ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL
ÁREA DE DESARROLLO BUCARE

CAPÍTULO 2
Descripción del Proyecto
2.2.2.5 Facilidades de Producción

S.G.I. S.A.S.
Consultoría e Ingeniería

CONTENIDO

2	DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	1
2.2	CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO	1
2.2.2	Estrategias de desarrollo	1
2.2.2.5	Facilidades de producción	1
2.2.2.5.1	Instalación y operación de Facilidades Centrales de Producción -CPF- (ED10)	2
2.2.2.5.1.1	Cantidades requeridas para el Área de Desarrollo Bucare	2
2.2.2.5.1.2	Alternativas de ubicación y selección de sitios (Criterios técnicos, tecnológicos y ambientales)	3
2.2.2.5.1.2.1	Criterios técnicos	3
2.2.2.5.1.2.2	Criterios ambientales	4
2.2.2.5.1.2.3	Criterios Tecnológicos	4
2.2.2.5.1.3	Procesos de producción y manejo de Fluidos (Crudo, agua y gas, entre otros)	5
2.2.2.5.1.4	Métodos constructivos y operativos	25
2.2.2.5.1.5	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)	36
2.2.2.5.1.6	Movimientos de tierra	38
2.2.2.5.1.7	Estimativo de maquinaria, equipos	39
2.2.2.5.1.8	Estimativo de mano de obra	40
2.2.2.5.1.9	Asentamientos humanos e infraestructura social, económica y cultural a intervenir	42
2.2.2.5.1.10	Equipos y sistemas de control para emisiones atmosféricas (gases, material particulado y ruido) por fuentes fijas y móviles.	42
2.2.2.5.1.11	Relación de las actividades de mantenimiento, incluyendo insumos, residuos y tratamiento	43
2.2.2.5.1.12	Sistemas y fuentes de generación de energía	43
2.2.2.5.1.13	Desmantelamiento y restauración de las áreas intervenidas por la actividad constructiva	44
2.2.2.5.1.14	Duración de las obras, etapas y cronograma de actividades	45
2.2.2.5.2	Construcción y operación de facilidades Satélite (ED11)	47
2.2.2.5.2.1	Cantidades requeridas para el Área de Desarrollo Bucare	47
2.2.2.5.2.2	Alternativas de ubicación y selección de sitios (Criterios técnicos, tecnológicos y ambientales)	48
2.2.2.5.2.2.1	Criterios técnicos	48
2.2.2.5.2.2.2	Criterios ambientales	49
2.2.2.5.2.2.3	Criterios Tecnológicos	49
2.2.2.5.2.3	Procesos de producción y manejo de fluidos (Crudo, agua y gas, entre otros)	50
2.2.2.5.2.4	Métodos constructivos y operativos	50
2.2.2.5.2.5	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)	50
2.2.2.5.2.6	Movimientos de tierra	52
2.2.2.5.2.7	Estimativo de maquinaria, equipos	52
2.2.2.5.2.8	Estimativo de mano de obra	53

2.2.2.5.2.9 Asentamientos humanos e infraestructura social, económica y cultural a intervenir 55
2.2.2.5.2.10 Equipos y sistemas de control para emisiones atmosféricas (gases, material particulado y ruido) por fuentes fijas y móviles 55
2.2.2.5.2.11 Relación de las actividades de mantenimiento, incluyendo insumos, residuos y tratamiento 56
2.2.2.5.2.12 Sistemas y fuentes de generación de energía 56
2.2.2.5.2.13 Desmantelamiento y restauración de las áreas intervenidas por la actividad constructiva 56
2.2.2.5.2.14 Duración de las obras, etapas y cronograma de actividades 56
2.2.2.5.3 Inyección de fluidos (agua) para recobro, sostenimiento de presión y/o disposal (ED12) 58
2.2.2.5.3.1 Cantidades requeridas para el Área de Desarrollo Bucare 61
2.2.2.5.3.2 Alternativas de ubicación y selección de sitios (Criterios técnicos, tecnológicos y ambientales) 61
2.2.2.5.3.2.1 Criterios Técnicos 62
2.2.2.5.3.2.2 Criterios ambientales 62
2.2.2.5.3.2.3 Criterios tecnológicos 62
2.2.2.5.3.3 Procesos de producción y manejo de fluidos (crudo, agua entre otros) 62
2.2.2.5.3.4 Métodos constructivos y operativos 75
2.2.2.5.3.5 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) 75
2.2.2.5.3.6 Movimiento de tierras 75
2.2.2.5.3.7 Estimativo de maquinaria, equipos 75
2.2.2.5.3.8 Estimativos de mano de obra 76
2.2.2.5.3.9 Asentamientos humanos e infraestructura social, económica y cultural a intervenir 77
2.2.2.5.3.10 Pruebas de producción 77
2.2.2.5.3.11 Relación de las actividades de mantenimiento, incluyendo insumos, residuos y tratamiento 78
2.2.2.5.3.12 Mecanismos de producción y abandono 80
2.2.2.5.3.13 Desmantelamiento y restauración de las áreas intervenidas por la actividad constructiva 82
2.2.2.5.3.14 Duración de las obras, etapas y cronograma de actividades 82
2.2.2.5.4 Construcción y operación de Zonas de Disposición de Materiales Sobrantes de Excavación ZODME (ED13) 84
2.2.2.5.4.1 Cantidades requeridas para el Área de Desarrollo Bucare 84
2.2.2.5.4.2 Alternativas de ubicación y selección de sitios (Criterios técnicos, tecnológicos y ambientales) 85
2.2.2.5.4.2.1 Criterios técnicos 86
2.2.2.5.4.2.2 Criterios ambientales 86
2.2.2.5.4.2.3 Criterios tecnológicos 86
2.2.2.5.4.3 Procesos de producción y manejo de fluidos (Crudo, agua y gas, entre otros) 86
2.2.2.5.4.4 Métodos constructivos y operativos 86

2.2.2.5.4.5 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) 97
2.2.2.5.4.6 Movimientos de tierra 98
2.2.2.5.4.7 Estimativos de maquinaria, equipos 99
2.2.2.5.4.8 Estimativo de mano de obra 100
2.2.2.5.4.9 Asentamientos humanos e infraestructura social, económica y cultural a intervenir 101
2.2.2.5.4.10 Equipos y sistemas de control para emisiones atmosféricas (gases, material particulado y ruido) por fuentes fijas y móviles 101
2.2.2.5.4.11 Relación de las actividades de mantenimiento, incluyendo insumos, residuos y tratamiento 102
2.2.2.5.4.12 Sistemas y fuentes de generación de energía 102
2.2.2.5.4.13 Desmantelamiento y restauración de las áreas intervenidas por la actividad constructiva 103
2.2.2.5.4.14 Duración de las obras, etapas y cronograma de actividades 103
2.2.2.5.5 Construcción y operación de áreas para el tratamiento de lodos y/o cortes de perforación y áreas de acopio y disposición final (ED14) 104
2.2.2.5.5.1 Cantidades requeridas para el Área de Desarrollo Bucare 108
2.2.2.5.5.2 Alternativas de ubicación y selección de sitios (Criterios técnicos, tecnológicos y ambientales) 108
2.2.2.5.5.2.1 Criterios técnicos 108
2.2.2.5.5.2.2 Criterios ambientales 108
2.2.2.5.5.2.3 Criterios tecnológicos 109
2.2.2.5.5.3 Métodos constructivos y operativos 109
2.2.2.5.5.4 Procesos de producción y manejo de fluidos (Crudo, agua, gas, entre otros) 110
2.2.2.5.5.5 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) 111
2.2.2.5.5.6 Movimientos de tierra 113
2.2.2.5.5.7 Estimativos de maquinaria, equipos 114
2.2.2.5.5.8 Estimativo de mano de obra 115
2.2.2.5.5.9 Asentamientos humanos e infraestructura social, económica y cultural a intervenir 115
2.2.2.5.5.10 Equipos y sistemas de control para emisiones atmosféricas (gases, material particulado y ruido) por fuentes fijas y móviles 116
2.2.2.5.5.11 Relación de las actividades de mantenimiento, incluyendo insumos, residuos y tratamiento 116
2.2.2.5.5.12 Sistemas y fuentes de generación de energía 117
2.2.2.5.5.13 Desmantelamiento y restauración de las áreas intervenidas por la actividad constructiva 117
2.2.2.5.5.14 Duración de las obras, etapas y cronograma de actividades 118
2.2.2.5.6 Construcción y operación de áreas de apoyo (ED15) 119
2.2.2.5.6.1 Cantidades requeridas para el Área de Desarrollo Bucare 120
2.2.2.5.6.2 Alternativas de ubicación y selección de sitios (Criterios técnicos, tecnológicos y ambientales) 120
2.2.2.5.6.2.1 Criterios técnicos 120

2.2.2.5.6.2.2 Criterios tecnológicos 120
2.2.2.5.6.2.3 Criterios ambientales 121
2.2.2.5.6.3 Procesos de producción y manejo de fluidos (crudo, agua y gas, entre otros) 121
2.2.2.5.6.4 Métodos constructivos y operativos 121
2.2.2.5.6.5 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) 122
2.2.2.5.6.6 Movimientos de tierra 123
2.2.2.5.6.7 Estimativos de maquinaria, equipos 124
2.2.2.5.6.8 Estimativo de mano de obra 125
2.2.2.5.6.9 Asentamientos humanos e infraestructura social, económica y cultural a intervenir 125
2.2.2.5.6.10 Equipos y sistemas de control para emisiones atmosféricas (gases, material particulado y ruido) por fuentes fijas y móviles 126
2.2.2.5.6.11 Relación de las actividades de mantenimiento, incluyendo insumos, residuos y tratamiento 126
2.2.2.5.6.12 Sistemas y fuentes de generación de energía 127
2.2.2.5.6.13 Desmantelamiento y restauración de las áreas intervenidas por la actividad constructiva 127
2.2.2.5.6.14 Duración de las obras, etapas y cronograma de actividades 128
2.2.2.6 Generación y operación de sistemas de energía eléctrica 129
2.2.2.6.1 Instalación y operación de líneas eléctricas (ED16) 129
2.2.2.6.1.1 Cantidades requeridas para el Área de Desarrollo Bucare 130
2.2.2.6.1.2 Alternativas de ubicación y selección de sitios (Criterios técnicos, tecnológicos y ambientales) 130
2.2.2.6.1.2.1 Criterios técnicos 131
2.2.2.6.1.2.2 Criterios ambientales 131
2.2.2.6.1.2.3 Criterios Tecnológicos 131
2.2.2.6.1.3 Procesos de producción 131
2.2.2.6.1.4 Métodos constructivos y operativos 143
2.2.2.6.1.5 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) 156
2.2.2.6.1.6 Movimientos de tierra 156
2.2.2.6.1.7 Estimativos de maquinaria, equipos 157
2.2.2.6.1.8 Estimativo de mano de obra 158
2.2.2.6.1.9 Asentamientos humanos e infraestructura social, económica y cultural a intervenir 158
2.2.2.6.1.10 Equipos y sistemas de control para emisiones atmosféricas (gases, material particulado y ruido) por fuentes fijas y móviles 159
2.2.2.6.1.11 Relación de las actividades de mantenimiento, incluyendo insumos, residuos y tratamiento 159
2.2.2.6.1.12 Sistemas y fuentes de generación de energía 160
2.2.2.6.1.13 Desmantelamiento y restauración de las áreas intervenidas por la actividad constructiva 160
2.2.2.6.1.14 Duración de las obras, etapas y cronograma de actividades 161

2.2.2.6.2 Instalación y operación de centros de Maniobra CM, Centros de distribución CD y/o subestaciones eléctricas SE. (ED17) 162
2.2.2.6.2.1 Cantidades requeridas para el Área de Desarrollo Bucare 162
2.2.2.6.2.2 Alternativas de ubicación y selección de sitios (Criterios técnicos, tecnológicos y ambientales) 163
2.2.2.6.2.2.1 Criterios técnicos 163
2.2.2.6.2.2.2 Criterios tecnológicos 164
2.2.2.6.2.2.3 Criterios ambientales 164
2.2.2.6.2.3 Procesos de producción y manejo de fluidos (Crudo, agua y gas, entre otros) 164
2.2.2.6.2.4 Métodos constructivos y operativos 166
2.2.2.6.2.5 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) 174
2.2.2.6.2.6 Movimientos de tierra 177
2.2.2.6.2.7 Estimativos de maquinaria, equipos 178
2.2.2.6.2.8 Estimativo de mano de obra 178
2.2.2.6.2.9 Asentamientos humanos e infraestructura social, económica y cultural a intervenir 179
2.2.2.6.2.10 Equipos y sistemas de control para emisiones atmosféricas (gases, material particulado y ruido) por fuentes fijas y móviles 179
2.2.2.6.2.11 Relación de las actividades de mantenimiento, incluyendo insumos, residuos y tratamiento 180
2.2.2.6.2.12 Sistemas y fuentes de generación de energía 180
2.2.2.6.2.13 Desmantelamiento y restauración de las áreas intervenidas por la actividad constructiva 181
2.2.2.6.2.14 Duración de las obras, etapas y cronograma de actividades 181
2.2.2.6.3 Construcción y operación de parques fotovoltaicos (ED18) 183
2.2.2.6.3.1 Cantidades requeridas para el Área de Desarrollo Bucare 184
2.2.2.6.3.2 Alternativas de ubicación y selección de sitios (Criterios técnicos, tecnológicos y ambientales) 184
2.2.2.6.3.2.1 Criterios técnicos 185
2.2.2.6.3.2.2 Criterios tecnológicos 185
2.2.2.6.3.2.3 Criterios ambientales 185
2.2.2.6.3.3 Métodos constructivos y operativos 185
2.2.2.6.3.4 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) 194
2.2.2.6.3.5 Movimientos de tierra 195
2.2.2.6.3.6 Estimativos de maquinaria, equipos 196
2.2.2.6.3.7 Estimativo de mano de obra 196
2.2.2.6.3.8 Asentamientos humanos e infraestructura social, económica y cultural a intervenir 197
2.2.2.6.3.9 Equipos y sistemas de control para emisiones atmosféricas (gases, material particulado y ruido) por fuentes fijas y móviles 197
2.2.2.6.3.10 Relación de las actividades de mantenimiento, incluyendo insumos, residuos y tratamiento 197
2.2.2.6.3.11 Sistemas y fuentes de generación de energía 198

2.2.2.6.3.12 Desmantelamiento y restauración de las áreas intervenidas por la actividad constructiva 199
2.2.2.6.3.13 Duración de las obras, etapas y cronograma de actividades 199
2.2.2.6.4 Generación de energía por medio de aprovechamiento de calor (ED19) 201
2.2.2.6.4.1 Cantidades requeridas para el Área de Desarrollo Bucare 209
2.2.2.6.4.2 Alternativas de ubicación y selección de sitios (Criterios técnicos, tecnológicos y ambientales) 210
2.2.2.6.4.3 Métodos constructivos y operativos 211
2.2.2.6.4.4 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) 214
2.2.2.6.4.5 Movimientos de tierra 215
2.2.2.6.4.6 Estimativos de maquinaria, equipos 215
2.2.2.6.4.7 Estimativo de mano de obra 215
2.2.2.6.4.8 Asentamientos humanos e infraestructura social, económica y cultural a intervenir 216
2.2.2.6.4.9 Equipos y sistemas de control para emisiones atmosféricas (gases, material particulado y ruido) por fuentes fijas y móviles 216
2.2.2.6.4.10 Relación de las actividades de mantenimiento, incluyendo insumos, residuos y tratamiento 217
2.2.2.6.4.11 Sistemas y fuentes de generación de energía 217
2.2.2.6.4.12 Desmantelamiento y restauración de las áreas intervenidas por la actividad constructiva 218
2.2.2.6.4.13 Duración de las obras, etapas y cronograma de actividades 218
2.2.2.7 Optimización de procesos 219
2.2.2.7.1 Entrega y/o recibo de fluidos con otros bloques o campos operados por Ecopetrol S.A y/o terceros autorizados (ED20) 220
2.2.2.7.1.1 Cantidades requeridas para el Área de Desarrollo Bucare 220
2.2.2.7.1.2 Alternativas de ubicación y selección de sitios (Criterios técnicos, tecnológicos y ambientales) 221
2.2.2.7.1.3 Métodos constructivos y operativos 222
2.2.2.7.1.4 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) 222
2.2.2.7.1.5 Movimientos de tierra 223
2.2.2.7.1.6 Estimativos de maquinaria, equipos 224
2.2.2.7.1.7 Estimativo de mano de obra 224
2.2.2.7.1.8 Asentamientos humanos e infraestructura social, económica y cultural a intervenir 225
2.2.2.7.1.9 Equipos y sistemas de control para emisiones atmosféricas (gases, material particulado y ruido) por fuentes fijas y móviles 225
2.2.2.7.1.10 Relación de las actividades de mantenimiento, incluyendo insumos, residuos y tratamiento 226
2.2.2.7.1.11 Sistemas y fuentes de generación de energía 226
2.2.2.7.1.12 Desmantelamiento y restauración de las áreas intervenidas por la actividad constructiva 226
2.2.2.7.1.13 Duración de las obras, etapas y cronograma de actividades 227

2.2.2.7.2 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. y/o con terceros autorizados. (ED21) 227
2.2.2.7.2.1 Cantidades requeridas para el Área de Desarrollo Bucare 228
2.2.2.7.2.2 Alternativas de ubicación y selección de sitios (Criterios técnicos, tecnológicos y ambientales) 229
2.2.2.7.2.3 Métodos constructivos y operativos 229
2.2.2.7.2.4 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) 237
2.2.2.7.2.5 Movimientos de tierra 237
2.2.2.7.2.6 Estimativos de maquinaria, equipos 237
2.2.2.7.2.7 Estimativo de mano de obra 238
2.2.2.7.2.8 Asentamientos humanos e infraestructura social, económica y cultural a intervenir 238
2.2.2.7.2.9 Equipos y sistemas de control para emisiones atmosféricas (gases, material particulado y ruido) por fuentes fijas y móviles 238
2.2.2.7.2.10 Relación de las actividades de mantenimiento, incluyendo insumos, residuos y tratamiento 239
2.2.2.7.2.11 Sistemas y fuentes de generación de energía 239
2.2.2.7.2.12 Desmantelamiento y restauración de las áreas intervenidas por la actividad constructiva 239
2.2.2.7.2.13 Duración de las obras, etapas y cronograma de actividades 240

