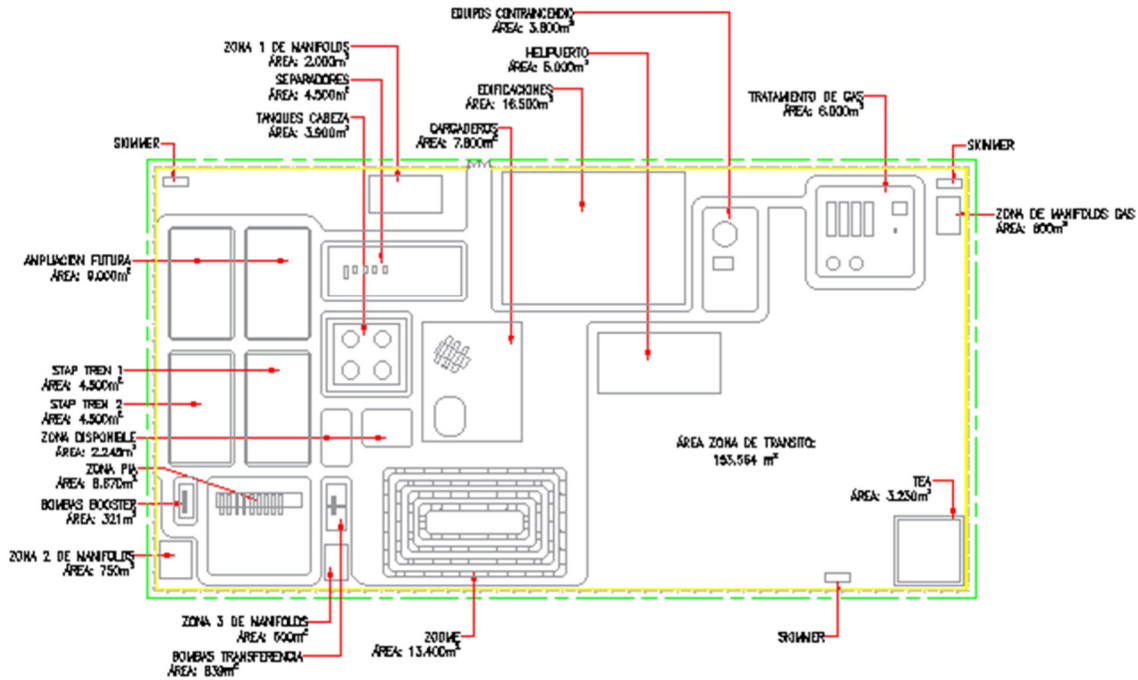


Fuente: ECOPETROL S.A., 2023; adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

- **Sistema de separación y manejo de agua (SSMA)**

El tratamiento de agua y la inyección de esta en el Área de Producción Llanos-141 y enviar el crudo y el gas a través de una troncal hasta la estación Apiay para su tratamiento y manejo, para lo cual se debe disponer de una zona de separación, manejo de agua e inyección; en este orden de ideas, se contempla la construcción de este tipo de facilidad como complemento para la separación y manejo de aguas en el contexto en que se decida realizar la entrega y manejo de fluidos fuera del Área de Desarrollo Llanos 141 y aprovechar la infraestructura existente en el Campo Apiay. A continuación, en la **Figura 2.2.2-202** se aprecia el diseño tipo de esta facilidad.

Figura 2.2.2-202 Diseño tipo Sistema de separación y manejo de agua (SSMA)



SISTEMA DE SEPARACIÓN Y MANEJO DE AGUA – ALTERNATIVA 3  
ESCALA 1:5000

ÁREAS FACILIDADES		ÁREA TEA	3.230m <sup>2</sup>
ÁREA AMPLIACIÓN FUTURA	9.000m <sup>2</sup>	ÁREA TRATAMIENTO DE GAS	6.000m <sup>2</sup>
ÁREA DE STAP TREN 1	4.500m <sup>2</sup>	ÁREA EQUIPOS CONTRINCENDIOS	3.800m <sup>2</sup>
ÁREA DE STAP TREN 2	4.500m <sup>2</sup>	ÁREA HELIPUERTO	5.000m <sup>2</sup>
ÁREA BOMBAS BOOSTER	321m <sup>2</sup>	ÁREA EDIFICACIONES	16.500m <sup>2</sup>
ÁREA BOMBAS TRANSFERENCIA	639m <sup>2</sup>	ÁREA DE CARGADEROS	7.800m <sup>2</sup>
ÁREA BOMBAS PIA	6.670m <sup>2</sup>	ÁREA SEPARADORES	4.500m <sup>2</sup>
ZONA 1 DE MANIFOLDS	2.000m <sup>2</sup>	ÁREA TANQUES CABEZA	3.900m <sup>2</sup>
ZONA 2 DE MANIFOLDS	750m <sup>2</sup>	ÁREA ZODME	13.400m <sup>2</sup>
ZONA 3 DE MANIFOLDS	600m <sup>2</sup>	ÁREA SKIMMER (SON 3)	481m <sup>2</sup>
ZONA DE MANIFOLDS GAS	600m <sup>2</sup>	ÁREA ZONA DE TRANSITO	153.564m <sup>2</sup>
ÁREA ZONA DISPONIBLE	2.245m <sup>2</sup>	ÁREA TOTAL	250.000m <sup>2</sup>