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1 Estrategias de desarrollo para las facilidades de producción 1
Tabla 2-2 Área para la construcción de facilidades CPF 2
Tabla 2-3 Condiciones en cabeza de pozos del Área de Desarrollo Bucare 5
Tabla 2-4 Proyección de máximos de producción del Área de Desarrollo Bucare 6
Tabla 2-5 Condiciones máximas de dimensionamiento 7
Tabla 2-6 Opciones tecnológicas para la remoción de Nitrógeno 22
Tabla 2-7 Opciones tecnológicas para la remoción de H2S 23
Tabla 2-8 Actividades a ejecutar en la construcción y operación del CPF 25
Tabla 2-9 Distribución de áreas Internas del CPF 37
Tabla 2-10 Movimiento de tierras estimado en la construcción del CPF 39
Tabla 2-11 Listado de maquinaria y equipos para la construcción del CPF 39
Tabla 2-12 Personal estimado para la construcción del CPF 40
Tabla 2-13 Personal estimado para la instalación del CPF 41
Tabla 2-14 Personal estimado para la operación del CPF 41
Tabla 2-15 Cronograma estimado en la construcción del CPF 45
Tabla 2-16 Área para la construcción de facilidades satélite 47
Tabla 2-17 Distribución de áreas Internas de facilidades satélite 51
Tabla 2-18 Movimiento de tierras estimado en la construcción de facilidades satélite 52
Tabla 2-19 Listado de equipos y maquinaria en la construcción de facilidades satélite 52
Tabla 2-20 Personal estimado para la construcción de facilidades satélite 53

Tabla 2-21 Personal estimado para la instalación de facilidades satélite 54
Tabla 2-22 Personal estimado para la operación de facilidades satélite 54
Tabla 2-23 Cronograma estimado para la construcción de cada facilidad satélite 57
Tabla 2-24 Cantidades asociadas a la inyección de fluidos para recobro y sostenimiento de presión y/o disposal 61
Tabla 2-25 Infraestructura necesaria en trabajo de pozos 71
Tabla 2-27 Personal estimado para la perforación, completamiento y pruebas de integridad 76
Tabla 2-26 Actividades de mantenimiento en pozos 78
Tabla 2-28 Duración estimada en los trabajos de pozos para la inyección de fluidos en el sostenimiento de presión, recobro y/o Disposal 83
Tabla 2-29 Área para la construcción de ZODMES 84
Tabla 2-30 Especificaciones típicas para la construcción de una ZODME 88
Tabla 2-31 Cantidad estimada de material a disponer en las ZODMES 89
Tabla 2-32 Actividades relacionadas en la construcción de ZODMEs 90
Tabla 2-33 Movimiento de tierras estimado en la construcción de ZODMES 99
Tabla 2-34 Listado de equipos y maquinaria en la construcción de ZODMES 100
Tabla 2-35 Personal requerido para la construcción y operación de una ZODME 100
Tabla 2-36 Duración estimada en la conformación de una ZODME 103
Tabla 2-37 Sistema de deshidratación (Dewatering) 107
Tabla 2-38 Área para la construcción de acopio, manejo y disposición de cortes de perforación 108
Tabla 2-39 Actividades para la construcción y operación del área de tratamiento de lodos y/o cortes de perforación y áreas de disposición final 109
Tabla 2-40 Distribución tipo de las áreas para el manejo de cortes de perforación 113
Tabla 2-41 Movimiento de tierras estimado en la construcción del Área de Acopio de lodos de corte de perforación 114
Tabla 2-42 Estimativo de equipos y maquinaria en la construcción del área de tratamiento de lodos de perforación 114
Tabla 2-43 Estimativo de mano de obra en la construcción y operación del área de tratamiento de lodos de perforación 115
Tabla 2-44 Duración estimada en la construcción del área de tratamiento de lodos y cortes de perforación y áreas de disposición final 118
Tabla 2-45 Cantidades para la construcción de áreas de apoyo 120
Tabla 2-46 Actividades para la construcción de áreas de apoyo 121
Tabla 2-47 Distribución de áreas Internas del polígono para áreas de apoyo 123
Tabla 2-48 Movimientos de tierra estimados en la construcción del área no industrial y áreas de acopio 124
Tabla 2-49 Estimativo de maquinaria y equipos requerido para la construcción del área no industrial 124
Tabla 2-50 Estimativo de maquinaria y equipos requerido para la construcción del área no industrial 125
Tabla 2-51 Cronograma estimado en la construcción de las áreas de apoyo 128
Tabla 2-52 Cantidades de líneas eléctricas a solicitar para el Área de Desarrollo Bucare 130
Tabla 2-53 Distancias mínimas de seguridad en zonas de construcciones 133
Tabla 2-54 Distancias mínimas de seguridad en diferentes situaciones 134
Tabla 2-55 Distancias mínimas de seguridad en zonas con construcciones 136
Tabla 2-56 Ancho de zona de servidumbre de líneas de transmisión eléctrica 137

Tabla 2-57 Actividades a ejecutar para la instalación y operación de líneas eléctricas de 34,5/115 kV 143
Tabla 2-58 Inspecciones y actividades mínimas a realizar en el mantenimiento de líneas 154
Tabla 2-59 Movimiento de tierras estimado en la instalación de líneas eléctricas 157
Tabla 2-60 Estimativo de maquinaria y equipos para la construcción e instalación de 1 Km de línea eléctrica 157
Tabla 2-61 Personal estimado para la instalación y operación de líneas eléctricas 158
Tabla 2-62 Cronograma estimado en la construcción de 1 km de línea eléctrica 161
Tabla 2-63 Solicitud de centros de maniobra, centros de distribución y subestaciones eléctricas 163
Tabla 2-64 Actividades a ejecutar para la instalación de infraestructura eléctrica 166
Tabla 2-65 Inspecciones y actividades mínimas a realizar para el mantenimiento de facilidades eléctricas 172
Tabla 2-66 Distribución de áreas estimadas para el CD y CM 176
Tabla 2-67 Movimiento de tierras estimado en la construcción del centro de distribución y subestación eléctrica 177
Tabla 2-68 Estimativo de maquinaria y equipos por instalación 178
Tabla 2-69 Personal estimado para la construcción y operación de CD y CM 179
Tabla 2-70 Cronograma estimado en la construcción de CD y CM eléctricos 181
Tabla 2-71 Área para la construcción del parque fotovoltaico 184
Tabla 2-72 Actividades en la construcción y operación del parque fotovoltaico 186
Tabla 2-73 Distribución de áreas estimadas para el parque fotovoltaico 194
Tabla 2-74 Movimiento de tierras estimado en la construcción del parque fotovoltaico 195
Tabla 2-75 Estimativo de mano de obra para la construcción del parque fotovoltaico 196
Tabla 2-76 Estimativo de mano de obra para la construcción del parque fotovoltaico 196
Tabla 2-77 Duración estimada en la construcción del parque fotovoltaico 199
Tabla 2-78 Solicitud de la estrategia de desarrollo 209
Tabla 2-79 Actividades para la estrategia para el aprovechamiento de calor 211
Tabla 2-80 Maquinaria y equipos para la estrategia para el aprovechamiento de calor 215
Tabla 2-81 Estimativo de mano de obra para la construcción y operación del sistema de aprovechamiento de calor 216
Tabla 2-82 Cronograma estimado en la instalación y operación de la estrategia para el aprovechamiento de calor 218
Tabla 2-83 Estrategias de desarrollo contempladas dentro de la etapa de facilidades de producción 220
Tabla 2-84 Alcance de la solicitud para la actividad de entrega y/o recibo de fluidos con otros bloques operados por Ecopetrol S.A 221
Tabla 2-85 Estimativo e maquinaria y equipos por cada cargadero a construir 224
Tabla 2-86 Estimativo de mano de obra por instalación 224
Tabla 2-87 Alcance de la solicitud para la actividad de entrega y/o recibo de sólidos con otros bloques operados por Ecopetrol S.A 228
Tabla 2-88 Parámetros objeto de monitoreo en cortes de perforación 237

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2-1 Diagrama del proceso de recolección y tratamiento de fluidos en el CPF 6
Figura 2-2 Diagrama de bloques del proceso de recolección y tratamiento en los CPF 9

Figura 2-3 Diseño tipo de cargadero 16
Figura 2-4 Diseños tipo centrales de facilidades de producción 37
Figura 2-5 Diseño tipo de facilidades satélite 51
Figura 2-6 Esquema tipo de disposición de agua Disposal 59
Figura 2-7 Proceso de recobro mejorado (Waterflooding) 59
Figura 2-8 Etapas de la recuperación mejorada del crudo 60
Figura 2-9 Escenario 1 – Ubicación en fondo de los pozos inyectores para sostenimiento de presión y producción en la unidad T2 64
Figura 2-10 Escenario 1 – Ubicación en fondo de los pozos inyectores para disposición en la unidad K2 65
Figura 2-11 Escenario 1 - Balance de Caudales 65
Figura 2-12 Escenario 2 – Ubicación en fondo de los pozos inyectores para sostenimiento de presión y producción en la unidad T2 66
Figura 2-13 Escenario 2 – Ubicación en fondo de los pozos inyectores para disposición en la unidad K2 67
Figura 2-14 Escenario 2 – Balance de caudales 67
Figura 2-15 Escenario 3 – Ubicación en fondo de los pozos inyectores para sostenimiento de presión y producción en la unidad T2 68
Figura 2-16 Escenario 3 – Ubicación en fondo de los pozos inyectores para disposición en la unidad K2 69
Figura 2-17 Escenario 3 – Balance de caudales 69
Figura 2-18 Escenario 4 – Ubicación en fondo de los pozos inyectores para disposición en la unidad K2 70
Figura 2-19 Diseño tipo planta-perfil de ZODMEs 85
Figura 2-20 Diseño tipo de cunetas en sacos de suelo cemento 93
Figura 2-21 Diseño tipo de descoles en piedra pegada o enrocado 94
Figura 2-22 Diseño tipo de disipadores de energía 95
Figura 2-23 Diseño tipo de canal trapezoidal 95
Figura 2-24 Diseño tipo filtro francés 96
Figura 2-25 Diseño tipo estabilización de taludes 97
Figura 2-26 Diseño tipo de ZODME 98
Figura 2-27 Esquema del acopio y manejo de lodos de perforación 105
Figura 2-28 Esquema del proceso Dewatering 107
Figura 2-29 Proceso de funcionamiento en el área de tratamiento de cortes y lodos de perforación 111
Figura 2-30 Diseños tipo para el área de acopio de cortes de perforación 112
Figura 2-31 Diseños tipo para el área de acopio y área no industrial 122
Figura 2-32 Distancias de seguridad en zonas con construcciones 133
Figura 2-33 Diseños tipo de cimentaciones en estructuras de apoyo para líneas de transmisión 148
Figura 2-34 Diseños tipo de configuración de postes y cimentaciones 149
Figura 2-35 Esquema de Subestación e infraestructura eléctrica para (CD y CM) 164
Figura 2-36 Esquema de sistema de puesta a tierra en subestaciones eléctricas 169
Figura 2-37 Diseño tipo de Centro de Distribución de Potencia (CD) 175
Figura 2-38 Diseño tipo de Centro de Maniobra (CM) 176
Figura 2-39 Diseño tipo de subestacion electrica en locaciones 176
Figura 2-40 Esquema general de la generación de energía Fotovoltaica 184

Figura 2-41 Diseños tipo de cerramiento perimetral en parque fotovoltaico 188
Figura 2-42 Diseños tipo de un panel solar 189
Figura 2-43 Diseños tipo de Inversores 190
Figura 2-44 Diseños tipo de zanjas para cableado eléctrico enterrado 192
Figura 2-45 Diseños tipo para el parque fotovoltaico 194
Figura 2-46 Esquema típico de generación de energía por aprovechamiento de calor 202
Figura 2-47 Esquema típico – Baja Entalpia (<100°C) 203
Figura 2-48 Proceso sistema – ORC – Baja Entalpia 204
Figura 2-49 Esquema típico – Media Entalpia (120° - 180°) 204
Figura 2-50 Proceso sistema – ORC – Media Entalpia 205
Figura 2-51 Proceso sistema – ORC – Media Entalpia 205
Figura 2-52 Columna estratigráfica del área de influencia 206
Figura 2-53 Pozos Offset sobre mapa estructural a tope de la formación 207
Figura 2-54 Condiciones petrofísicas de los pozos Offset 207
Figura 2-55 Perfil probabilístico de agua en los objetivos 208
Figura 2-56 Temperatura de agua de formación en los objetivos 208
Figura 2-57 Ciclo de Rankine Orgánico (OCR) 209
Figura 2-58 Caldera para aprovechamiento energético de crudo 213
Figura 2-59 Diseños tipo de Cargadero 223
Figura 2-60 Esquema general del tratamiento primario de cortes de perforación 231
Figura 2-61 Diagrama del proceso 232

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 2-1 Manifold de recibo o múltiple de producción 10
Fotografía 2-2 Separadores 11
Fotografía 2-3 Bombas de despacho 12
Fotografía 2-4 Unidades UVR 13
Fotografía 2-5 Tanques de almacenamiento 13
Fotografía 2-6 TEA Vertical 14
Fotografía 2-7 TEA Horizontal 14
Fotografía 2-8 Centros de Maniobras 15
Fotografía 2-9 Generadores 15
Fotografía 2-10 Cargaderos 16
Fotografía 2-11 Caseta de bombas Booster 17
Fotografía 2-12 Tanques Verticales 18
Fotografía 2-13 Tanques horizontales 18
Fotografía 2-14 Sistema SCI con piscinas de almacenamiento 19
Fotografía 2-15 Sistema SCI con tanques de almacenamiento 19
Fotografía 2-16 Calderas 19
Fotografía 2-17 Intercambiador de calor 20
Fotografía 2-18 Tratadores Electrostáticos 20
Fotografía 2-19 Inyección de químicos 21
Fotografía 2-20 Campamentos permanentes 25
Fotografía 2-21 Campamentos temporales 25
Fotografía 2-22 Instalación de cunetas en sacos suelo cemento 93

Fotografía 2-23 Instalación de geomembranas 94
Fotografía 2-24 Derecho de vía compartido (Línea de flujo+ Línea de flujo) 138
Fotografía 2-25 Derecho de vía compartido (Línea de flujo+ Vía de acceso) 138
Fotografía 2-26 Derecho de vía compartido (Línea de flujo+ Línea eléctrica) 139
Fotografía 2-27 Estructuras de suspensión – Línea 115 kV 140
Fotografía 2-28 Estructuras de retención terminal línea de 34,5 kV 140
Fotografía 2-29 Estructuras para ángulos línea de distribución 34,5 kV 141
Fotografía 2-30 Transformador en subestación 142
Fotografía 2-31 Cable guarda 143
Fotografía 2-32 Derecho de vía (Servidumbre) 145
Fotografía 2-33 Sistema puesta a tierra 150
Fotografía 2-34 Montaje sobre propia torre mediante Grúa 151
Fotografía 2-35 Montaje de armado previo de estructura, mediante pluma 151
Fotografía 2-36 Izado de postes mediante grúa 151
Fotografía 2-37 Alineación de postes 151
Fotografía 2-38 Máquina de freno para el tendido de conductores 152
Fotografía 2-39 Montaje de aisladores 153
Fotografía 2-40 Instalación de aisladores 153
Fotografía 2-41 Subestación eléctrica 166
Fotografía 2-42 Cimentación y fundición de obras en concreto para subestaciones eléctricas 170
Fotografía 2-43 Montaje de transformador en patio de subestación 171
Fotografía 2-44 Montaje de centros de distribución 171
Fotografía 2-45 Hincado de estructuras metálicas 188
Fotografía 2-46 Soportes metálicos para paneles fotovoltaicos 188
Fotografía 2-47 Sistema de vigilancia 192
Fotografía 2-48 Tecnología portátil 211
Fotografía 2-49 Transporte de fluidos por líneas de flujo 221
Fotografía 2-50 Transporte de fluidos por medio de carrotanques 222
Fotografía 2-51 Sistema de alimentación: Tolva, Bomba de transferencia de cortes 233
Fotografía 2-52 Sistema de transporte de cilindro rotatorio 233
Fotografía 2-53 Quemador y válvula de control 234
Fotografía 2-54 Hidrociclón 234
Fotografía 2-55 Equipo para tratamiento de vapor 235
Fotografía 2-56 Sistema de filtrado 235
Fotografía 2-57 Lodos previo al proceso Q-DRYNG-KILN 236
Fotografía 2-58 Lodos tardados mediante proceso Q-DRYNG-KILN 236

2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

2.2 CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO

2.2.2 Estrategias de desarrollo

2.2.2.5 Facilidades de producción

Las facilidades de producción se refieren al conjunto de instalaciones, equipos y sistemas necesarios, adicionales a las locaciones, pozos, vías, etc., a través de los cuales se llevarán a cabo las operaciones objetivo del campo en un entorno eficiente, seguro y efectivo. Las facilidades incluyen, entre otros, una amplia gama de elementos, como edificaciones, estructuras, sistemas y equipos eléctricos y/o mecánicos, sistemas de control, tuberías, tanques, sistemas de tratamiento y demás componentes necesarios para la producción del área de Desarrollo. En el Área de Desarrollo Bucare, estas facilidades son el conjunto de infraestructuras, equipos y sistemas interrelacionados que conforman la estructura física y funcional que permitirá llevar a cabo las operaciones de manera eficiente, óptima y segura.