Fuente: Anexo 2. Descripción del proyecto / 4.5.CIVIL / ECP-ULL-LLANOS141-IP01-0-CI-PL-001-D1; Adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

Los procesos a realizar en esta facilidad se resumen a continuación. Los fluidos de producción (crudo, gas y agua) de los diferentes pozos productores distribuidos en las locaciones ubicadas en LL-141 serán llevados a las facilidades para separación primaria de agua como se observa en la **Figura 2.2.2-202**, a través de una línea principal con una distancia aproximada de 0,11 km, posteriormente mediante bombeo el crudo con agua se envía a las facilidades existentes en Apiay.

Los fluidos ingresan al manifold de recolección ubicado en las facilidades para manejo de agua y se distribuye a los siguientes sistemas:

- Separación primaria donde el fluido se divide en tres (3) corrientes agua, crudo y gas y va a cada uno de los sistemas.
- Sistema de tratamiento de agua de producción con tanque de almacenamiento de agua.
- Sistema de inyección de agua a los pozos inyectoros ubicados en el área compuesto por bombas booster y principales.

Para el manejo del gas se tienen las siguientes alternativas para su manejo:

- Autogeneración.

Adicionalmente se cuenta con sistemas auxiliares:

- Tea para manejo del gas proveniente de los tanques.
- Sistema de aire para instrumentos en industrial.

En lo referente a los sistemas existentes en el Campo Apiay que recibirán los fluidos producidos en el Área de Producción Llanos-141, se tiene:

- Tanques gun barrel
- Tanques de almacenamiento de crudo
- Sistemas de transferencia de crudo
- Sistema de bombeo de transferencia de agua desde el tanque de lavado hacia las facilidades de manejo de agua en LL-141 en baja presión.
- Sistema de tratamiento de gas

Así las cosas, en el SSMA ubicado en el Área de Producción Llanos-141 se realizará una separación primaria del agua, crudo y gas, como se observa en la Figura 35 mediante cuatro (4) separadores trifásicos con capacidad de 55,000 BFPD, donde el crudo con un BSW del 30% será transferido a las facilidades existentes en Apiay. La corriente de agua de producción ingresará a cuatro (4) tanques de lavado para retiro del crudo y luego se direcciona a los dos (2) trenes de tratamiento de agua de acuerdo con los parámetros requeridos para inyección donde mediante un sistema de inyección de agua booster – principal compuesto por nueve (9) bombas booster y nueve (9) bombas principales con capacidad de 20,000 BWPD por bomba y presión de descarga de 3,167 psig.

Para la corriente de gas, se propone enfriarlo y realizar una separación de condensados para posterior transferencia a comunidades mediante un (1) compresor, generación de hidrógeno o transferencia a las facilidades en Apiay para manejo en las facilidades existentes. En las facilidades existentes en Apiay se utilizará los Gun Barrel, tanques de almacenamiento y sistema de transferencia de crudo al oleoducto Porvenir.

#### ➤ **Asentamientos humanos e infraestructura social, económica y cultural a intervenir**

Las actividades a desarrollar al ser de carácter puntual generan un bajo impulso en el marco social y económico del sector, principalmente en el área adyacente a las destinadas para la construcción de Instalaciones de Apoyo, ya que es necesaria la contratación de mano de obra no profesional requerida para la ejecución de diversas actividades asociadas a esta estrategia. Es de reseñar que se considera que la contratación del personal por parte del proyecto, en lo posible no afectará el desarrollo normal de las principales actividades económicas del área, las cuales corresponden agroindustria, agricultura tradicional y ganadería.

De igual manera, se recurrirá en el sector a la adquisición de diferentes bienes y servicios, escenario que redundará en un moderado impulso a las actividades de comercialización de diferentes productos principalmente en los diferentes cascos urbanos del área definida para el presente EIA. Finalmente, dentro del desarrollo de las actividades no se contempla la intervención y afectación de asentamientos humanos, infraestructura social y/o cultural. De otra parte, en lo que respecta al transporte de maquinaria, equipos, personal y materiales de construcción, se tendrán de igual manera las correspondientes medidas de manejo ambiental.