En atención a los términos de referencia HI-TER-1-03 se incluye y describe, como parte de las estrategias de desarrollo del Área de Desarrollo, lo correspondiente a Facilidades de Producción1; en este sentido, y partiendo de la definición de lo referido como “Facilidades de Producción”, en el presente numeral se describen e interrelacionan las estructuras y sistemas que conforman las facilidades de producción del Área de Desarrollo Bucare, agrupadas en el siguiente conjunto de estrategias Facilidades de producción (Ver **Tabla 2-1**).

Tabla 2-1 Estrategias de desarrollo para las facilidades de producción

ESTRATEGIAS DEFINIDAS EN LOS TÉRMINOS DE REFERENCIA HI-TER-1-03		ESTRATEGIAS DE DESARROLLO DEFINIDAS EN EL EIA ÁREA DE DESARROLLO BUCARE	
ID	**Estrategia de Desarrollo Generales**	**Estructura del documento (Numeral 2.2.2) para la presentación de las Estrategia de Desarrollo**	**ED**
5	***Facilidades de producción***	***2.2.2.5. Facilidades de producción***	
		2.2.2.5.1. Instalación y operación de Facilidades Centrales de Producción -CPF-	***ED10***
		2.2.2.5.2. Construcción y operación de facilidades Satélite	***ED11***
		2.2.2.5.3. Inyección de Fluidos (Agua y gas) Para Recobro, sostenimiento de Presión y/o Disposal	***ED12***
		2.2.2.5.4. Construcción y operación de Zonas de Disposición de Materiales Sobrantes de Excavación -ZODME-	***ED13***
		2.2.2.5.5. Construcción y operación de áreas para el tratamiento de lodos y/o cortes de perforación y áreas de acopio para disposición final	***ED14***
		2.2.2.5.6. Construcción y operación de áreas de apoyo	***ED15***

1 Los términos de referencia HI-TER-1-03 requieren la inclusión de las especificidades de la Facilidades de Producción, con el numeral 2.2.2.5.; estos términos de referencia solicitan, entre otros, describir, definir, ubicar o dimensionar:

- Las alternativas de ubicación y selección de sitios (criterios técnicos, tecnológicos y ambientales).
- Los procesos de producción y manejo de fluidos (crudo, agua y gas, entre otros).
- 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).
- Los estimativos de maquinaria, equipos y mano de obra.
- Asentamientos humanos e infraestructura social, económica y cultural a intervenir.
- Los equipos y sistemas de control para emisiones atmosféricas (gases, material particulado y ruido) por fuentes fijas y móviles.
- La relación de las actividades de mantenimiento, incluyendo insumos, residuos y tratamiento.
- Sistemas y fuentes de generación de energía.
- El desmantelamiento y restauración de las áreas intervenidas por la actividad constructiva.

ESTRATEGIAS DEFINIDAS EN LOS TÉRMINOS DE REFERENCIA HI-TER-1-03		ESTRATEGIAS DE DESARROLLO DEFINIDAS EN EL EIA ÁREA DE DESARROLLO BUCARE	
ID	**Estrategia de Desarrollo Generales**	**Estructura del documento (Numeral 2.2.2) para la presentación de las Estrategia de Desarrollo**	**ED**
		2.2.2.6. Generación y operación de sistemas de energía eléctrica	
		2.2.2.6.1. Instalación y operación de líneas eléctricas	***ED16***
		2.2.2.6.2. Instalación y operación autogeneración de energía, Centros de Maniobra -CM-, Centros de Distribución -CD- y/o Subestaciones Eléctricas -SE	***ED17***
		2.2.2.6.3. Construcción y operación de parques Fotovoltaicos	***ED18***
		2.2.2.6.4. Generación de energía por medio de aprovechamiento de calor	***ED19***
		2.2.2.7. Optimización de procesos	
		2.2.2.7.1. Entrega y/o recibo de fluidos con otros bloques o campos operados por Ecopetrol S.A. y/o terceros autorizados.	***ED20***
		2.2.2.7.2. 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. y/o con terceros autorizados.	***ED21***

Fuente: S.G.I S.A.S, 2025

A continuación, se presenta la descripción de las estrategias de desarrollo referida.

2.2.2.5.1 Instalación y operación de Facilidades Centrales de Producción -CPF- (ED10)

La Facilidad Central de Procesamiento -CPF- por sus siglas en inglés, corresponde a la infraestructura y sistemas requeridos para el tratamiento, recolección y almacenamiento de hidrocarburos. En función de los perfiles de producción estimados para Área de Desarrollo Bucare, se requerirá de la construcción y operación de un (1) CPF, con una extensión máxima de hasta 42,00 ha y con una capacidad de manejo de hasta 35.848 BOPD de crudo, 88.286 BWPD de agua de producción, 90.000 BFPD de fluidos totales a la entrada. El CPF previsto para el Área de Desarrollo Bucare, se estima con una capacidad de manejo superior dado que, como parte de una de las estrategias de desarrollo descritas en el presente estudio, está la oportunidad de optimizar infraestructura y contar con la posibilidad de entregar y/o recibir fluidos con terceros autorizados o con campos y/o bloques con los que se pueda tener sinergias operativas que permitan tener procesos menos impactantes y más eficientes.

2.2.2.5.1.1 Cantidades requeridas para el Área de Desarrollo Bucare

Para el Área de Desarrollo Bucare, se proyecta un área de construcción de hasta 42,00 ha, las cuales podrían ser desarrolladas de forma secuencial en función avance o necesidades de la operación del campo, lo anterior, de acuerdo con lo establecido en la zonificación ambiental de manejo; sin superar el área total solicitada. En la **Tabla 2-2** se relaciona el área requerida para la construcción y operación de Facilidades Centrales de Producción del Área de Desarrollo Bucare:

Tabla 2-2 Área para la construcción de facilidades CPF

ESTRATEGIA DE DESARROLLO	ALCANCE	ÁREA TOTAL (HA)
Construcción y operación de Facilidades Centrales de Producción -CPF-	Se solicita la construcción y operación de 1 área para una Central de facilidades de Producción CPF de hasta 42,00 Ha. Su ubicación se realizará de acuerdo con la zonificación ambiental	42,00

Fuente: ECOPETROL S.A, 2025

2.2.2.5.1.2 Alternativas de ubicación y selección de sitios (Criterios técnicos, tecnológicos y ambientales)

Respecto a la localización de las CPF es importante precisar que estas se proyectarán en aquellas áreas donde no se presenten elementos excluyentes, es decir, de acuerdo con la zonificación ambiental y su geometría se adaptará a las áreas que dentro del campo queden disponibles para así hacerlo sin superar la extensión estimada (42,00 ha). Además, la ubicación del CPF se proyectará en función del crecimiento del campo y de la ubicación cronológica que se vaya teniendo de las diversas locaciones multipozo 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, la construcción de esta actividad se puede realizar por medio de fases, las cuales se van determinando de acuerdo con las necesidades del campo y su desarrollo. La ubicación final del CPF tendrá en cuenta además de la zonificación ambiental, los criterios técnicos, económicos, sociales y ambientales que se presentan a continuación.

2.2.2.5.1.2.1 Criterios técnicos

El diseño y ubicación del CPF proyectado para el Área de Desarrollo Bucare, estará estructurado de forma tal, que se integre: el 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.

En las facilidades se llevará a cabo el tratamiento y almacenamiento de los fluidos que se producirán en el Área de Desarrollo Bucare (agua, crudo y gas), para el que se requerirán diferentes equipos para la deshidratación del crudo, el tratamiento de las aguas de formación y el tratamiento y disposición final del gas mediante teas.

Para la ubicación de las facilidades se tendrán en cuenta las siguientes premisas, entre otras, que buscarán la mitigación de impactos desde la concepción y desarrollo de la ingeniería, en el marco de la jerarquía de la mitigación:

Se buscará proximidad a vías de acceso y a redes electicas existentes, localizándose estratégicamente en el campo tal que exista una equidistancia razonable con respecto a los pozos y sus locaciones, disminuyendo la longitud de las líneas de flujo y las distancias de viajes a diferentes sitios clave como lo son los puntos de control de derrames, los centros de acopio de residuos, etc. Mientras el CPF entra en operación a 100%, los fluidos serán conducidos principalmente hacia alguna de las estaciones de Ecopetrol S.A, que cuenten con la capacidad de recepción o entregados a un tercero autorizado (dependiendo de la naturaleza del fluido).

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 instalará 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. Teniendo en cuenta que la zona donde

se proyecta el Área de Desarrollo Bucare, las áreas a intervenir serán topográficamente planas 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 para el diseño preliminar y en la ubicación de las facilidades de producción las 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 la estación 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 u otro diluyente. Para la minimización de derrames de hidrocarburos se debe considerar la instalación de facilidades para recolección de residuos aceitosos en toma muestras, trampas de raspadores, entre otros. Así mismo, la adecuación de los patios de tanques. Será necesario impermeabilizar el patio y construir sistemas de manejo de aguas lluvias al interior del dique.

2.2.2.5.1.2.2 Criterios ambientales

Dando cumplimiento a las restricciones que se establecerán en la zonificación de manejo ambiental para el Área de Desarrollo Bucare, la ubicación del CPF se establecieron considerando la zonificación de sensibilidad ambiental definida para la presente etapa del proyecto, respetando las zonas de muy alta y alta sensibilidad establecidas. Es de resaltar que, las zonas referidas cruzadas corresponden a carreteables de ingreso a predios privados (es decir que no son de uso público), y están proyectados como objeto de adecuación por parte del proyecto para el ingreso a las diferentes facilidades, de acuerdo con lo mencionado en el numeral de “2.2.2.1. Infraestructura existente” en lo referente a las vías de acceso del presente documento. Por otro lado, se presentará además del diseño las obras necesarias para el manejo de aguas lluvias, aguas aceitosas y los equipos necesarios en caso de presentarse una eventualidad durante la operación.

2.2.2.5.1.2.3 Criterios Tecnológicos

La construcción de una Central de Facilidades de Producción, requiere criterios tecnológicos que aseguren seguridad, eficiencia operativa, cumplimiento ambiental y optimización económica. Los aspectos más destacados incluyen diseño modular, selección adecuada de materiales, automatización de procesos, gestión de riesgos y sostenibilidad energética.

- Diseño y planificación:
- Diseño modular y flexible: Permite ampliar o modificar instalaciones según la evolución del campo
- Normas internacionales (API, ASME, ISO): garantizan seguridad y confiabilidad en equipos y procesos
- Integración de subsuelo y superficie: Coordinación entre pozos, líneas de flujo y áreas de producción
- Selección de materiales y equipos:
- Resistencia a la corrosión y altas presiones: Tuberías, válvulas y tanques diseñados para condiciones extremas
- Equipos de separación multifásica: Separadores de gas, crudo y agua con alta eficiencia
- Sistemas de tratamiento de agua de producción: Tecnológicas de filtración y reinyección para minimizar impactos ambientales
- Automatización y control:
- Instrumentación avanzada (SCADA, DCS): monitoreo en tiempo real de presión, temperatura y caudales
- Sensores inteligentes: Detección temprana de fugas o fallas en equipos
- Optimización digital: Uso de software de simulación para prever escenarios de operación.

- Seguridad y gestión de riesgos
- Protección contra incendios y explosivos: Sistema de detección y supresión automáticos.
- Diseño redundante en equipos críticos: Asegura continuidad operativa.
- Planes de contingencia y evacuación: Alineados con estándares internacionales
- Sostenibilidad y eficiencia energética
- Uso de energías renovables complementarias: Integración de energía fotovoltaica para reducir huella de carbono
- Aprovechamiento de calor: Aprovechamiento energético de subproductos
- Minimización de emisiones: Tecnologías de captura y reducción de CO2.

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, almacenamiento y despacho de crudo, tratamiento de residuos líquidos y operación de infraestructura asociada a estos procesos.

El Área de Desarrollo Bucare contará con un total de hasta 105 pozos entre Exploratorios NFE, Productores, Inyectores y Disposal, distribuidos de hasta 15 pozos en cada locación de las 16 áreas para este fin. Las locaciones contarán con una válvula choke con el fin de reducir la presión en el colector al valor que requiera, para que la presión del CPF tenga un valor de 150 psig. Las condiciones máximas de operación de los pozos son reportadas en la **Tabla 2-3**.

Tabla 2-3 Condiciones en cabeza de pozos del Área de Desarrollo Bucare

CONDICIONES		CABEZA DE POZO PRODUCTOR	CABEZA DE POZO INYECTOR	RECIBO DE FLUIDOS CPF	RECIBO DE CRUDO EN ESF	RECIBO DE CRUDO DE EBA
PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR
Temperatura	°F	160	180*	160	-	-
Presión	psig	300	1500-1700*	50	100	120-150

**Condiciones máximas en Locaciones de inyección*
Fuente: ECOPETROL S.A, 2025

Debido a la composición de los pozos de producción y la presión de operación del CPF del Área de Desarrollo Bucare, la fase principal de las líneas de flujo es gas; por tanto, el CPF contará con un tren de separación con el fin de estabilizar el condensado a condiciones de baja presión, unidades para tratar el gas producido, líneas de transferencia para otros bloques de acuerdo a la ED20 “Entrega de fluidos en otras áreas operadas por Ecopetrol a través de líneas de flujo o carrotanques” y líneas de transferencia o inyección de gas hacia los pozos inyectores del Área de Desarrollo Bucare. El diagrama de proceso en la recolección y tratamiento de fluidos del CPF se ilustra a continuación en la **Figura 2-1**.

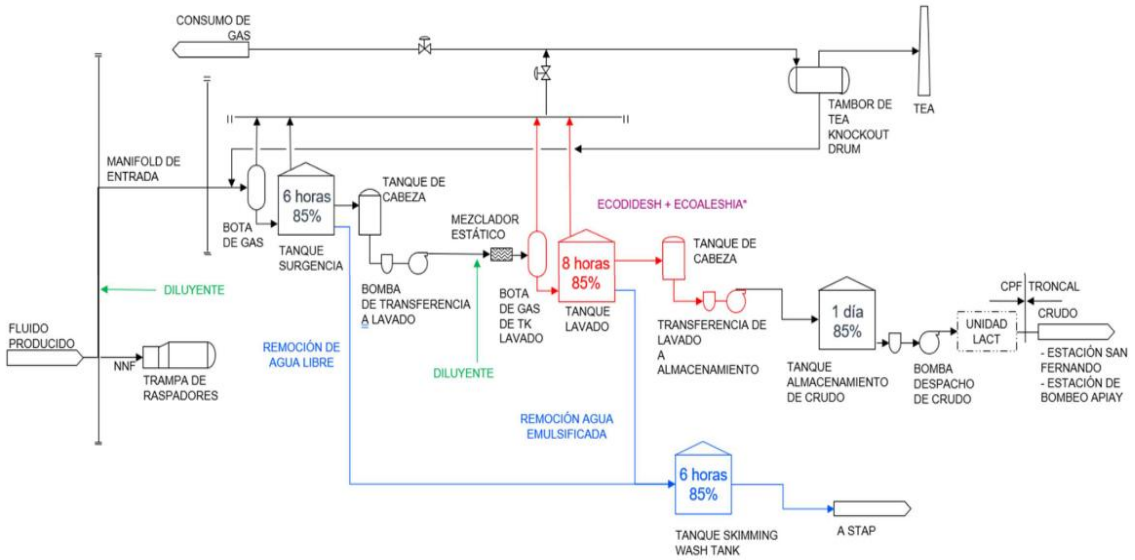


Figura 2-1 Diagrama del proceso de recolección y tratamiento de fluidos en el CPF
Fuente: ECOPETROL S.A, 2025

El fluido proveniente de los pozos del Área de Desarrollo Bucare (o procedente de campos o bloques con los que sea posible realizar entrega y/o recibo de fluidos) ingresará al CPF, vía carrotanques (para lo cual será requerida la instalación de cargaderos en los CPF) y/o líneas de Flujo, según lo descrito en la ED20 “Entrega de fluidos en otras áreas operadas por Ecopetrol a través de líneas de flujo o carrotanques”. Como parte del proceso, en los fondos o cabezas de pozo podrá realizarse una mezcla con nafta o con 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. A continuación, en la **Tabla 2-4** se reportan los valores máximos de producción sin tener en cuenta el factor de sobrediseño.

Tabla 2-4 Proyección de máximos de producción del Área de Desarrollo Bucare

MÁXIMO DE PRODUCCIÓN	FECHA (PROYECCIÓN)	CRUDO (BOPD)	AGUA DE PRODUCCIÓN (BWPD)	GAS (KSCFD)	AGUA DE INYECCIÓN (BWPD)	FLUIDOS TOTALES (BFPD)
Crudo	*2033*	*35848,00*	*52092,60*	*0*	*52092,60*	*87940,60*
Agua de Producción	*2050*	*2223,50*	*86063,00*	*0*	*86063,00*	*88286,50*
Gas	-	-	-	-	-	-
Agua de Inyección	*2050*	*2223,5*	*86063,00*	*0*	*86063,00*	*88286,50*
Fluidos totales	*2034-2050*	*2264 - 34754*	*53541,40 – 86036,90*	*0*	*53541,40 – 90000*	*90000,00*

Fuente: ECOPETROL S.A, 2025

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, otros gases, y al agua producidos en el proceso; es importante resaltar que este fluido se quemara a través de las Teas que se instalen dentro del CPF; En el caso de las aguas, estas podrán ser utilizadas en procesos de recobro o inyectadas en pozos Disposal.

La Facilidad Central de Producción -CPF- recibe la producción de crudo, gas y agua del Área de Desarrollo Bucare transportada por las troncales, tratada químicamente. Estas corrientes llegan al Manifold de entrada compuesto por cabezales que dirigen el fluido multifásico hacía 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 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 es dirigida al sistema de dilución y luego es enviada al sistema de separación secundaría configurado por las Botas de gas y Tanques de lavado. A la salida de este proceso el crudo deshidratado en 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.

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 hacía el Manifold y los gases no condensables se recolectarán para su quema en Teas.

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) hacia mezcladores estáticos y las troncales de distribución. A continuación, en la **Tabla 2-5**, se presenta el estimativo de dimensionamientos de acuerdo con los tipos de flujo a tratar en el CPF.

Tabla 2-5 Condiciones máximas de dimensionamiento

FLUIDOS TOTALES	FLUJO DE DIMENSIONAMIENTO
Crudo (BOPD)	40000
Agua de Producción (BWPD)	95000
Gas (KSCFD)	-
Agua de Inyección (BWPD)	121000
Fluidos totales (BFPD)	100000

Fuente: ECOPETROL S.A, 2025

Las Facilidades Centrales de Producción -CPF- contarán con un grupo de sistemas entre los cuales se evidencian en el numeral 2.2.2.5.1.5 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); donde se destacan los siguientes componentes:

- Manifold de Recolección.
- Sistema de Separación de Condensados.
- Sistema de Tratamiento, Almacenamiento e Inyección de Agua.
- Sistema de Compresión Primaria.
- Sistema de Recuperación de Vapores VRU.
- Sistema de Compresión Secundaria Media y Alta Presión.
- Sistema de Endulzamiento y Deshidratación.
- Sistema de Almacenamiento y despacho de Condensados.
- Sistema de Alivios (Teas para quema de gas).
- Cargadero y Descargadero.
- Líneas de flujo en superficie.
- Sistemas de bombeo líquido.
- Sistemas de enfriamiento a través de aeroenfriadores.
- Sistema de vapor y condensado.
- Sistema de generación de energía.
- Sistema de almacenamiento de combustibles.
- Sistema de aire comprimido.
- Sistema contra incendios.
- Estación y/o subestación eléctrica.
- Estación y/o subestación de calentamiento de hidrocarburos.
- Sistema para la generación de emulsión.
- Facilidades para la generación y transporte de energía.
- Cuarto de Control.
- Separador de placas corrugadas -CPI-
- Unidad de flotación
- Filtro para remoción de compuestos orgánicos
- Proceso de tratamiento de gas nitrógeno
- Remoción de H2S
- Sistema de combustible Diesel

Adicionalmente, se ubicarán dentro del CPF y de acuerdo con las necesidades de la operación del Área de Desarrollo Bucare:

- Sistemas de inyección de química para tratamiento de gas y líquidos.
- Campamentos y zonas no industriales.
- Oficinas, casino, Gimnasio.
- Sistema de tratamiento de aguas de producción (STAP).
- Talleres- bodegas.
- Patios de almacenamiento.
- Zona para Disposición de residuos.
- Parqueaderos.

A continuación, en la **Figura 2-2**, se ilustra de manera general el diagrama de Bloques en el tratamiento de fluidos para el CPF en el Área de Desarrollo Bucare.

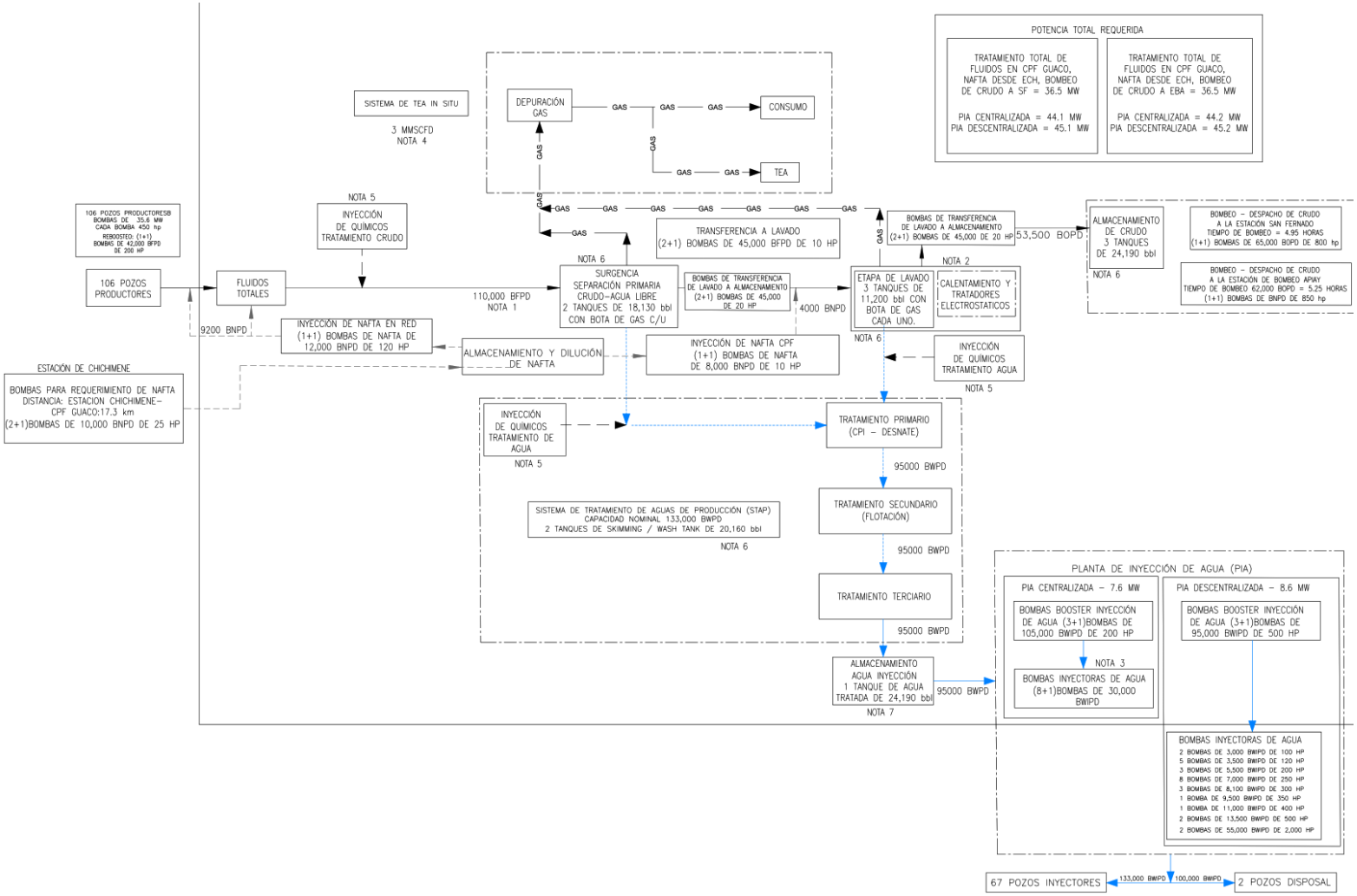


Figura 2-2 Diagrama de bloques del proceso de recolección y tratamiento en los CPF
Fuente: ECOPETROL S.A, 2025

A continuación, se describen los grupos de sistemas más relevantes del -CPF-:

- **Manifold de Recolección**

Es el equipo que recibe la producción proveniente de los Locaciones Multipozo, la integra en un solo flujo y la dirige a los sistemas de tratamiento general o de prueba para iniciar el tratamiento. Está compuesto por tuberías, codos, válvulas (bola y compuerta) y medidores de presión, temperatura y volumen, tal como se muestra en la **Fotografía 2-1**.



Fotografía 2-1 Manifold de recibo o múltiple de producción
Fuente: S.G.I S.A.S, 2025

Generalmente se construyen como sistemas elevados, apoyados sobre una plataforma que permite la circulación de personal para la inspección de instrumentos y operación de válvulas de las líneas. Cada una de estas, cuenta con una infraestructura de protección, que consta de un manómetro, cuya escala de lectura está entre cero (0) y la presión de cabeza de los pozos; y una válvula de seguridad. Si es necesario a la salida del colector se dispondrá de una facilidad para inyección de químicos (rompedor directo, rompedor inverso y directo de emulsión) al flujo de los pozos, a dicha facilidad llegan los químicos desde el patín de químicos, estos serán conducidos a través de tubería. Estos múltiples deben estar bien soportados, equipados y dotados de sistema de disparo de válvulas de relevo conectados a una tubería que drene a un tanque sumidero o de relevo dependiendo del volumen a recolectar.

- **Sistema de Separación de Condensados**

Los condensados recolectados en la troncal de producción pasarán por un tren de separación para estabilizar dichos condensados a presiones bajas. El tren de separación consta de dos separadores bifásicos, de alta y media presión, un intercambiador de calor que se encargará de aumentar la temperatura de dichos condensados, debido a la pérdida de presión de estos condensados, y finalmente por un separador trifásico que separará el agua del condensado producido. (Ver **Fotografía 2-2**).



Fotografía 2-2 Separadores
Fuente: S.G.I S.A.S, 2025

✓ Sistema de tratamiento, almacenamiento e inyección de agua

Las Facilidades Centrales de Producción -CPF- reciben la producción de crudo, gas y agua del de Desarrollo Bucare, transportada por las troncales, tratada químicamente. Estas corrientes llegan al Manifold de entrada compuesto por cabezales que dirigen el fluido multifásico hacía 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 , 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.

✓ Bomba de Despacho de Condensados

Son bombas encargadas de direccionar el fluido hacia el sistema de calentamiento. Se encuentran conectadas a los tanques, y se encargan de trasegar el petróleo entre tanques o sistemas. La fundación de las bombas será una placa maciza de concreto reforzado, diseñada para cumplir con los parámetros dinámicos y dimensiones del equipo; el nivel de desplante será el indicado según las especificaciones de diseño civil y el estudio de suelos. Además, se deberá proveer el relleno estructural, según diseño, hacerse el extendido en capas en capas y la compactación hasta alcanzar un grado mínimo del 95% de la densidad máxima del Proctor modificado.

Se utilizará el método de recobro mejorado (secundario y terciario) aplicado a un pozo inyector las aguas provenientes de la explotación de petróleo y gas con el fin de realizar un recobro adicional, estimulando la producción del Área de Desarrollo Bucare, se llevará a cabo en pozos inyectores, a través de la operación de las bombas de inyección (Ver **Fotografía 2-3**).



Fotografía 2-3 Bombas de despacho
Fuente: ECOPETROL S.A, 2025

✓ Sistema de tratamiento de Gas y recuperación de vapores UVR

El CPF requerirá la instalación y operación de una tea que pueda manejar el gas asociado y los vapores de nafta (generados en un caso contingente). Antes de ser quemado, el gas es enviado a un Knockout drum -KO drum- para la remoción de condensados (equipo utilizado para la separación y/o eliminación de líquidos y/o partículas sólidas del gas).

La tea permitirá manejar el excedente de gas producido que no sea aprovechado, asegurando que no se presenten emisiones de vapores a la atmósfera.

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.

En el proceso, luego de pasar por lo separadores, la fase gaseosa recuperada en cada uno de estos se dirige el gas a un scrubber en donde se hace recuperación de líquidos que son enviados a un tanque de sumidero.

Los gases provenientes de las botas de los tanques de lavado son transportados hacia las Unidades de Recuperación de Vapores -URV-. Las URV son unidades compuestas por un scrubber de recibo de gas, un sistema de compresión, un sistema de enfriamiento y un scrubber adicional donde se hace la recuperación de condensables, básicamente nafta recuperada que se envía a los tanques de manejo de nafta recuperada; los demás condensados recuperados se bombean al tanque de sumidero. (Ver **Fotografía 2-4**).

Operativamente, a una temperatura de 135°F se estima que, por cada barril de nafta inyectado en el CPF, 0,415 barriles de nafta se evaporan y de esta nafta evaporada se recuperan en la URV 0,329 barriles. Por lo tanto, 0,086 barriles se evaporan y se incorporan al gas de los pozos. Cabe recordar que estos datos son estimados y podrán variar en función de las condiciones efectivas del proyecto y de los diseños que se proyecten desde la ingeniería.

Tanto los gases provenientes de los separadores como los provenientes de la URV se entregan a un cabezal de consumo desde donde se hace suministro de gas a: sistema de gas blanketing, sistema de gas a caldera y sistema de gas a otros consumos.



Fotografía 2-4 Unidades UVR
Fuente: ECOPETROL S.A, 2025

✓ Sistema de almacenamiento y Despacho de Crudo

El crudo diluido en especificaciones es almacenado en tanques de tipo atmosférico de techo flotante. Esto operan de manera; es decir, mientras un tanque está despachando crudo el otro se está llenando. El despacho del crudo se hará mediante un sistema de bombeo a través de líneas de flujo en combinación con una operación alternada de despacho a través de carrotanques. Los tanques de almacenamiento se diseñarán de forma tal que puedan manejar un volumen contingente que supere porcentualmente la producción máxima diaria. (Ver **Fotografía 2-5**).



Fotografía 2-5 Tanques de almacenamiento
Fuente: ECOPETROL S.A, 2025

✓ Sistema de Alivios (TEAS para la quema de Gas)

Las teas son equipos de seguridad que consisten en tubos verticales (Ver **Fotografía 2-6**) u horizontales (Ver **Fotografía 2-7**) utilizados para quemar los gases sobrantes de un proceso o sistema, están compuestos por: piloto de ignición, unidad de chispa, sistemas e instrumentos de control de gas de ignición, presión, flujos, niveles, monitoreo de combustión y estructuras de soporte. Las especificaciones técnicas de diseño como el material, diámetro, altura, longitud, caída de presión eficiencia de combustión serán determinadas por el volumen, clase y composición de los gases a quemar en las facilidades.

La planta contará con un sistema de alivios compuesto por teas y recipientes K.O. Drum para la quema de los alivios con un flujo dimensionante del 10% del flujo total de entrada del CPF. La operación de las teas será completamente segura porque dispondrá de control automático de encendido, sensor de llama y alarma audible que indica la ausencia de combustión, para que involuntariamente no se produzcan emisiones de gas sin quemar a la atmosfera. El sistema de quemado de gas estará compuesto al menos por: 1 Tablero de control, 1 piloto de encendido, 1 flame arrester, 1 cilindro de gas para el piloto, 1 quemador, Stack, tensores y platina base.

Durante el tratamiento de fluidos será posible quemar el gas producido mientras se termina la construcción de la infraestructura necesaria. Se recomienda utilizar el sistema de Tea Vertical con Dique de contención.



Fotografía 2-6 TEA Vertical
Fuente: ECOPETROL S.A, 2025



Fotografía 2-7 TEA Horizontal
Fuente: ECOPETROL S.A, 2025

Sus características son las siguientes:

- El dique de contención debe tener como mínimo un área 81 m2 x 2,50 m de profundidad. A este punto llega el ducto del dique de contención desde los contrapozos.
- Realizar la construcción de la tea con tubería de 2’ a 4’.
- 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. Con el fin de soportar el calor en caso de presentarse combustión.
- Debe estar distante de las piscinas de corte. (para evitar que en caso de un influjo de gas el fuego se extienda hasta las piscinas).
- En lo posible debe ubicarse a una distancia de por lo menos 80 m de los contrapozos, su ubicación debe realizarse de maneras conjunta con un delegado del taladro.
- En el piso del dique se construirá una caja de 0,5 x 0,5 x 0,5 para recolectar alguna fuga de aceite o petróleo en caso de una emergencia.
- La tea debe estar por dentro del área de la locación y debe contar con un cerramiento. Como se muestra en la **Fotografía 2-6**.
- 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 aproximadamente de 15 m.

Facilidades para la generación y transporte de energía

La conexión de acometidas asegura el recibo y/o suministro de la energía eléctrica; en este sentido, esta conexión permite que las líneas (alta, media y baja tensión) lleven la energía eléctrica hacia y desde los Centros de Distribución CD, Centros de Maniobra CM y/o subestaciones (SE), a través de conductores que pueden disponerse de manera aérea o enterrada con las condiciones y

adecuaciones técnicas que corresponda según el tipo de conductor y longitud de transporte de energía. (Ver **Fotografía 2-8** y **Fotografía 2-9**)



Fotografía 2-8 Centros de Maniobras
Fuente: ECOPETROL S.A, 2025



Fotografía 2-9 Generadores
Fuente: ECOPETROL S.A, 2025

✓ Cargadero y Descargadero

El CPF contará con la opción de entrega / recibo de fluidos a través de un cargadero / descargadero que es una estructura utilizada para cargar los carrotanques que traerán y/o sacarán el crudo de la estación de tratamiento.

El cargadero contará, entre otros, con:

- Equipo de control de derrames
- Sistema de polo a tierra
- Sistema contra incendio
- Sistema de medición y liquidación manual de las entregas.

Estará dotado conexiones a carrotanques, permitiendo el cargue simultáneo. Contendrá una placa de piso en concreto, cárcamos perimetrales y cajas que permiten el drenaje en caso de derrames pequeños y aguas lluvias, en las se presenta la configuración estructural tipo para la construcción del cargadero, la cimentación estará conformada por zapatas y vigas de amarre en concreto, de acuerdo con las especificaciones de las Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente NSR-10, la estructura metálica estará conformada por columnas metálicas 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 carro tanques que permita confinar las aguas aceitosas y pequeños derrames provenientes de la operación de descargue y la conducción de estas a la red.