➤ **Fuentes de emisiones atmosféricas y ruido**

Las fuentes de emisiones atmosféricas y ruido son similares a los descritos dentro de la Estrategia de Desarrollo **Construcción de nuevas vías**, literal **Fuentes de emisiones atmosféricas y ruido**; que hace parte del presente Estudio de Impacto Ambiental. El tránsito vehicular genera la emisión de partículas al ambiente (material particulado) y gases (CO, SOx, NOx), los cuales se asocian al uso de combustibles fósiles para los motores de combustión interna; adicionalmente, se pueden generar emisiones de hidrocarburos por la evaporación durante el proceso de carga de combustibles, los cuales se minimizan con la implementación de sistemas que disminuyen la pérdida de hidrocarburos, por evaporación. Los compresores, bombas o equipos empleados para el cargue de combustibles, así como el proceso de estacionamiento y puesta en marcha de vehículos, genera ruido que podría trascender a los espacios colindantes, sin embargo, la optimización y mantenimiento de equipos, así como técnicas de conducción y manejo seguro minimizan esta generación de ruido.

➤ **Maquinaria y mano de obra**

El listado de equipos estimados para emplear en la entrega de fluidos se consigna en la **Tabla 2.2.2-180**.

**Tabla 2.2.2-180 Estimativo de maquinaria y equipos requerido**

Maquinaria y equipos	Cantidad
Carrotanque/volqueta	1
Tracto camión	1
Bomba de recibo	1
Bomba de despacho	1
Medidor de volumen (contador de barriles)	1 por bomba
Tanques	1 para recibo, 1 para despacho

Fuente: ECOPETROL S.A., 2023; adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

En la **Tabla 2.2.2-181** se relaciona el personal estimado para la entrega y recibo de fluidos. La cantidad de personal es estimada y podría variar según las necesidades del proyecto o por imprevistos en el desarrollo de las obras o variación de las condiciones del entorno, entre otros casos

**Tabla 2.2.2-181 Personal requerido para la entrega y recibo de fluidos**

Actividad	Cargo	Cantidad	Mano de obra
Operación	Operario estación	1	Profesional
Movilización y acarreo	Conductor vehículo	1	Profesional

Nota (\*): El personal indicado es estimado, el número dependerá de los requerimientos propios del proyecto y de la actividad específica que se lleve a cabo. Por tal razón, el personal podrá variar según lo presentado, (ECOPETROL S.A., 2023)

Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

➤ **Duración de la actividad**

El cronograma general presentado reúne las diferentes estrategias de desarrollo contempladas para el Área de Desarrollo Llanos 141, corresponde a una proyección de tiempos estimados de ejecución de las mismas y puede presentar variaciones en función del desarrollo de las diferentes actividades

a ejecutar, así las cosas, es de señalar que en función de los resultados obtenidos y tiempos de duración de las pruebas de producción realizadas en la fase de exploración, este cronograma puede ser ajustado en aras de dar inicio paralelo a la implementación de las estrategias de desarrollo asociadas a la operación y producción definidas para el Área de Desarrollo y que se encuentran contempladas en el presente EIA.

A continuación, en la **Tabla 2.2.2-182** se presenta las fases de desarrollo del campo en las que se contempla la entrega y/o recibo de fluidos con otros bloques o campos operados por Ecopetrol S.A. y/o terceros autorizados.

**Tabla 2.2.2-182 Fases de desarrollo del campo en donde se contempla la Entrega y/o recibo de fluidos con otros bloques o campos operados por Ecopetrol S.A. y/o terceros autorizados**

ID	ESTRATEGIA DE DESARROLLO	CICLO ASOCIADO AL DESARROLLO DEL CAMPO	ED	ESTRATEGIAS DE DESARROLLO	CANTIDADES A SOLICITAR	CANTIDADES PROYECTADAS POR FASE	0		1											
							EXPLORACIÓN				DESARROLLO - PRODUCCIÓN									
							AÑOS													
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15						
5	Facilidades de producción	Estrategias asociadas a la producción de hidrocarburos	ED21	Entrega y recibo de fluidos																

Fuente: ECOPETROL S.A., 2023; adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

➤ **Desmantelamiento y restauración de áreas intervenidas**

La actividad al ser de tipo operativa no contempla actividades de desmantelamiento o restauración de áreas intervenidas.

➤ **Impactos ambientales asociados**

Los impactos generados por el desarrollo de estas subactividades se presentan en el Capítulo 5, Evaluación Ambiental, del presente documento.

**2.2.2.5.13 Entrega y recibos de cortes y lodos de perforación (ED22)**

El propósito de esta actividad es generar sinergias con otros campos o bloques aledaños o donde se pueda contar con un tercero autorizado para la recolección, transporte y disposición final, procesos que se podrán realizar a:

- Entregar a terceros autorizados.
- Entregar a campos operados por Ecopetrol que cuenten con tecnologías de manejo y gestión de cortes (secado).
- Implementar estrategias de secado de cortes, dentro del campo a licenciar, como son secador de llama directa, secador vertical, secador de vacío u otras tecnologías que surjan posteriormente y que mejoren eficiencia con un manejo sostenible de los cortes.