Fotografía 2-10 Cargaderos
Fuente: S.G.I S.A.S, 2025

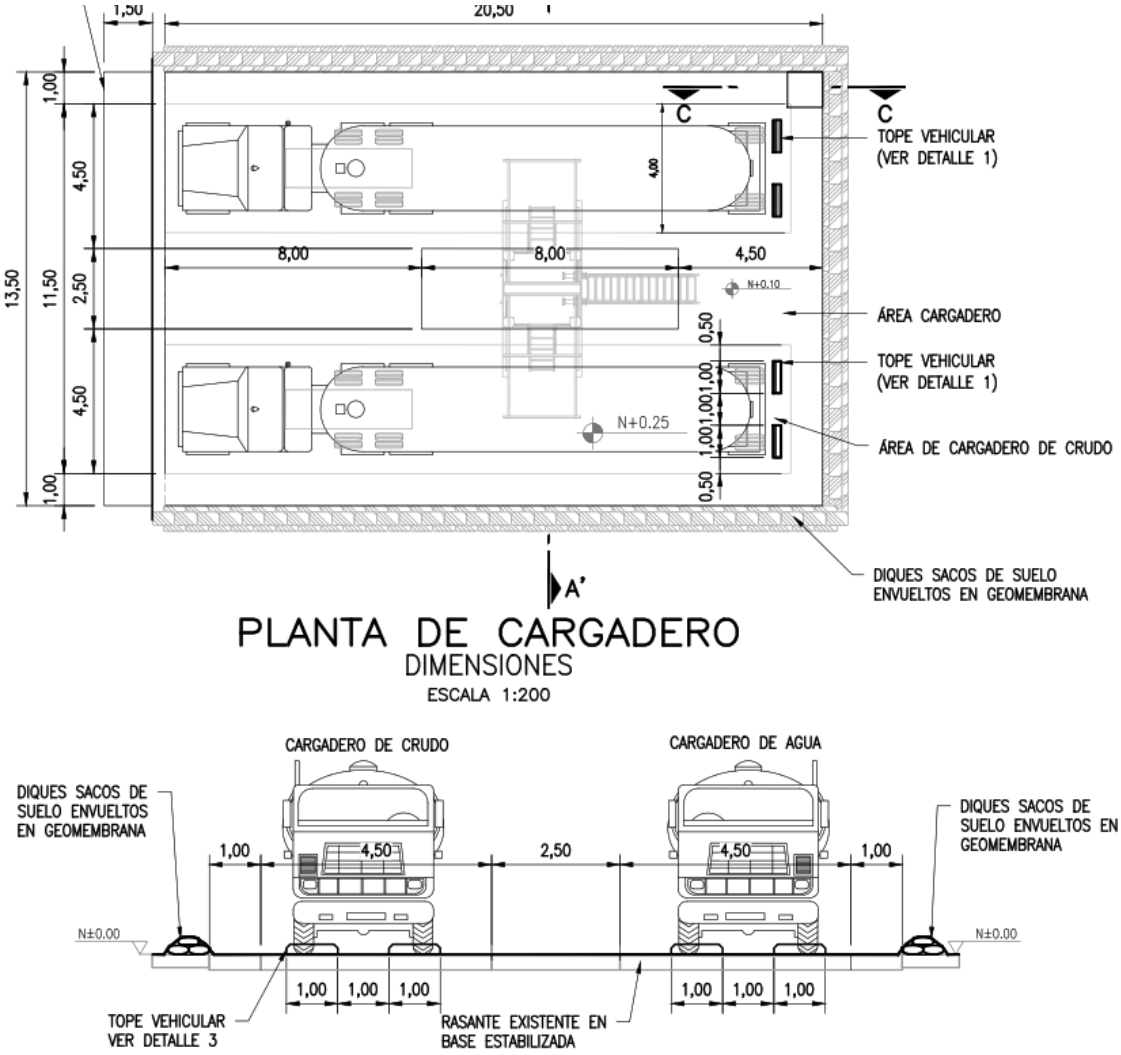


Figura 2-3 Diseño tipo de cargadero
Fuente: ECOPETROL S.A, 2025

- **Sistema de Bombeo Líquido**

Compuesto por bombas Booster construidas en acero inoxidable, o hierro fundido que tienen la función de tomar el crudo de los tanques de almacenamiento y dirigirlo hacia el sistema de dilución donde se inyecta Nafta para mejorar su movilidad en la etapa del transporte. (Ver **Fotografía 2-11**); el diseño final y el montaje de cada una deberá considerar las condiciones de operación, las características del fluido y el sitio de instalación.



Fotografía 2-11 Caseta de bombas Booster
Fuente: ECOPETROL S.A, 2025

- **Sistema de enfriamiento a través de aeroenfriadores**

Este sistema está conformado por compresores, tanques pulmón de aire y tanques de aire de instrumentos, filtros, compresores, secadores, aero enfriadores, entre otros; desde este sistema se inyecta aire a los equipos e instrumentos de control y monitoreo.

- **Sistema de vapor y condensado**

Se definió una etapa de compresión de los gases que salen de los tres separadores. Para los gases de baja presión, se planteó una unidad de recuperación de vapores (Boosting) para mezclarlos con los gases de alta y de media; este último se simuló como una caja negra, ya que se considera dentro del alcance de la ingeniería como una unidad paquete. La mezcla de estos gases, la corriente “5”, pasan por dos etapas de compresión; estas etapas de compresión cuentan con una trampa de condensados en la succión de los dos compresores y en la descarga de los compresores se utilizó un aero enfriador con el fin de disminuir la temperatura de estas corrientes.

- **Sistema de almacenamiento de combustible**

Su función es acumular la producción que se trata en la estación; existen diferentes tanques su diseño depende de la cantidad y características fisicoquímicas del fluido a almacenar en la estación. (Ver **Fotografía 2-12** y **Fotografía 2-13**). A estos tanques se encuentran conectadas las bombas encargadas del envío de la producción a través de líneas de Flujo hacia otras estaciones cercanas, o hacia el cargadero para su despacho en carrotanques.



Fotografía 2-12 Tanques Verticales
Fuente: ECOPETROL S.A, 2025



Fotografía 2-13 Tanques horizontales
Fuente: ECOPETROL S.A, 2025

Estos tanques están construidos en materiales industriales como acero, acero revestido en fibra de vidrio, entre otros, y diseñados para contener un producto determinado (crudo, agua, nafta, espuma, entre otros), la construcción de estos tanques debe cumplir con las normas API y debe ir a la par con la construcción de estructuras de protección como muros de retención (diques), la instalación apropiada de tuberías y dispositivos de desfogue y veteo, así como de instrumentos de medición y control de nivel. Para realizar el diseño de los tanques de almacenamiento se deberá tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- ✓ Necesidades de almacenamiento
- ✓ Volúmenes (mínimo y máximo)
- ✓ Tipo de producto, especificaciones y comportamiento
- ✓ Áreas disponibles, distancias a otras instalaciones
- ✓ Norma ASME para recipientes a presión

- ➢ **Sistema de aire Comprimido**

Estará conformado por un paquete de aire comprimido, montado en skid, compuesto por dos (2) compresores tipo tornillo, un (1) tanque pulmón orientación vertical construido en taller bajo código ASME secc. VIII Div. 1, dos (2) secadores refrigerativos, sistema de filtrado de aire, interconexiones de tubería y accesorios.

- ➢ **Sistema Contraincendios - SCI**

Para las Facilidades de Producción, se contempla un Sistema Contra Incendios (SCI) que cuente con una reserva de agua, la cual será almacenada en tanques o piscinas (Ver **Fotografía 2-14** y **Fotografía 2-15**), una estación de bombas, redes de tuberías distribuida sobre las áreas de las facilidades de producción más vulnerables, para que permita la circulación de agua y en un punto determinado de la red, conectado a un equipo (kit de espuma) que suministra un líquido espumógeno, el cual es transportado por una tubería hasta el objeto de riesgo donde finalmente se genera la espuma usada para extinguir el fuego. De igual forma, la red conducirá el agua a los objetos de riesgo (facilidades de producción), donde se colocarán hidrantes de agua y espuma cerca, para el enfriamiento de las paredes de los tanques.



Fotografía 2-14 Sistema SCI con piscinas de almacenamiento
Fuente: ECOPETROL S.A, 2025



Fotografía 2-15 Sistema SCI con tanques de almacenamiento
Fuente: ECOPETROL S.A, 2025

- **Estación y/o Subestación de calentamiento de Hidrocarburos**

✓ Calderas: Tienen como función principal suministrar vapor al intercambiador de calor para alcanzar la temperatura ideal de operación, el combustible a utilizar en estas calderas es ACPM, diésel o el gas natural generado en la estación luego de pasar por el tratamiento adecuado para su aprovechamiento. (Ver **Fotografía 2-16**). Estas calderas son de tipo acuo-tubular, es decir que el fluido pasa dentro de diferentes tubos longitudinales interiores, que se emplean para aumentar la superficie de calefacción, este proceso cuenta con un sistema Shut down que permite que la caldera se apague cuando ha llegado a su temperatura máxima de operación.



Fotografía 2-16 Calderas
Fuente: ECOPETROL S.A, 2025

✓ Intercambiadores de calor: Su propósito es elevar la temperatura del crudo para facilitar su movilidad, provocar el rompimiento de las emulsiones y permitir la acción de los químicos aplicados para el mismo fin. Dentro del Calentador ocurre un intercambio de calor por radiación, convección y conducción. (Ver **Fotografía 2-17**), pueden ser de tipo directo o indirecto.



Fotografía 2-17 Intercambiador de calor
Fuente: ECOPETROL S.A, 2025

- **Tratadores Electrostáticos**

Una vez el crudo sale de los calentadores ingresa a los tratadores electrostáticos, que tienen puntos de inyección de productos químicos como ácido acético, rompedor directo e indirecto, antiespumantes, entre otros. (Ver **Fotografía 2-18**).

Estos tratadores consisten generalmente en 3 secciones: la primera ocupa aproximadamente el 50% de su longitud denominada sección de calentamiento, a esta entra la emulsión donde se calienta para separar el gas disuelto u disminuir la viscosidad; la segunda es la sección central o de control de nivel (ocupa el 10% de la longitud del tratador). La tercera sección abarca aproximadamente el 40% y se denomina sección de asentamiento, donde la emulsión entra en contacto con las parrillas de electrodos energizadas provocando la separación de las fases, el crudo sale por el tope y el agua separada por el fondo.

El área promedio de cada subestación, es de 0.5 ha, no obstante, esta área depende del número de bahías que se requieran.



Fotografía 2-18 Tratadores Electrostáticos
Fuente: ECOPETROL S.A, 2025

- **Sistema de inyección de químicos para el tratamiento de gas y líquido**

Para el uso de los productos químicos y aditivos requeridos para el desarrollo de las estrategias se debe manipular y almacenar adecuadamente, cumpliendo las especificaciones descritas en las hojas de seguridad. (Ver **Fotografía 2-19**).



Fotografía 2-19 Inyección de químicos
Fuente: ECOPETROL S.A, 2025

- **Sistemas de tratamiento de agua de producción STAP**

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: inyección para procesos EOR, Disposal, entrega con otros campos y/o bloques, entrega a terceros autorizados, 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 varia 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 el proceso en función de las condiciones de las aguas a tratar.

- Separador de placas corrugadas CPI

El agua que ha sido separada del crudo se conduce a esta unidad en donde las gotas de aceite libres o dispersas, que han quedado remanentes en el agua, son eliminadas. Esto se logra gracias a la textura y disposición de las placas corrugadas dentro de la unidad, la permite que se minimice la

distancia en la cual cada gota o partícula libre de aceite puede juntarse o aglomerarse con otras gotas e incrementar su tamaño, ocasionando el aumento de su flotabilidad y consecuente ascenso a la capa superficial del agua para ser posteriormente recolectadas o removidas mecánicamente.

- Unidad de Flotación

Esta unidad opera como complemento al CPI aumentando la remoción de aceite presente en el agua. En este, las gota o partículas de aceite de adhieren a las burbujas de gas que se inyectan en la unidad disminuyendo su densidad, permitiendo acelerar su proceso de flotación hacia la superficie de la lámina de agua y posterior remoción mecánica.

- Filtro para remoción de compuesto orgánicos

Esta unidad permitirá la remoción del aceite soluble (hidrocarburos solubles) a partir de la adsorción; esta unidad posee materiales sólidos porosos conocidos como adsorbentes a través de los cuales pasa el agua en tratamiento. Los hidrocarburos solubles (y otros compuestos) se adhieren a la superficie adsorbente, siendo retenidos por la estructura porosa del material.

- Sistema de tratamiento de gas nitrógeno

El gas natural que contiene nitrógeno es parcialmente condensado; el metano y el nitrógeno son separados en un sistema compuesto por columnas de destilación. En la **Tabla 2-6**, se presentan las tecnologías que podrían utilizarse para la eliminación de nitrógeno.

Tabla 2-6 Opciones tecnológicas para la remoción de Nitrógeno

TECNOLOGÍA	DESCRIPCIÓN
Fraccionamiento criogénico	*Es un proceso utilizado para separar y purificar los componentes del gas mediante la aplicación de temperaturas extremadamente bajas. En este proceso, el gas de nitrógeno se enfría a temperaturas criogénicas, lo que provoca la condensación y separación de los diferentes componentes en el gas. Generalmente se lleva a cabo en una unidad de separación criogénica, que consiste en una serie de intercambiadores de calor, columnas de destilación y unidades de compresión. Requiere además un sistema de pretratamiento, compresión y de deshidratación. Con esta tecnología se puede lograr una alta recuperación de hidrocarburos (del 99%).*
Membranas	*Se utilizan membranas selectivas para la separación del gas, principalmente nitrógeno, de otros gases presentes en la corriente de alimentación. Esta tecnología se basa en las diferencias de velocidades de difusión de los diferentes gases a través de la membrana lo que permite la separación en función de sus características moleculares. Con esta tecnología se puede lograr una recuperación de hidrocarburos del 90%.*
Puerta molecular	*Proceso de separación que se basa en la capacidad de ciertos materiales porosos para seleccionar moléculas específicas y permitir su adsorción en función de su tamaño y polaridad. Se utilizan materiales cristalinos con estructuras porosas regulares que actúan como puertas moleculares, permitiendo la adsorción selectiva de ciertos componentes del gas mientras se excluyen otros. Puede requerir de un sistema de pretratamiento, compresión y de deshidratación. Con esta tecnología se puede lograr una recuperación de hidrocarburos del 90%.*
Absorción de solvente (AET)	*En este proceso se utiliza un solvente líquido para capturar y eliminar componentes específicos del gas de nitrógeno. Con esta tecnología se puede lograr una alta recuperación de hidrocarburos (del 99%).*
Esponja de nitrógeno	*La esponja de nitrógeno es un material que tiene una gran capacidad para absorber gases y se utiliza para purificar el gas de nitrógeno y separarlo. Con esta tecnología se puede lograr una recuperación de hidrocarburos del 92%.*

Fuente: ECOPETROL S.A, 2015

- Sistema de Remoción de H2S

Para la remoción de H2S (Sulfuro de Hidrogeno) se podrá utilizar alguna de las siguientes tecnologías descritas a continuación en la **Tabla 2-7**, o una combinación de estas:

Tabla 2-7 Opciones tecnológicas para la remoción de H2S

TECNOLOGÍA PROCESOS DE ELIMINACIÓN NO HÚMEDOS	DESCRIPCIÓN
Óxidos de hierro y cinc	*Se basan en la reacción del óxido de un metal con el H_2S para formar el sulfuro del correspondiente metal. Los óxidos son típicamente no regenerables aunque algunos se pueden regenerar parcialmente, pero siempre irán perdiendo actividad en cada ciclo de generación hasta que sea indispensable su sustitución. Para la regeneración se realiza una oxidación para producir azufre elemental y el óxido del metal regenerado. Los metales más empleados para este tipo de proceso son hierro y cinc.* *Se pueden dividir en dos grupos: oxidación a azufre y oxidación a óxidos de azufre. Para el tratamiento de biogás se puede producir mediante esta técnica SO2, por lo que no se recomienda este tipo de proceso.* *Los procesos que emplean óxido férrico son conocidos como "iron sponge". Según la ecuación de la reacción química, 1 kg de Fe2O3 puede eliminar estequiométricamente 0,64 kg de H2S.*
Proceso Claus (oxidación directa)	*Se basa en la oxidación catalítica del H_2S a azufre elemental. Se trata de uno de los procesos más populares empleados a escala industrial para la eliminación de H_2S con recuperación de azufre elemental. En una primera etapa el H_2S es parcialmente oxidado a SO_2 con aire, y en una segunda etapa, la mezcla H_2S/SO_2 es oxidada a azufre elemental y agua, empleando bauxita como catalizador. La eficacia de conversión de H_2S a azufre elemental es del 90-95%.*
Sólidos alcalinos	*También se pueden emplear sustancias sólidas alcalinas como hidróxido de sodio o cal apagada, normalmente se emplean disueltas en agua para utilizarlas en scrubbers, pero también se pueden utilizar de forma sólida granular.*
Adsorbentes	*Tanto las zeolitas naturales como las sintéticas poseen un tamaño de poro extremadamente uniforme, siendo empleadas para la deshidratación o purificación de efluentes gaseosos. Las sustancias polares como agua, ácido sulfhídrico, dióxido de azufre, amoniaco, sulfuro de carbono y mercaptanos son adsorbidos muy fuertemente, pudiendo ser eliminados de sustancias no polares, como por ejemplo el metano.*
	El carbón activo granulado (CAG) es fundamentalmente empleado para la eliminación de COV´s. La utilización para la eliminación de H_2S ha sido limitada para la eliminación de pequeñas cantidades de H_2S, fundamentalmente en sistemas de desodorización. Para aumentar la eficacia el CAG se ha impregnado con sustancias alcalinas u óxidos. La adsorción química también Existen tres tipos básicos de carbón activado: catalizador impregnado (el cual se puede regenerar), carbones impregnados y carbones no impregnados (vírgenes).

Fuente: ECOPETROL S.A, 2015

Cabe precisar que estos sistemas y tecnologías son estimados y podrán variar en función de las condiciones del proyecto y de la disponibilidad de tecnologías en el mercado al momento de llevarse a cabo.

- Sistema de Tanque Sumidero

El tanque sumidero es un recipiente que recibe los condensados provenientes de los scrubber (de gas, de nafta, entre otros) así como los drenajes de los tanques de lavado y de los tanques de diluyente. Este tanque permite la separación del agua de los fluidos orgánicos (crudo o nafta); estos condensados recuperados se recirculan hacia el tanque de rechazos o tanque de producto fuera de especificaciones. El agua del sumidero se bombea al STAP.

Adicionalmente, en las Facilidades Satélite se podrá contar con procesos complementarios para la inyección de agua; este es el caso del Sistema de Tratamiento de Aguas de Producción -STAP- que complementaría y apoyaría los procesos de tratamiento del agua para inyección optimizando áreas, procesos y requerimientos energéticos.

- Sistema de combustible Diesel

El Diesel se recibe a través de carrotanques para ser utilizado como combustible de respaldo para hornos, generadores y bombas del sistema contra incendios.

Las Facilidades Centrales de Producción -CPF- reciben la producción de crudo, gas y agua del Área de Desarrollo Bucare, 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 hacía 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 , 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 es dirigida al sistema de dilución y luego es enviada al sistema de separación secundaría configurado por las Botas de gas y Tanques de lavado. A la salida de este proceso el crudo deshidratado en 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 hacía 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) hacia mezcladores estáticos y las troncales de distribución.

- ✓ Campamento y zonas no Industriales

A continuación, se realiza la descripción de los principales grupos de sistemas Las Facilidades Centrales de Producción -CPF- contarán con un grupo de sistemas entre los cuales se evidencian en los campamentos temporales corresponden a aquellos sitios destinados y adecuados para la ubicación de oficinas, talleres, bodegas de material, entre otros, que se requieren en cada frente de obra sin que implique o corresponda a sitios para el alojamiento y albergue del personal.

La ubicación del campamento temporal se proyecta lo más cerca posible al área de intervención o dentro de esta, e incluye la instalación de tiendas de campaña, módulos prefabricados, contenedores convertidos en oficinas o comedores, baños, espacios de reuniones, etc.

Una vez finalizadas las actividades operativas, se procede al desmantelamiento y retiro del campamento temporal; se realizará la limpieza y recuperación del área de instalación. (Ver **Fotografía 2-20** y **Fotografía 2-21**)



Fotografía 2-20 Campamentos permanentes
Fuente: S.G.I S.A.S, 2025



Fotografía 2-21 Campamentos temporales
Fuente: S.G.I S.A.S, 2025

2.2.2.5.1.4 Métodos constructivos y operativos

Las actividades requeridas para ejecutar durante la construcción, instalación de infraestructura y operación para el adecuado funcionamiento de la Central de la Facilidad de Producción -CPF- son presentadas en la **Tabla 2-8**, Cabe precisar, que dentro del proceso constructivo al interior del CPF, se pueden ejecutar mediante fases y tendrán actividades conexas relacionadas con líneas mecánicas, instalaciones eléctricas e instrumentación.

Tabla 2-8 Actividades a ejecutar en la construcción y operación del CPF

ETAPA	SUBETAPA	ID	ACTIVIDAD
ETAPA PREOPERATIVA		***A-01***	Adquisición de predios y derechos de servidumbres
CONSTRUCTIVA	***ADECUACIÓN Y/O CONSTRUCCIÓN DE OBRAS CIVILES (Vías, Locaciones, ZODMES, Facilidades de Producción, infraestructura eléctrica y/o autogeneración)***	***A-02***	*Localización y replanteo*
		A-03	*Desmonte, descapote, rocería y limpieza*
		A-04	*Movimiento de tierras (excavación, cortes y rellenos)*
		A-05	*Cuneteo, extendido, nivelación y compactación*
		A-07	*Construcción y/o adecuación de obras para manejo de aguas superficiales, lluvias y aceitosas*
		A-08	*Construcción y/o adecuación de estructuras en concreto*
		A-09	*Montaje e instalación de estructuras metálicas*
		A-10	*Estabilización y/o Revegetalización de taludes*
		A-11	*Operación de maquinaria y equipos*
OPERATIVA	***FACILIDADES DE PRODUCCIÓN***	***A-34***	*Operación de los sistemas de separación, almacenamiento, transporte y manejo de fluidos (crudo, gas y agua de producción)*
		A-35	*Instalación y operación de Tea*
	MANTENIMIENTO	***A-42***	*Mantenimiento de vías de acceso, locaciones y facilidades (incluye infraestructura, equipos y maquinaria)*
DESMANTELAMIENTO, ABANDONO Y RESTAURACIÓN		***A-46***	*Desmantelamiento de instalaciones, retiro de equipos e infraestructura y salida de maquinaria.*
		A-47	*Cierre de piscinas y abandono de áreas para manejo de lodos y cortes de perforación*
		A-49	Demolición y desmonte de infraestructura
		A-50	Limpieza de áreas
		A-51	Reconformación del terreno, empradización y/o revegetalización

ETAPA	SUBETAPA	ID	ACTIVIDAD
		A-52	Cierre de compromisos socio ambientales
ACTIVIDADES TRANSVERSALES		*A-53*	*Contratación de mano de obra*
		A-54	*Adquisición de bienes y servicios*
		A-55	*Transporte terrestre y/o aéreo de materiales, equipos, maquinaria, insumos y personal*
		A-56	*Instalación y operación de campamentos temporales*
		A-57	Operación de ZODME
		A-58	Uso de productos químicos, lubricantes y combustibles
		A-59	*Captación, transporte, almacenamiento y distribución de agua superficial para uso doméstico e industrial*
		A-60	*Captación, transporte, almacenamiento y distribución de agua subterránea para uso doméstico e industrial*
		A-61	*Gestión (Manejo, tratamiento y disposición final) de residuos líquidos domésticos y no domésticos*
		A-62	*Gestión (Manejo, tratamiento y disposición final) de residuos sólidos*
		A-63	*Manejo y disposición de residuos peligrosos*
		A-64	Reubicación de infraestructura de servicios públicos

Nota 1: El grupo de actividades transversales es necesario y complementario para la ejecución y el desarrollo de las diferentes estrategias del proyecto
Nota 2: 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: ECOPETROL S.A, 2015

- **Etapa Preoperativa**

✓ Adquisición de predios y derechos de servidumbres (A-01)

Actividad que se asocia a la negociación con los propietarios de los terrenos, donde se proyectan las áreas de intervención para la construcción de infraestructura como vías, locaciones, facilidades de producción, infraestructura eléctrica, líneas de flujo que son propuestas por el proyecto, con el fin de realizar la negociación o constitución de las servidumbres requeridas. La negociación se realiza en atención a la Ley 1274 de 2009 “Por la cual se establece el procedimiento de avalúo para las servidumbres petrolera” (o la que se encuentre vigente al momento de ejecución del proyecto).

- **Etapa Constructiva**

✓ Localización y replanteo (A-02)

Esta actividad se ejecuta en las diferentes especialidades que intervienen el proyecto (civil, mecánica, tubería y eléctrica), haciendo uso adecuado de un equipo topográfico, planimétrico y altimétrico, con base en las coordenadas y cotas indicadas en los planos de la Ingeniería final del proyecto.

El propósito general de la actividad es determinar la localización exacta de las obras en el terreno, entre ellas determinar la localización exacta de las facilidades de producción, proyectos lineales, locaciones para pozos, etc.

✓ Desmonte, descapote, rocería y limpieza (A-03)

Esta especificación reglamenta la ejecución de las operaciones de rocería de la vegetación, pastos o céspedes sobre el terreno natural, incluyendo la tala de árboles con un DAP menor o igual a 15

cm en el área de los trabajos a ejecutar. La remoción y la disposición de los materiales provenientes de dichas actividades, conforme a lo indicado en los planos, se transportará y dispondrá en un botadero ubicado en la zona.

- ✓ Movimientos de tierra (Excavaciones, cortes y rellenos) (A-04)

Estos trabajos consisten en cortar, excavar y rellenar, cargar y transportar, el material removido en el sitio o área adyacente de la explanación para conformación de la subrasante de la misma. La actividad también incluye protección contra derrumbes potenciales por la excavación, dando como alternativa de solución el perfilado de las caras de la excavación por medio de taludes y/o terrazas. Comprende la disposición, conformación y compactación del material sobrante en la ZODME.

- ✓ Cuneteo, extendido, nivelación y compactación (A-05)

Consiste en la colocación, extendido, nivelación y compactación de los materiales seleccionados, los cuales pueden ser de la misma excavación (Cuando estos cumplen con las especificaciones técnicas físico mecánicas y no se encuentran contaminados), o por medio de materiales de fuentes autorizadas, para cubrir las cimentaciones y llenar los espacios sobrantes de las excavaciones, alcanzando las cotas de diseño. Su almacenamiento se puede realizar en el área de la locación o en el área del Derecho de Vía (DDV) cercano a cada Frente de Obra realizando el respectivo cubrimiento, demarcación y señalización.

- ✓ Construcción y/o adecuación de obras para manejo de aguas superficiales, lluvias y aceitosas (A-07)

Esta actividad comprende la construcción de elementos y estructuras asociadas a los sistemas para el manejo adecuado de aguas lluvias y aceitosas como: cunetas en concreto o en tierra recubiertas con otro material, disipadores, obras de protección y control de cauces, sistemas de drenaje, skimmer, desarenadores, piscinas, estructuras de entrega de fluidos y demás obras para drenaje o manejo de residuos líquidos.

- ✓ Construcción y/o adecuación de estructuras en concreto (A-08)

Consiste en el suministro de materiales, fabricación, instalación, vibrado, curado y acabados de los concretos requeridos, para la construcción de estructuras como placas de concreto, contrapozos y anclajes. También se incluyen otras obras menores como andenes, sardineles, cerramientos, entre otras. Dicho concreto por lo general es reforzado (contiene acero de refuerzo) y también puede ser adquirido por medio de empresas certificadas y cercanas al área del proyecto, que suministren concreto premezclado.

- ✓ Montaje e instalación de estructuras metálicas (A-09)

Esta actividad consiste en el montaje e instalación en campo de todas las partes de acero estructural necesarios para la construcción de los elementos y estructuras metálicas que se muestran en los planos de diseño.

Consiste en el montaje de estructuras metálicas requeridas para el Proyecto como: Desarenadores, skimmers, barandas metálicas en puentes, perfiles, ángulos, instalaciones de apoyo, contenedores, cerramientos, puertas, caseta de celaduría, cubiertas metálicas para áreas de químicos, etc. Las piezas de cada elemento generalmente se unen a través de soldadura, la cual se consigue por el efecto de fusión que proporciona la aportación de calor, por la aportación de otro metal de enlace o por la combinación de ambos efectos.

Se debe complementar información teniendo en cuenta los requerimientos para instalaciones de apoyo, como cerramientos, puertas, caseta de celaduría, cubiertas metálicas para áreas de químicos, etc.

- ✓ Estabilización y/o Revegetalización de taludes (A-10)

Conjunto de actividades destinadas a proteger y mantener estables las superficies inclinadas como taludes y terraplenes, que se generan como producto de las labores de excavación o rellenos, sobre los sitios indicado en los planos o determinados por el proyecto. Estas actividades pueden ser entre otras: Muros de contención, gaviones, tierra armada, fundaciones/cimentaciones, instalación de agromantos, trinchos, estabilización y reconformación de taludes, etc. con el fin de garantizar la estabilidad de taludes, generalmente en locaciones, facilidades, proyectos lineales y vías de acceso.

La actividad de revegetalización incluye el suministro, manejo y siembra de material vegetal vivo, con el fin de cubrir el terreno que, por diferentes causas, ha sido despojado de la cobertura vegetal y se encuentra expuesto a la erosión, poniendo en peligro la estabilidad de las obras.

- ✓ Operación de maquinaria y equipos (A-11)

Se refiere a la utilización y el funcionamiento de los equipos y maquinaria (Retroexcavadora, buldócer, cargador, vibrocompactador, motoniveladora, etc.) necesarios para la ejecución de las actividades de construcción y/o adecuación.

- ✓ Operación de los sistemas de separación, almacenamiento, transporte y manejo de fluidos (crudo, gas y agua de producción) (A-34)

Los fluidos provenientes del(os) pozo(s) se reciben en el múltiple de recibo y de allí pasan a los separadores donde por medio de procesos físicos son aislados el crudo, el gas, el agua y las arenas que provienen como una sola mezcla de las formaciones productoras. El gas efluente se envía al sistema de tea, el crudo es dirigido a los tanques de fiscalización y almacenamiento, mientras el agua se lleva hacia el sistema de tratamiento.

Esta actividad incluye la movilización y transporte de los combustibles requeridos en la autogeneración de energía como ACPM, crudo, gas Licuado de Petróleo – GLP. Incluye la labor de almacenar en tanques el crudo y otros fluidos producidos y después transportarlos en carrotanque por vía terrestre hasta facilidades tempranas o una estación.

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.

- ✓ Instalación y operación de Tea (A-35)

Esta actividad tiene como propósito la instalación de un quemador provisional 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 quemados.

El gas es conducido del contrapozo a los separadores y de estos hasta el foso de la tea mediante una tubería donde finalmente se quema produciendo llama y calor. Para la Tea o zona para probable incineración temporal de gas se contemplan tres (3) alternativas; así:

- Tea Vertical con Dique de Contención.
- Tea Vertical en Superficie.
- Quemador Horizontal Portátil.

- ✓ Mantenimiento de vías de acceso, locaciones y facilidades (incluye infraestructura, equipos y maquinaria) (A-42)

Son acciones que se realizan a las obras existentes de tal manera que las mismas funcionen bajo las mejores condiciones de diseño y con el propósito también de ampliar su vida útil.

Estas acciones comprenden limpiezas, arreglos, reparaciones y revisiones sobre la estructura que conforma la vía (Base, subbase, afirmados, crudos de río, superficie de rodadura), obras hidráulicas y geotécnicas, sintetizadas en las siguientes actividades:

i. Reparación de baches e irregularidades.
ii. Cuneteado, nivelación y compactación del terreno.
iii. Limpieza y/o reparación de estructuras de drenaje y de estabilización.
iv. Desmonte y Rocería

Para el mantenimiento de vías de acceso, locaciones y facilidades se incluye el control y monitoreo de la estabilidad de las obras, el cual consiste en la verificación, reparación y/o construcción de obras de estabilidad como gaviones, trinchos, obras de drenaje, entre otras en las áreas intervenidas por el proyecto.

También se contempla el mantenimiento de las Obras de Arte, como se describen a continuación:

i. Limpieza de sedimentos y residuos localizados en el conducto principal y áreas aledañas.
ii. Reparación o cambio de elementos de la estructura que lo requieran como aletas, cabezotes, tuberías, entre otros.
iii. Colocación de una capa de afirmado en la sección superior de la obra, por donde circularán los vehículos, para las obras que no tienen placa en concreto como las alcantarillas circulares.
iv. Perfilado y adecuación de los accesos a las obras de arte mediante la instalación y compactación de afirmado.

- ✓ Desmantelamiento de instalaciones, retiro de equipos e infraestructura y salida de maquinaria (A-46)

El desmantelamiento involucra las actividades de desmontar y retirar todas aquellas instalaciones e infraestructura que no se requieren para la fase de producción si es el caso, o si se decide abandonar definitivamente el área. Incluye el desmantelamiento y retiro de campamentos, bodegas, equipos, entre otros.

Esta actividad también incluye la salida de maquinaria y equipos se realiza generalmente mediante tractomulas y camiones luego de desmontadas las instalaciones.

Para el desmantelamiento de líneas eléctricas se buscará como primera medida el comisionamiento de líneas de transmisión y/o distribución 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 y distribución de energía eléctrica y dejar la zona en condiciones iguales o mejores a las encontradas antes de su construcción y como alternativa se puede presentar a las empresas prestadoras de este servicio público para revisar la posibilidad de entregarse al sistema de trasmisión nacional.

En lo referente a líneas de flujo se realizará el desmantelamiento y retiro de equipos accesorios a las líneas de flujo, los mismos (en función de su estado) podrán ser utilizados en otros lugares donde se requieran y en el caso de haber cumplido con su vida operativa serán retirados y almacenados para su posterior chatarrización, mientras que para la tubería se desmantelara la tubería en superficie paras su empleo en otras actividades (i.e: estructuras de contención "trinchos", puentes, entre otros) , mientras para la tubería enterrada se evaluará la pertinencia de su retiro o permanencia con su debido manejo.

Para el desmantelamiento, abandono y restauración del área se deberá tener en cuenta lo definido en el Artículo 2.2.2.3.9.2 del Decreto 1076 del 26 de 2015 que establece “para la definición del plan de desmantelamiento y abandono: Cuando el Proyecto requiera o deba iniciar su fase de desmantelamiento y abandono, el titular deberá presentar a la autoridad ambiental competente, por lo menos con tres (3) meses de anticipación un plan que contenga como mínimo los requerimientos definidos en el citado artículo.”

- ✓ Cierre de piscinas y abandono de áreas para manejo de lodos y cortes de perforación (A-47)

El cierre de piscinas consiste en dejar el terreno en condiciones similares a las iniciales y de ser posible empradizar la zona. Las piscinas serán tapadas con materiales de zonas de excavación o materiales sobrantes y luego se realizará su reconformación vegetal.

- ✓ Demolición y desmonte de infraestructura (A-49)

Cuando finaliza, o incluso en simultánea, con la actividad “Desmantelamiento de instalaciones, retiro de equipos e infraestructura y salida de maquinaria” (A46), se hace el retiro de materiales que pueden se reutilizados o reciclados y se procede a la demolición controlada a través del uso de equipos de corte o cizallas (o cualquier otro equipo que pueda servir en la demolición). 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.

Es importante mencionar que en el marco de la Resolución 1257 de 2021 “Por la cual se modifica la Resolución 412 de 2017 sobre la gestión integral de residuos de construcción y demolición – RCD y se adoptan otras disposiciones”, se podrán realizar aprovechamiento de los RCD generados entre este y otros Campos aledaños, para su uso en diferentes proyectos, en cumplimiento con las disposiciones establecidos en la mencionada resolución.

Corresponde a la demolición de las estructuras en concreto (obras de drenaje y manejo de aguas, muertos de anclajes, placas de concreto etc.), desmonte de estructuras y elementos portátiles y retiro de todos los residuos y elementos contaminantes del área.

Las estructuras que previenen la generación de procesos erosivos como cunetas de aguas lluvias, filtros, zanjas de coronación, trinchos, gaviones y desarenadores deben conservarse.

- ✓ Limpieza de áreas (A-50)

Una vez se ha desmontado la infraestructura, equipos, demoliciones y cierre de pozo y contrapozo, se procede a dejar el sitio libre de escombros y residuos y en condiciones seguras para su uso futuro o para la restauración a sus condiciones iniciales.