**2.2.2.5.13.1 Cantidades a solicitar en el presente Estudio de Impacto Ambiental**

En la **Tabla 2.2.2-183** se consigna el alcance de la solicitud asociada a esta estrategia de desarrollo



**Tabla 2.2.2-183 Entrega y/o recibo de cortes de perforación, lodos de producción y/o material biorremediado con otros bloques o campos operados por Ecopetrol S.A**

Tipo de actividad	Objeto de la presente solicitud
Entrega y recibos de cortes y lodos de perforación	<p>Como optimización de procesos donde se generen sinergias con otros campos o bloques aledaños o donde se pueda contar con un tercero autorizado para la recolección, transporte y disposición final, procesos que se podrán realizar a:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Entregar a terceros autorizados.</li> <li>2. Entregar a campos operados por Ecopetrol que cuenten con tecnologías de manejo y gestión de cortes (secado).</li> <li>3. Implementar estrategias de secado de cortes, dentro del campo a licenciar, como son secador de llama directa, secador vertical, secador de vacío u otras tecnologías que surjan posteriormente y que mejoren eficiencia con un manejo sostenible de los cortes.</li> </ol>

Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

### 2.2.2.5.13.2 Acciones a desarrollar

Los cortes de perforación a disponer son materiales que previamente han sido tratados y estabilizados y a los cuales, mediante un laboratorio acreditado se les realizan monitoreos para verificar que son inocuos y cumplen con la normatividad relacionada. El manejo en general que se realiza a los cortes de perforación incluye cuatro fases.

#### ➤ Generación de los cortes en cada Locación

Los cortes base agua generados en Área de Desarrollo Llanos 141 son producto del descarte del sistema de control de sólidos, proceso de dewatering, hueco; a continuación, se describen cada uno de los procesos.

- Cortes producidos por el hueco: Son todos los sólidos base agua y/o base aceite que se producen durante la perforación de las formaciones por la acción de la broca, herramientas y/o actividades desarrolladas dentro del hueco.
- Sólidos descartados por el sistema de control de sólidos: Son todos los sólidos separados del fluido de perforación por los equipos de control de sólidos primario (zarandas, desander, desilter, mud cleaner) y secundarios (centrífugas, floculación selectiva).
- Cortes producidos en el proceso de Dewatering: Son los sólidos generados durante el proceso de deshidratación del lodo.

La separación mecánica de las fases líquida y sólida se realiza por medio de una centrifuga decantadora la cual es alimentada por un lodo que fue sometido a la adición de productos químicos que garantizan que al momento de llegar a la centrifuga este lodo se encuentra totalmente floculado y hacer que el proceso de separación de fases liquido-sólida se realice en el equipo.

La capacidad de la unidad de Dewatering depende del contenido de sólidos y de la viscosidad del desecho a tratar, pero en promedio se procesan 1000 bbbls por día en la unidad en cada frente de trabajo, la unidad entrega el underflow con una humedad entre el 50% y el 60% lo cual lo convierte en el sistema más rápido de separación de las fases líquida y sólida del lodo de perforación.

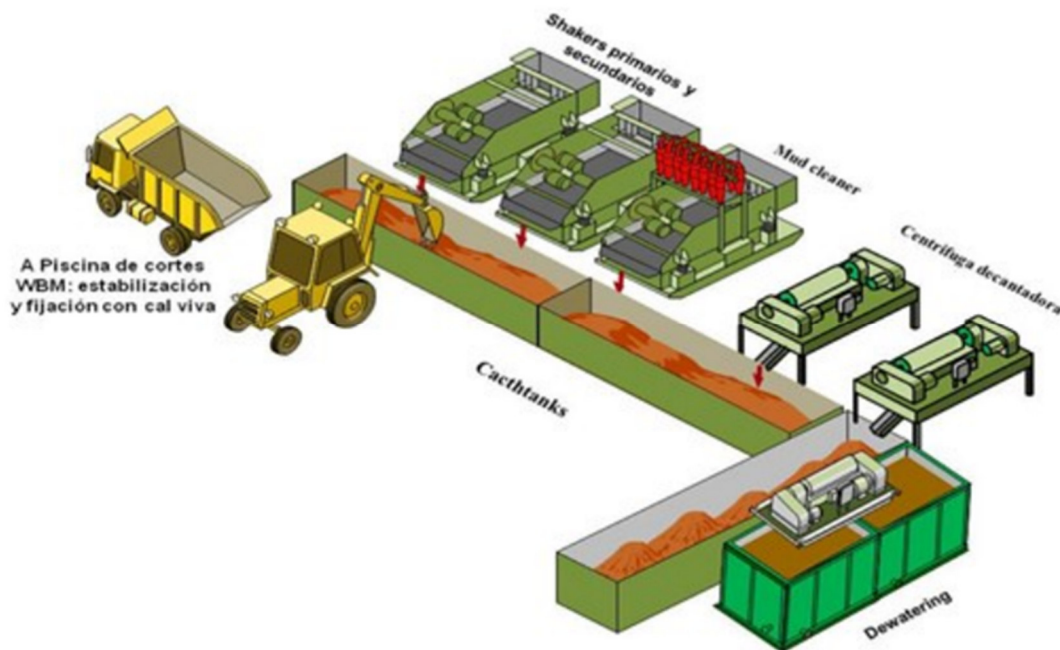
#### ➤ Tratamiento primario en cada plataforma