- ✓ Reconformación del terreno, empradización y/o revegetalización (A-51)

Actividad que corresponde a la siembra de especies generalmente de tipo rastrero en aquellas áreas intervenidas que se van a abandonar definitivamente o que no se usarán en la etapa de producción en caso de presentarse con el objeto de mitigar la afectación del paisaje y la aparición de procesos erosivos.

De acuerdo con el análisis de ingeniería se realizarán actividades necesarias para el abandono del área garantizando la estabilidad general de la localización y áreas intervenidas. Considerando las condiciones de geomorfología y geotécnicas de las áreas proyectadas a intervenir, se evaluará la viabilidad de realizar una reconformación total o parcial considerando la estabilidad general y local de las áreas intervenidas al momento de realizar las actividades de recuperación. Posteriormente a las actividades requeridas de estabilización se realizarán actividades de empradización y/o revegetalización según se requiera y construcción de obras de drenajes asociadas a la reconformación del área.

Cabe precisar que, si bien anteriormente se describió una empradización y revegetalización inducida, es posible que, por las condiciones ambientales del área, estas se den de manera natural ante lo cual no sería necesario el forzar la restauración más allá de la reconformación del terreno.

- ✓ Cierre de compromisos socio ambientales (A-52)

Esta actividad se realizará al finalizar la totalidad de las operaciones en el Campo. Su principal objetivo es de realizar el seguimiento y la entrega de las áreas intervenidas donde se valida el cumplimiento de la gestión ambiental, buscando que la entrega de las áreas intervenidas, se encuentren en condiciones iguales o mejores a las que se identificaron en la línea base del proyecto, lo cual debe ser soportado con las evidencias documentarles como actas, informes y registros fílmicos y fotográficos.

El uso final del suelo de las vías de acceso y facilidades será el mismo que se tenía antes de la intervención. Para el caso de las vías, se establecerá con el propietario, previa aprobación por parte de ANLA si este considera dejar tal como están (haciendo responsable de su mantenimiento al propietario por medio de acta) o ser devueltas a su condición original en cuanto a uso del suelo se refiere.

Se cumplirá con el programa de compensación para el medio biótico, mediante las actividades de reforestación, buscando la regeneración natural y promover la vocación de conservación de los ecosistemas sensibles como de las especies de fauna asociadas a estos ecosistemas. Este proceso se lleva a cabo una vez que se han cumplido todas las condiciones y requisitos establecidos en el acto administrativo de licenciamiento.

Para el Medio Socioeconómico se realiza el seguimiento y cierre a los compromisos derivados del PMA y PBC, los cuales están orientados a mantener informados y atender las PQRS a los grupos de interés como: Autoridades locales, comunidades, asociaciones y agremiaciones, propietarios de predios, y los programas de capacitación y fortalecimiento institucional y comunitario en sectores distintos a hidrocarburos ejecutados durante la operación como alternativa de implementar nuevas prácticas económicas y reactivación o recuperación de la vocación económica del territorio.

- **Actividades Transversales**

✓ Contratación de mano de obra (A-53)

El proceso de contratación involucra el cumplimiento de la normativa existente:

1) El Servicio Público de Empleo (SPE) creado por la Ley 1636 de 2013 como una herramienta eficiente y eficaz de búsqueda de empleo. Su función principal es lograr la mejor organización posible del mercado de trabajo. Para ello, ayuda a los trabajadores a encontrar un empleo conveniente, y a los empleadores a contratar trabajadores apropiados a las necesidades de las empresas.

2) del decreto 1668 de 2016, Reglamentario del Sector Trabajo, referente a la contratación de mano de obra local en municipios donde se desarrollen proyectos de exploración y producción de hidrocarburos, en cumplimiento de la normativa generada por el ministerio del trabajo, las normas sobre vacantes en el sector hidrocarburos.

✓ Adquisición de bienes y servicios (A-54)

La contratación de bienes y servicios en Ecopetrol se ejecuta mediante un modelo estratégico de abastecimiento transversal y habilitador, con el objetivo de asegurar el suministro efectivo, responsable y sostenible a largo plazo, de bienes y servicios de forma segmentada en términos de costo, oportunidad, desempeño, calidad y nivel de riesgo, con talento humano capacitado y motivado, y en un entorno organizacional y tecnológico basado en mejores prácticas.

La adquisición de bienes y servicios estará alineada a la justa y sana competencia, la transparencia, equidad y oferta disponible. Se aprovecharán los recursos disponibles asociados a hoteles, víveres y materiales que se encuentren dentro de las veredas y municipios establecidos como área de influencia del estudio en la medida que sea requerido. También se podrá adquirir bienes y servicios acorde con la política de la empresa y la legislación correspondiente. Se promoverá la contratación de bienes y servicios locales.

✓ Transporte terrestre y/o aéreo materiales, equipos, maquinaria, insumos y personal (A-55)

El transporte terrestre consiste en el ingreso y salida de maquinaria pesada (retroexcavadora, volquetas, buldócer, cargador, vibrocompactador, grúas, carromachos, etc.), equipo (taladro, tanques, mezcladora, canguros, etc.), materiales diferentes al agua (combustibles, químicos, triturado, material de arrastre, cemento…etc.) y personal, necesarios para la ejecución de actividades en todas las etapas del proyecto. La movilidad terrestre se efectuará a través de las vías existentes y/o vías a construir.

El transporte de los materiales debe hacerse hasta las áreas establecidas para el frente de trabajo, con su adecuada protección, esto incluirá el cargue y el descargue en cualquier almacenamiento intermedio o punto de transferencia en la ruta de transporte. Incluye el transporte de material suministrado por fuentes de material autorizado.

Para la movilización de equipo de perforación se utilizarán camas bajas, camas altas y tracto camiones, dependiendo de la carga a transportar. y en algunos casos puede requerirse el uso de tractocamiones para transportar carga extra dimensionada, hasta las locaciones donde se proyecta la perforación de pozos.

Transporte aéreo opcional mediante helicóptero para traslado de personal, equipos, insumos y maquinaria para el desarrollo del Proyecto. También se incluye para una eventual emergencia como medio de evacuación y transporte de material de residuos sólidos (En caso de requerirse). Esta

actividad debe contar con los respectivos permisos otorgados por la Aeronáutica de Colombia y cumplir con la normatividad que aplique.

✓ Instalación y operación de campamentos temporales (A-56)

Los campamentos temporales corresponden a aquellos sitios destinados y adecuados para la ubicación de oficinas, talleres, bodegas de material, entre otros, que se requieren en cada frente de obra sin que implique o corresponda a sitios para el alojamiento y albergue del personal.

La instalación de campamentos temporales o provisionales se utilizan como puntos de reunión, hidratación (botellones de agua), puntos ecológicos y unidades sanitarias portátiles. Son instalaciones sencillas que ubican en lo posible cerca al área de intervención y están compuestas generalmente por carpas instaladas durante la etapa de adecuación, construcción de obras civiles, eléctricas, mecánicas, pruebas de producción y se trasladan de acuerdo con las necesidades durante la ejecución del Proyecto. Cabe precisar, que dentro de las locaciones se destina un área para Campamentos y Oficinas, diferentes a los campamentos temporales o provisionales requeridos para la ejecución de actividades constructivas.

Una vez finaliza la construcción o la actividad de mantenimiento que requiere de la instalación del campamento, se procede al desmantelamiento y retiro de este y la limpieza y recuperación del área donde temporalmente se dispuso.

✓ Operación de la ZODME (A-57)

Dado que las actividades de adecuación, ampliación y construcción de los diferentes tipo de infraestructura involucran la excavación para cimientos, zanjas y otras infraestructuras, es posible que se genere un volumen de material sobrante (aun cuando la premisa del Área de Desarrollo es la de tener construcciones basadas en material compensado); este material sobrante de excavación podrá ser dispuesto y/o acopiado, para ser utilizado posteriormente en obras de relleno y/o nivelación del propio Campo, ya sea dentro de los polígonos designados para la construcción y/o ampliación de locaciones, facilidades de producción, proyectos lineales, generación de energía, etc. y en el escenario en el que las condiciones del área de estas instalaciones no se dispone de espacio suficiente para la disposición y/o acopio de este material sobrante será llevado a alguna de las ZODME generales del Área de Desarrollo, según la Estrategia de Desarrollo (ED13) "Construcción. adecuación y operación de Zonas de Disposición de Materiales Sobrantes de Excavación -ZODME".

Dentro de los polígonos de infraestructura a construir y que contemple áreas para la disposición de materiales, estas podrán ser de uso mixto, es decir, podrán acopiar o bien material de excavación sobrante o bien material de descapote, adecuadamente dispuestos. Estas áreas podrán requerir, entre otros, de nivelación del terreno, instalación de barreras de contención y demás medidas técnicas y de manejo ambiental.

✓ Uso de productos químicos, lubricantes y combustibles (A-58)

Se contemplan las actividades relacionadas con el suministro y manejo de combustibles (gas, ACPM, GLP, etc.), sustancias químicas y lubricantes para las diferentes actividades durante las etapas de construcción, operación y desmantelamiento, abandono y restauración.

Está actividad cobija el transporte y suministro del combustible (Diesel) requerido para el funcionamiento de la maquinaria que este siendo utilizada (i.e: Retroexcavadora, “Rana”, Vibro Compactador, Bob Cat, entre otros); el transporte se realizará en camiones cisterna y el suministro del combustible a los diferentes equipos y/o maquinaria se realizara desde el camión cisterna, contando con las medidas de seguridad necesarias para evitar y/o controlar eventos como derrames, conflagraciones, entre otros. Este combustible es utilizado, además de equipos específicos utilizados

en construcción, por los generadores eléctricos requeridos para alimentar los frentes de obra o hasta tener un suministro de energía eléctrica proveniente de alguno de los sistemas disponibles y/o propuestos para el proyecto.

- ✓ Captación, transporte, almacenamiento y distribución de agua superficial para uso doméstico e industrial (A-59)

El agua requerida en las diferentes actividades tendientes a la construcción y operación de la infraestructura y/o equipos será tomada de los puntos de captación (superficial) autorizados para el proyecto.

Se consideran las actividades de aducción, almacenamiento temporal y conducción a destino, para su posterior uso, con el fin de satisfacer los requerimientos de agua necesarios para la ejecución y el desarrollo de las actividades del proyecto. Adicionalmente, se podría hacer uso de las aguas lluvias que sean recolectadas en diferentes instalaciones del Campo así de las alternativas de suministros del recurso que le sean autorizadas.

- ✓ Captación, transporte, almacenamiento y distribución de agua subterránea para uso doméstico e industrial (A-60)

El agua requerida en las diferentes actividades tendientes a la construcción y operación de la infraestructura y/o equipos será tomada de los puntos de captación (subterránea) autorizados para el proyecto.

Se consideran las actividades de bombeo, almacenamiento temporal y conducción a destino, para su posterior uso, con el fin de satisfacer los requerimientos de agua necesarios para la ejecución y el desarrollo de las actividades del proyecto.

- ✓ Gestión (Manejo, tratamiento y disposición final) de residuos líquidos domésticos y no domésticos (A-61)

Se generarán residuos líquidos en las diferentes etapas del Proyecto, los cuales podrán ser de tipo doméstico (Asociados al uso de duchas, casino, unidades sanitarias y baterías sanitarias) y no doméstica (asociados con aguas de producción y perforación, relacionadas principalmente con las aguas de formación, trabajos de perforación y lavado de equipos). Estos serán manejados dependiendo de su origen por medio de:

1. Entrega a Terceros Autorizados
2. Entrega a otras estaciones de ECOPETROL S.A, previo a tratamiento respectivo.

Para esta actividad se evaluará la opción de "entrega a terceros y entrega a otras estaciones de ECOPETROL S.A, previo a tratamiento respectivo"

Los alcances principales para cada una de las etapas del proyecto se presentan a continuación:

Constructiva: Se generan residuos líquidos de tipo doméstico e industrial. Los domésticos corresponden a las aguas sanitarias y grises de los baños (portátiles) y casino. Los residuos líquidos industriales en la etapa de obras civiles son mínimos y corresponden generalmente a aceites que se generan por la operación de la maquinaria. La disposición de los residuos líquidos domésticos la realiza generalmente el Contratista de los baños portátiles. La disposición de los residuos industriales la realizará un tercero autorizado.

Operativa (Perforación y Pruebas de Producción): Se generan residuos líquidos de tipo doméstico e industrial. Los domésticos corresponden a las aguas sanitarias y grises de los baños y casino. Los

residuos líquidos industriales en la etapa de perforación corresponden principalmente a aquellos asociados al tratamiento de los lodos de perforación, a las aguas lluvias contaminadas con aceites en la plataforma de perforación y los aceites que se generan por mantenimiento de la maquinaria. La disposición de los residuos aceitosos se hará a través de un tercero autorizado.

Desmantelamiento, Abandono y Restauración: Se generan residuos líquidos de tipo doméstico e industrial. Los domésticos corresponden a las aguas sanitarias y grises de los baños y casino. Los residuos líquidos industriales en esta etapa son mínimos y corresponden generalmente a aceites que se generan por el mantenimiento de la maquinaria.

- ✓ Gestión (Manejo, tratamiento y disposición final) de residuos (A-62)

Se generarán diversos tipos de residuos tanto domésticos como industriales. Los primeros están conformados principalmente por: papel, plásticos, madera, metales, vidrio, textiles, desechos de comida, etc. Mientras que los segundos, son los generados en la operación y mantenimiento de todos los equipos, filtros usados, baterías, chatarra, residuos químicos, canecas y textiles contaminados. Estos residuos serán entregados a terceros autorizados para su disposición final.

Los alcances principales para cada una de las etapas del proyecto se presentan a continuación:

Constructiva: Son aquellos sobrantes como bolsas de cemento, madera sobrante de formaletas, alambre, varillas, etc. El manejo inicial consiste en acopiarlos en un sitio adecuado en la locación para después entregarlos a un tercero autorizado a disposición final por tipo de residuo.

Operativa (Perforación y Pruebas de Producción): Corresponden a los residuos sólidos domésticos e industriales diferentes a los cortes y lodos de perforación. El manejo inicial consiste en acopiarlos en un sitio adecuado en la locación y posteriormente entregarlos a un tercero autorizado para su manejo por tipo de residuo.

Desmantelamiento, Abandono y Restauración: Corresponden a aquellos sobrantes escombros de demolición, madera, alambre, varillas y en general los productos finales del proceso de perforación y pruebas de producción como cortes, bolsas, estibas, etc. El manejo inicial consiste en acopiarlos en un sitio adecuado en la locación para después retirarlos por un tercero autorizado a un relleno sanitario.

- ✓ Manejo y disposición de residuos peligrosos (A-63)

Contempla las actividades de planeación del manejo de los residuos sólidos peligrosos, caracterización, inventario, prevención, minimización, Manejo interno ambientalmente seguro y manejo externo ambientalmente seguro de todo tipo de residuos que por sus características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables, infecciosas o radiactivas pueden causar riesgos, daños o efectos a la salud o al medio ambiente; dando cumplimiento al Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos aplicable a la operación de cada proyecto.

El uso de materiales radioactivos se hace necesario durante la toma de registros eléctricos para la obtención de datos de interés del subsuelo; de esta actividad se derivan residuos que contienen compuestos capaces de emitir, de forma directa o indirecta, radiaciones ionizantes, de naturaleza corpuscular o electromagnética que en su interacción con la materia produce ionización en niveles superiores a las radiaciones naturales de fondo, a través de los perfiles del subsuelo. Una vez terminadas las actividades de registro de la perforación las fuentes radiactivas en condiciones son recuperadas y manejadas directamente por el personal Contratista de la actividad.

✓ Reubicación de infraestructura de servicios públicos (A-64)

Hace referencia a la gestión desarrollada para la reubicación o traslado de infraestructura existente (Servicios públicos y/o sociales) presente en las áreas de intervención para el desarrollo del Proyecto o que pueda interferir con las actividades de este. Teniendo en cuenta las recomendaciones de la entidad / empresa, propietaria de la infraestructura.

➢ **Mantenimiento de infraestructura, equipos y maquinaria:**

Actividad que reúne las diferentes labores conducentes y necesarias para asegurar la integridad, funcionalidad y operacional tanto de los diferentes tipos de infraestructura (i.e: locaciones, facilidades, ZODMES, entre otros), así como el de la maquinaria y equipos existente al interior del campo; para la consecución de este objetivo se realizarán en el caso de la infraestructura existente reparaciones locativas, mantenimiento de taludes (asociados a cortes y rellenos), mantenimiento de obras de arte así como de sistemas de recolección de aguas lluvias entre otras.

Para el caso de la maquinaria y equipos se programarán mantenimientos periódicos definidos según las características y fichas técnicas de cada uno de estos y en el caso de ser necesario se procederá a la reparación total o remplazo de los mismos ya sea por averías difícilmente reparables o por cumplir con el tiempo de vida útil respectivo.

2.2.2.5.1.5 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 Área de Desarrollo Bucare, se construirán un (1) Centro de Facilidades de Producción CPF (con un área de hasta 42 Ha), 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 los CPF 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 2-4**, se plasma el plot plan típico para este tipo de infraestructura. Es importante precisar que las 42 ha para la construcción del CPF se podrían desarrollar de forma fraccionada en función del desarrollo del Área de Desarrollo Bucare y cumplimiento con la zonificación ambiental de manejo autorizada; sin superar el área total solicitada.