La mezcla de cortes y lodo retorna a superficie y pasa a través de un equipo de separación primaria conocido como zaranda donde, por medio de un tamiz o malla, se separan los sólidos de perforación de mayor tamaño, limpiando el fluido de perforación que se esté usando.

Los sólidos de menor tamaño o finos que logran pasar a través de las mallas de las zarandas primarias y que continúan mezclados con el lodo son separados posteriormente por un equipo conocido como limpiador de lodo, el cual es una combinación de hidrociclones (D-sander y D-silter) con una zaranda a la cual se le instala una malla más fina que la utilizada en la primera fase de separación. El fluido pasa por un tratamiento mecánico para remover los sólidos de tamaño entre 5 y 70 micras que no han sido removidos ni por las zarandas ni por el limpiador de lodo, retornando nuevamente el lodo a los tanques de succión para que a través de las centrifugas decantadoras retiren del fluido los sólidos no deseados; las centrifugas decantadoras son recipientes de forma cónica o tazón, rotando sobre su eje, con un tornillo sin fin ubicado en su interior y que gira en la misma dirección, generando una velocidad diferencial respecto al mismo entre 18 y 90 rpm. La velocidad diferencial permite el transporte de los sólidos por las paredes del tazón, en donde los sólidos han sido decantados por la fuerza centrífuga.

Los cortes tratados son almacenados en un primer catch tank de zaranda con capacidad de 250 bbls, y en un segundo catch tank de centrifugas con capacidad de 250 bbl, posteriormente son cargados en volquetas selladas, para transportarlos hacia la zona de tratamiento de cortes de perforación (Terrazas de secado) para estabilización con material de mezcla. En la **Figura 2.2.2-203** se muestra un esquema general de este proceso.

**Figura 2.2.2-203 Esquema general del tratamiento primario de los cortes de perforación en cada Locación**



Fuente: ECOPETROL S.A., 2020; adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

➤ **Transporte, estabilización y monitoreo en la zona de terrazas de estabilización**

Una vez generados los cortes y realizado su tratamiento primario en cada Locación, donde se garantiza la menor humedad posible en los cortes, se procede a realizar el cargue por medio de retroexcavadora en volquetas, para transportarlos hacia la zona de estabilización y/o almacenamiento temporal de los cortes de perforación, ubicada en la zona de terrazas de secado, donde se ingresan al proceso de secados de cortes.

Todos los cortes provenientes de los catch tank son cargados por medio de retro cargador en volquetas sencilla sellada de 35 bbls, para evitar derrame del fluido durante el transporte hacia piscinas de mezcla, donde se combinan con material nativo, con el fin de lograr estabilizar parámetros de humedad, pH y demás. Posteriormente se llevarán a terrazas de secado donde se ubican las instalaciones y equipos para la estabilización de los cortes

➤ **Nuevas tecnologías posibles a implementar**

**a. Sistema de secado de cortes Q Drying Kiln.**

Durante la perforación de pozos para la industria del petróleo, en el proceso de separación mecánica de los cortes producidos por el pozo se presenta una humectación muy alta de los sólidos generando unas pérdidas importantes de lodo y una mayor dificultad para la disposición final de dichos cortes, adicionalmente esto genera una mayor cantidad de volumen de desechos a entregar y como consecuencia un mayor costo de tratamiento.

Los objetivos que se buscan con esta tecnología son:

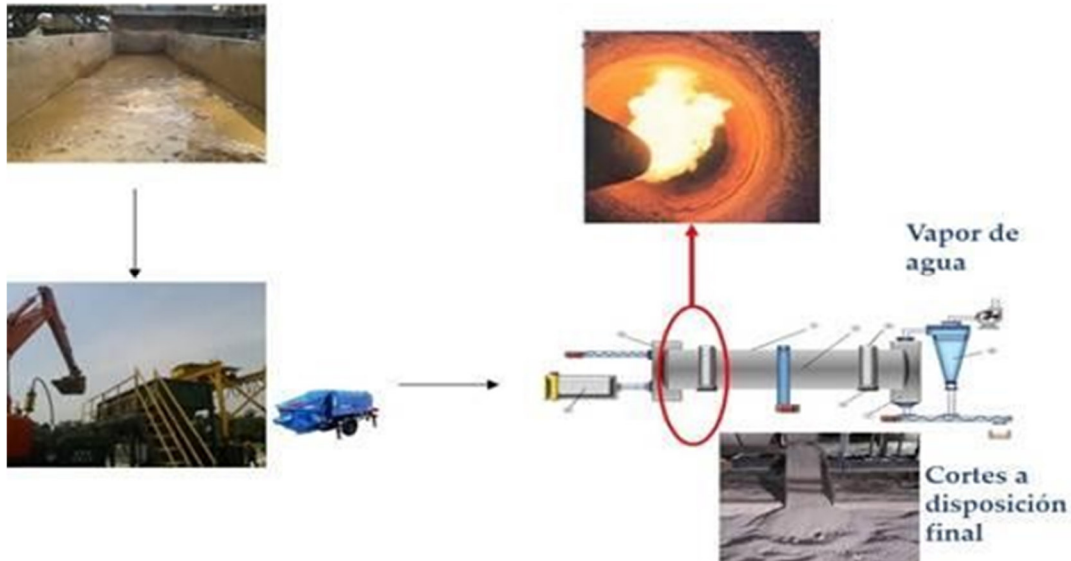
- Eliminar el uso de material nativo para la mezcla 1:1 con corte fresco.
- Eliminar el uso de cal viva como agente secante.
- Reducir en 75% las áreas requeridas para la disposición final de cortes tratados.
- Reducir en un 60% de la fase líquida en los cortes.
- Cumplimiento del 100% de la legislación ambiental vigente en materia de suelos.
- Cumplimiento del 100% de la legislación ambiental vigente en materia de aire.
- Reducir en 75% los viajes de volqueta a la zona de disposición final de cortes.

El equipo a utilizar es de alta confiabilidad, con alta capacidad de proceso y una reducción de la fase líquida en los cortes hasta del 50%, es decir si se recibe un corte con un porcentaje volumétrico del 60% en la fase líquida, después del proceso Q DRILING KILN se obtendría un corte con un porcentaje en volumen de la fase líquida hasta del 10%.

El proceso de deshidratación de cortes mediante el Q Drying Kiln tiene varios sistemas los cuales comprenden:

- Transferencia de cortes
- Calentamiento
- Tratamiento de gases
- Alimentación y descarga
- Control y medida

Figura 2.2.2-204 Diagrama del proceso



Fuente: ECOPETROL S.A., 2023; adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

A continuación, se presenta una descripción de los sistemas referidos anteriormente.

- **Transferencia de cortes**

Los cortes producidos por el hueco y separados por el equipo de control de sólidos son almacenados en catch tanks destinados para este propósito.

Mediante el uso de la retroexcavadora se transfieren estos cortes almacenados hacia la bomba de transferencia de cortes del Q Drying kiln, cuya función principal es transferir los cortes hacia el sistema de calentamiento del Q drying Kiln.

La bomba de transferencia es un equipo diseñado para mover partículas hasta de 1.5 pulgadas de diámetro con capacidad de bombeo de 40 m<sup>3</sup>/hr y 1200 psi (**Fotografía 2.2.2-23**).

**Fotografía 2.2.2-23 Sistema de alimentación: tolva, Bomba de transferencia de cortes y manguera**

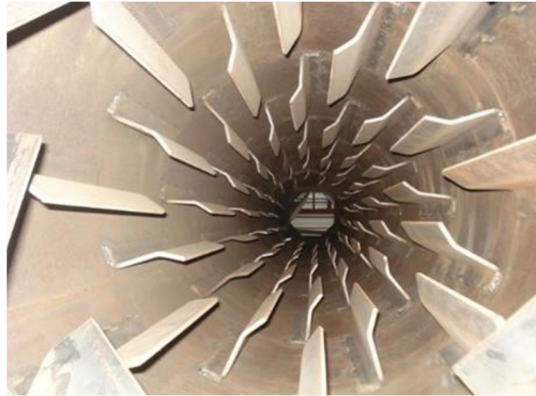


Fuente: ECOPETROL S.A., 2023; adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

- **Sistema de calentamiento de cortes**

Los cortes transferidos por la bomba son recibidos en el cilindro giratorio donde son sometidos a llama directa con el fin de incrementar la temperatura y alcanzar el punto de ebullición del agua, produciendo una deshidratación del corte y por ende su reducción en volumen y humedad. El tiempo de residencia del corte en el horno depende de la humedad y el volumen de cortes alimentados. La capacidad de procesamiento del equipo es de hasta 25 bph con una humedad del corte en fase líquida del 80% en volumen.

**Fotografía 2.2.2-24 Sistema de transporte de cilindro rotatorio**



*Fuente: ECOPETROL S.A., 2023; adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)*

Este sistema está compuesto por un cilindro (**Fotografía 2.2.2-24**) que cuenta con un diseño interior especial para facilitar el transporte del corte hacia su extremo final donde ocurre la descarga del corte seco y un quemador (**Fotografía 2.2.2-25**).

**Fotografía 2.2.2-25 Quemador y válvulas de control**



*Fuente: ECOPETROL S.A., 2023; adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)*

- **Tratamiento de gases**

Para garantizar la emisión de gases en el proceso el sistema cuenta con dos medidas de control:



❖ Hidrociclón

Se utiliza para remover las partículas sólidas que puedan existir en el sistema de evacuación de gases. Las partículas sólidas de mayor tamaño debido a la fuerza ejercida en el hidrociclón son precipitadas y descargadas por la parte inferior del mismo (**Fotografía 2.2.2-26**).

**Fotografía 2.2.2-26 Hidrociclón**



Fuente: ECOPETROL S.A., 2023; adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

❖ Tratamiento de vapor

Circuito cerrado de recirculación para reducir los componentes SO<sub>x</sub>, CO<sub>x</sub> y NO<sub>x</sub> generados por los gases de combustión y vapores productos de la ebullición del agua (**Fotografía 2.2.2-27**).

**Fotografía 2.2.2-27 Equipo para tratamiento de vapor**



Fuente: ECOPETROL S.A., 2023; adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

❖ Sistema de filtrado

Consta de una serie de mangas para reducir el material particulado en las emisiones. Las mangas son aditamentos utilizados para la separación solido-gas mediante un medio poroso. Su objetivo es

eliminar las partículas sólidas que arrastra una corriente gaseosa haciéndola pasar a través de un tejido. Las mangas son de forma tubular y se encuentran suspendidas en una especie de armadura (Fotografía 2.2.2-28).

**Fotografía 2.2.2-28 Sistema de filtrado**



Fuente: ECOPETROL S.A., 2023; adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

❖ Alimentación y descarga

Consta de una tolva de almacenamiento de cortes, un tornillo de alimentación y uno de descarga.

❖ Control y medida

Este sistema es donde se controlan todas las variables del proceso mediante este sistema se garantiza la eficiencia del proceso y se obtiene la deshidratación deseada en los cortes. Mediante este sistema se pueden variar las tasas de alimentación de cortes, temperatura del proceso, velocidad de desplazamiento de los cortes, calidad de las emisiones, volumen de combustible de alimentación del quemador etc. Este sistema tiene los siguientes componentes:

- Variador electrónico del tornillo de alimentación.
- Variador para regular la velocidad de rotación del cilindro
- Variador para definir la cantidad de combustible de entrada al quemador y regular la temperatura del cilindro.
- Sistema de lectura de temperatura de los vapores.
- Variador para cambiar la capacidad de vacío del sistema

Finalmente, los cortes deshidratados mediante el sistema de calentamiento son removidos del cilindro y almacenados temporalmente (catch tank de 90 bbl) para luego ser cargados y enviados a su sitio de disposición final. En la **Fotografía 2.2.2-29** se puede observar la apariencia de los cortes previo al tratado en el proceso Q-DRYING-KILN mientras en la **Fotografía 2.2.2-30** se presenta la apariencia de los cortes una vez tratados mediante el proceso de deshidratación Q-DRYING-KILN

**Fotografía 2.2.2-29 Apariencia de los cortes previo al tratado en el proceso Q-DRYING-KILN**



Fuente: ECOPETROL S.A., 2023; adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

**Fotografía 2.2.2-30 Apariencia de los cortes una vez tratados mediante el proceso de deshidratación Q-DRYING-KILN**



Fuente: ECOPETROL S.A., 2023; adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

❖ Ventajas

- Una reducción de la fase líquida en los cortes hasta del 60%.
- Disminución de volumen de cortes a disponer hasta en un 30% en volumen.
- Disminución de viajes de cortes hasta el sitio de disposición final hasta un 30%
- Reducción del área de disposición final superior al 50% (piscinas, ZODME, terceros)
- Eliminación del uso de material de secado de cortes
- Cumplimiento de todas las normas ambientales vigentes

❖ Verificación de humedad

Periódicamente el laboratorio externo, toma muestras de los cortes estabilizados pozo por pozo para medir parámetros y verificar cumplimiento de la Norma Louisiana 29B. Se considera importante aclarar que en la perforación de los pozos, se utilizan lodos base agua, razón por la cual se descarta la presencia de elementos peligrosos, como metales pesados o hidrocarburos, se realizan monitoreos de los cortes estabilizados por parte de un laboratorio externo, para descartar una

eventual contaminación debido a dichos metales o TPHs; los parámetros de norma que definirán si los cortes se encuentran en condiciones para la disposición, son los establecidos por la Norma Louisiana 29B. En la **Tabla 2.2.2-184** se presentan los parámetros objeto de monitoreo de los cortes

**Tabla 2.2.2-184 Parámetros Objeto de Monitoreo en Cortes de Perforación**

Parámetro	Límite máximo permisible	
pH	6 – 9	Unid.
Arsénico	10	ppm
Bario	20.000	ppm
Cadmio	10	ppm
Cromo	500	ppm
Mercurio	10	ppm
Plomo	500	ppm
Plata	200	ppm
Selenio	10	ppm
Zinc	500	ppm
Grasas y aceites	< 1	% (peso seco)
Conductividad eléctrica	< 4	Mmhos/cm
Relación de adsorción de sodio (RAS)	< 12	
Porcentaje de sodio intercambiable	< 15	%
Contenido de humedad	< 50	%

Fuente: Norma 29B del Estado de Louisiana, Estados Unidos de América (Sep., 1999); adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

A diario se realiza control ambiental, mediante verificación con retorta para medir el porcentaje de humedad en la mezcla ya estabilizada, para así poder dar vía libre al traslado del material, a la zona escogida para recuperar y revegetalizar, al igual que monitoreos donde se mide el pH y conductividad. De igual forma una vez al mes, se hace un contra muestreo por parte del delegado por Ecopetrol.

### 2.2.2.5.13.3 Asentamientos humanos e infraestructura social, económica y cultural a intervenir

Las actividades a desarrollar al ser de carácter puntual generan un bajo impulso en el marco social y económico del sector, principalmente en el área adyacente a las destinadas para la construcción de la infraestructura necesaria para esta Estrategia de Desarrollo, ya que es necesaria la contratación de una moderada cantidad de mano de obra no profesional requerida para la ejecución de diversas actividades.

Es de reseñar que se considera que la contratación del personal por parte del proyecto, en lo posible no afectará el desarrollo normal de las principales actividades económicas del área, las cuales corresponden agroindustria, agricultura tradicional y ganadería.

De igual manera, se recurrirá en el sector a la adquisición de diferentes bienes y servicios, escenario que redundará en un moderado impulso a las actividades de comercialización de diferentes productos principalmente en los diferentes cascos urbanos del área definida para el presente EIA.

Finalmente, dentro del desarrollo de las actividades no se contempla la intervención y afectación de asentamientos humanos, infraestructura social y/o cultural. De otra parte, en lo que respecta al transporte de maquinaria, equipos, personal y materiales de construcción, se tendrán de igual manera las correspondientes medidas de manejo ambiental.

#### 2.2.2.5.13.4 Fuentes de emisiones atmosféricas y ruido

Las fuentes de emisiones atmosféricas y ruido son similares a los descritos dentro de la Estrategia de Desarrollo **Construcción de nuevas vías**, literal  **Fuentes de emisiones atmosféricas y ruido**; que hace parte del presente Estudio de Impacto Ambiental.

El tránsito vehicular genera la emisión de partículas al ambiente (material particulado) y gases (CO, SOx, NOx), los cuales se asocian al uso de combustibles fósiles para los motores de combustión interna; adicionalmente, se pueden generar emisiones de hidrocarburos por la evaporación durante el proceso de carga de combustibles, los cuales se minimizan con la implementación de sistemas que disminuyen la pérdida de hidrocarburos, por evaporación.

Los equipos empleados para esta estrategia aunado a la maquinaria y vehículos generan ruido que podría trascender a los espacios colindantes, sin embargo, la optimización y mantenimiento de equipos, así como técnicas de conducción y manejo seguro minimizan esta generación de ruido.

#### 2.2.2.5.13.5 Maquinaria y mano de obra

El listado de equipos estimados para emplear en la entrega de fluidos se consigna en la **Tabla 2.2.2-185**.

**Tabla 2.2.2-185 Estimativo de maquinaria y equipos requerido**

Maquinaria	Cantidad
Retroexcavadora	2
Vibrocompactador	1
Buldócer	1
Motoniveladora	1
Volquetas	2

Fuente: ECOPETROL S.A., 2023; adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

En la **Tabla 2.2.2-186** se relaciona el personal estimado para la entrega y recibo de fluidos. La cantidad de personal es estimada y podría variar según las necesidades del proyecto o por imprevistos en el desarrollo de las obras o variación de las condiciones del entorno, entre otros casos.

**Tabla 2.2.2-186 Personal requerido para la entrega y recibo de fluidos**

Actividad	Cargo	Cantidad Aproximada	Mano de obra
Movimiento de tierras y compactación	Operador retroexcavadora	2	Profesional
	Operador buldócer	1	Profesional
Movilización y acarreo	Conductor volquetas	2	Profesional
	Conductor camionetas	1	Profesional
Mantenimiento	Ingeniero	1	Profesional
	Obreros	4	No profesional

Nota (\*): El personal indicado es estimado, el número dependerá de los requerimientos propios del proyecto y de la actividad específica que se lleve a cabo. Por tal razón, el personal podrá variar según lo presentado. (ECOPETROL S.A., 2023)

Fuente: MODIFICACIÓN DEL PLAN DE MANEJO AMBIENTAL INTEGRAL –PMAI-DE MARES, Ecopetrol S. A. 2020; adoptado por (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)