A continuación, se relacionan dos ejemplos de CPF tipos que pueden ser base para el diseño aplicable en el proyecto Área de Desarrollo Bucare y que se adjuntan en el Fuente: 4. Anexos Descripción del Proyecto/4.2 Diseños Tipo/Diseño tipo CPF

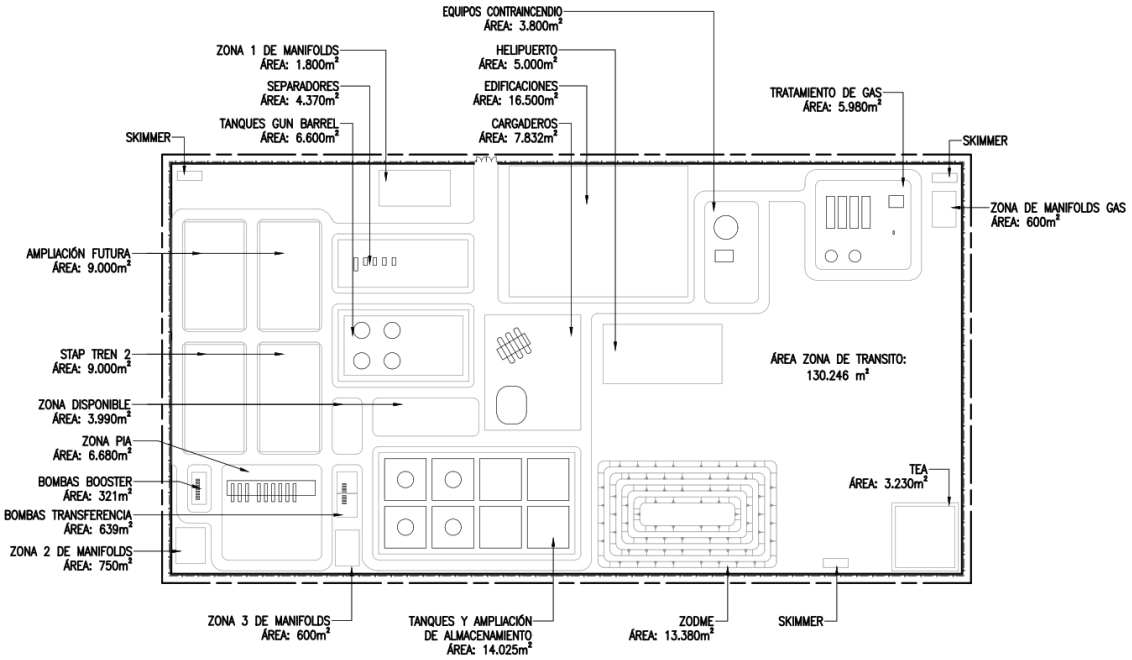


Figura 2-4 Diseños tipo centrales de facilidades de producción
Fuente: 4. Anexos Descripción del Proyecto/4.2 Diseños Tipo/Diseño tipo CPF ECOPETROL S.A, 2025

Nota general: Las extensiones presentadas son estimadas y se ajustarán en función de los requerimientos específicos del proyecto y los resultados del campo, sin superar el área total solicitada para cada CPF.
Fuente: ECOPETROL S.A, 2025

De acuerdo con los diseños tipo mencionados anteriormente, es importante precisar que la distribución de las áreas al interior del CPF, pueden llegar a ser modificadas de acuerdo con la necesidad del proyecto al momento de su ejecución, los cuales serán definidos en los PMA específicos.

Tabla 2-9 Distribución de áreas Internas del CPF

DESCRIPCIÓN	ÁREA (Ha)	ÁREA (m2)
Área Ampliación futura	*1,51*	15120,00
Área de STAP Tren 1	*0,75*	7560,00
Área de STAP Tren 2	*0,75*	7560,00
Área de Bombas Booster	*0,05*	539,28
Área Bombas de Transferencia	*0,10*	1073,52
Área Bombas PIA	*1,12*	11205,60
Zona 1 de Manifolds	*0,33*	3360,00
Zona 2 de Manifolds	*0,12*	1260,00
Zona 3 de Manifolds	*0,10*	1008,00
Zona de Manifold Gas	*0,10*	1008,00
Área zona disponible	*0,37*	3771,60
Área TEA	*0,54*	5426,40
Área Tratamiento de Gas	*1,00*	10080,00

DESCRIPCIÓN	ÁREA (Ha)	ÁREA (m2)
Área equipos constraincendios	*0,63*	6384,00
Área Helipuerto	*0,84*	8400,00
Área Edificaciones	*2,77*	27720,00
Área de Cargaderos	*1.3104*	13104,00
Área Separadores	*0.756*	7560,00
Área Tanques Cabeza	*0.6552*	6552,00
Área ZODME	*2.2512*	22512,00
Área Skimmer (son 3)	*0.080808*	808,08
Área Zona de Transito	*25.798752*	257987,52
TOTAL	**42.00**	**420000,00**

Nota general: Las extensiones presentadas son estimadas y se ajustarán en función de los requerimientos específicos del proyecto y los resultados del campo, sin superar el área total solicitada para cada CPF.
Fuente: ECOPETROL S.A, Adaptado por S.G.I, 2025

2.2.2.5.1.6 Movimientos de tierra

Para la construcción de la facilidad central de producción – CPF- se espera un movimiento de tierras tal como se observa en la **Tabla 2-10**, donde se estima, para el cálculo del descapote, un espesor promedio de 0,20 m y para la excavación un espesor promedio de 1,50 m; 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 40% del volumen excavado y que hasta un 60% del material de excavación será dispuesto en los ZODME autorizados (ver Anexo 4. Anexos Descripción del Proyecto/4.5 Movimiento de tierras).

Para la construcción de la facilidad de producción, tomando las condiciones promedio de terraplén hasta 1,40 m, donde se estima un volumen de material para conformar del mismo de 1’092.000,00 m3, 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 Área de Desarrollo Bucare, 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 planee 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 42 ha para el CPF.

Tabla 2-10 Movimiento de tierras estimado en la construcción del 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)	VOLUMEN DE CORTE CON FACTOR DE EXPANSIÓN DEL (20%)	VOLUMEN DE RELLENO CON FACTOR DE COMPACTACIÓN DEL (30%)
Construcción y operación de Facilidades Centrales de Producción -CPF-	1 polígono hasta de un área total de 42 ha	42	420000	0,20	1,50	2,00	84000	630000	840000	**756.000**	**1092.000**
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: Anexo 4. Anexos Descripción del Proyecto/4.5 Movimiento de tierras/ ECOPETROL S.A, Adaptado por S.G.I, 2025

2.2.2.5.1.7 Estimativo de maquinaria, equipos

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 enlista en la **Tabla 2-11**. Es importante resaltar que, para las cantidades estimadas tanto de personal como de maquinaria y equipos, puede haber una variación la cual será evaluada a partir de las condiciones específicas del proyecto.

Tabla 2-11 Listado de maquinaria y equipos para la construcción del CPF

MAQUINARIA	CANTIDAD
Buldócer (Tipo CAT D6 o superior)	4
Retroexcavadoras 320	8
Retrocargador	5
Motoniveladora	4
Vibrocompactadores	4
Autohormigonera	2
Compactadores manuales	8
Bus o Buseta	4
Camioneta doble cabina	4
Camión	2
Carrotanque	4
Volqueta sencilla o doble troque	8

MAQUINARIA	CANTIDAD
Camabaja	1
Mezcladora	4
Motobomba 6”	4
Motobomba 4”	4
Herramienta menor	-

Nota: variable según las necesidades del proyecto y de acuerdo con determinaciones del contratista constructor

Fuente: ECOPETROL S.A, 2025

2.2.2.5.1.8 Estimativo de mano de obra

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 personas distribuidas entre mano de obra formada (profesional) y no formada (no profesional), las cuales se relacionan en la **Tabla 2-12**; de igual forma en la **Tabla 2-13**, se relaciona el personal requerido para la instalación de los equipos y estructuras del CPF y en la **Tabla 2-14**, se relaciona el Personal requerido para la operación de una Facilidad Central de Producción – CPF-. Dichas cantidades podrán variar según el proyecto a ejecutar, por imprevistos en el desarrollo de las obras o cambios de las condiciones del entorno del proyecto.

Tabla 2-12 Personal estimado para la construcción del CPF

FORMACIÓN	CARGO	CANTIDAD
Mano de obra calificada (MOC)	***PERSONAL ADMINISTRATIVO***	
	Director de Obra	*1*
	Administrador	*1*
	Auxiliares Administrativos	*2*
	Almacenista	*1*
	Auxiliares de almacén	*1*
	SUBTOTAL	*6*
	PERSONAL DE CAMPO	
	Residente de obra Civil	*1*
	Supervisor Civil	*2*
	Topógrafo	*1*
	Cadenero	*3*
	Supervisor HSEQ	*1*
	Vigía	*1*
	Supervisor área ambiental	*1*
	Maestro de obra	*1*
	Oficiales	*5*
	Operadores de maquinaria	*5*
	SUBTOTAL	*21*

FORMACIÓN	CARGO	CANTIDAD
Mano de obra no calificada (MONC)	*Obreros*	*15*
	Señalizadores viales	*6*
	SUBTOTAL	*21*
TOTAL MANO DE OBRA CALIFICADA (MOC)		***27***
TOTAL MANO DE OBRA NO CALIFICADA (MONC)		***21***

Nota: Las cantidades pueden variar según las necesidades del proyecto y de acuerdo con determinaciones del contratista constructor

Fuente: ECOPETROL S.A, 2025

Tabla 2-13 Personal estimado para la instalación del CPF

FORMACIÓN	DISCIPLINA	CARGO	CANTIDAD
Mano de obra calificada (MOC)	***GERENCIA***	*Director de Obra*	*2*
	OBRAS MECÁNICAS	*Ingeniero Mecánico, residente general de obra*	*1*
		Soldador	*1*
		Técnicos Sand Blasting y Prefabricación	*2*
		Supervisores	*1*
		Oficiales	*6*
	TUBERÍA	*Tuberos*	*5*
		Supervisores	*2*
		Oficiales	*3*
	OBRAS ELÉCTRICAS	*Ingenieros eléctricos*	*2*
		Operario de Cargador sobre llantas	*2*
		Técnicos electricistas	*10*
		Supervisores	*2*
		Oficiales	*3*
	OBRAS INSTRUMENTACIÓN	*Ingeniero Electrónico Instrumentista*	*1*
		Técnicos en Calibración	*2*
		Supervisores	*1*
		Oficiales	*2*
	SEGURIDAD FISICA	*Vigilantes*	*5*
	SUB TOTAL MOC		*53*
Mano de obra no calificada (MONC)		*Ayudantes*	*44*
	SUB TOTAL MONC		*44*
TOTAL			***97***

Nota: Las cantidades pueden variar según las necesidades del proyecto y de acuerdo con determinaciones del contratista constructor

Fuente: ECOPETROL S.A, 2025

Tabla 2-14 Personal estimado para la operación del CPF

FORMACIÓN	CARGO	CANTIDAD
	Ingeniero de Producción	*2*

FORMACIÓN	CARGO	CANTIDAD
Mano de obra calificada (MOC)	*Ingenieros de Supervisión*	*4*
	Cuadrilla de pruebas	*10*
	SUB TOTAL MOC	*16*
Mano de obra no calificada (MONC)	*Ayudantes de patio*	*10*
	SUB TOTAL MOC	*10*
TOTAL		***26***

Nota: Las cantidades pueden variar según las necesidades del proyecto y de acuerdo con determinaciones del contratista constructor

Fuente: ECOPETROL S.A, 2025

2.2.2.5.1.9 Asentamientos humanos e infraestructura social, económica y cultural a intervenir

El proyecto Área de Desarrollo Bucare, 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; de tal manera, se establece que, 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 Bucare) en el presente EIA se incluye medidas para su manejo.

2.2.2.5.1.10 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 para el Área de Desarrollo Bucare; en este sentido, fueron identificados y evaluados los impactos “Alteración a la concentración de contaminantes criterio y sustancias toxicas en el 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 de 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, generadas durante el desarrollo del proyecto.
- ✓ Formular las acciones de control para el manejo de los impactos sobre la calidad de aire enfocándose en la reducción del material particulado y gases provenientes de las fuentes fijas o dispersas y fuentes móviles.

[1] Definido como: Cambio en las concentraciones de los contaminantes criterio y/o tóxicos en el aire producto de las emisiones generadas como consecuencia de un proyecto, obra o actividad.
[2] Definido como: Cambio en los niveles de ruido ambiental como consecuencia de la emisión de ruido de un proyecto, obra o actividad.

- ✓ Garantizar el cumplimiento de la normativa ambiental vigente en materia de calidad del aire, a través del monitoreo, reporte y mejora continua de las medidas de control implementadas.

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.

2.2.2.5.1.11 Relación de las actividades de mantenimiento, incluyendo insumos, residuos y tratamiento

Las actividades de mantenimiento de las facilidades de producción se efectuarán periódicamente a fin de garantizar el correcto funcionamiento de los equipos y las instalaciones que mantienen los procesos productivos y los residuos generados por estas actividades se manejarán de acuerdo con la normativa correspondiente.

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 conforman las facilidades o de los equipos existentes; de igual manera pueden presentarse daños por intervención humana. Es importante señalar que las actividades de manteniendo necesarias dentro de las Facilidades Centrales de Producción – CPF- se encuentran inmersas dentro de la Etapa operativa, descrita en la actividad A-41. “Mantenimiento de vías de acceso, locaciones y facilidades (incluye infraestructura, equipos y maquinaria)”.

2.2.2.5.1.12 Sistemas y fuentes de generación de energía

Se contempla la implementación de sistemas alternos de generación de energía eléctrica como el uso de energía fotovoltaica (paneles solares) con propósito de suministrar la energía requerida para

atender; la demanda de energía en las instalaciones de apoyo, alumbrado perimetral, oficinas y equipos menores. Para el caso de los taladros, siempre que el sistema de energía eléctrica del Área de Desarrollo Bucare así lo permita, se podrán habilitar las conexiones necesarias para alimentar estas cargas a partir de las redes y/o sistemas de generación que existan en el campo y sean propiedad de Ecopetrol S.A.

Se utilizará la construcción de un centro de generación y maniobra con área de hasta 3 ha (dentro del CPF) y con capacidad instalada de hasta 75 MW, adicionalmente se solicita autorizar la instalación de una línea de transmisión en nivel de tensión de V c.a.= 115 kV y líneas de distribución dentro del Área de Explotación (que conforman los circuitos de alimentación de los sistemas fotovoltaicos) que operan a tensiones menores a V c.a. 115 kV como por ejemplo V c.a.= 4.16 kV, incluyendo subestaciones eléctricas.

Para los pozos ubicados en las locaciones multipozos, la generación de hasta 0,5 MWa de energía en cada pozo, por medio de la tecnología fotovoltaica, con almacenamiento mediante baterías, con áreas de hasta 1.27 Ha dentro de las áreas para subestaciones eléctricas (se resalta que esta área podrá variar y dependerá de las condiciones y especificaciones del diseño del PMAE) cada uno que se ubicarán cada uno al interior de cada locación multipozo, sin requerir áreas adicionales a las solicitadas en la estrategia de desarrollo ED3 “Construcción de Locaciones y Facilidades tempranas de producción”.

Los procesos constructivos que se requieren para la instalación de los sistemas que conforman la estrategia requerirán de energía eléctrica que podría ser suplida a través de generadores eléctricos en sitio o según lo proyectado en la estrategia de desarrollo. Por su parte, para la operación, el suministro de energía eléctrica será tomado a través de redes eléctricas en función del avance de la estrategia de desarrollo ED16 “Instalación y operación de líneas eléctricas”.

La energización a través de redes procedentes de campos y/o bloques aledaños y/o del Sistema Interconectado Nacional (SIN) o regional no corresponde a una estrategia de generación, sin embargo, como primera alternativa para la alimentación general de las cargas proyectadas en el campo (para cualquiera de las estrategias de desarrollo), 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.

Para esta alimentación, será necesaria la construcción y operación de líneas, subestaciones (SE), centros de maniobra (CM) y/o de distribución (CD), según se describe en las estrategias de desarrollo Instalación y operación de líneas eléctricas de 34,5 / 115 kV.

2.2.2.5.1.13 Desmantelamiento y restauración de las áreas intervenidas por la actividad constructiva

Todas las instalaciones construidas en la facilidad central de producción -CPF- serán retiradas una vez se decida abandonar el área, 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 revegetalizar 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 y retiro de los baños portátiles.

Seguidamente, se procederá a 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.

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”.

2.2.2.5.1.14 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 Bucare, que 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 2-15**, se presentan se presentan las actividades y tiempos estimados para para la construcción y operación respectiva de la construcción y operación de Facilidades Centrales de Producción -CPF.

Tabla 2-15 Cronograma estimado en la construcción del CPF

ETAPA	SUBETAPA	ID	ACTIVIDAD	TIEMPO (MESES)											
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ETAPA PREOPERATIVA		A-01	Adquisición de predios y derechos de servidumbres												
CONSTRUCTIVA	ADECUACIÓN Y/O CONSTRUCCIÓN DE OBRAS CIVILES (Vías, Locaciones, ZODMES, Facilidades de Producción, infraestructura eléctrica y/o autogeneración)	A-02	Localización y replanteo												
		A-03	Desmonte, descapote, rocería y limpieza												
		A-04	Movimiento de tierras (excavación, cortes y rellenos)												
		A-05	Cuneteo, extendido, nivelación y compactación												
		A-07	Construcción y/o adecuación de obras para manejo de aguas superficiales, lluvias y aceitosas												
		A-08	Construcción y/o adecuación de estructuras en concreto												
		A-09	Montaje e instalación de estructuras metálicas												

ETAPA	SUBETAPA	ID	ACTIVIDAD	TIEMPO (MESES)											
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		A-10	Estabilización y/o Revegetalización de taludes												
		A-11	Operación de maquinaria y equipos												
OPERATIVA	FACILIDADES DE PRODUCCIÓN	A-33	Instalación y operación de facilidades de producción (incluye pruebas de producción)												
		A-34	Operación de los sistemas de separación, almacenamiento, transporte y manejo de fluidos (crudo, gas y agua de producción)												
		A-35	Instalación y operación de Tea												
	MANTENIMIENTO	A-42	Mantenimiento de vías de acceso, locaciones y facilidades (incluye infraestructura, equipos y maquinaria)												
DESMANTELAMIENTO, ABANDONO Y RESTAURACIÓN		A-46	Desmantelamiento de instalaciones, retiro de equipos e infraestructura y salida de maquinaria.	Las actividades de desmantelamiento, abandono y restauración contemplan el desmantelamiento y restauración de todas las áreas intervenidas para la ejecución de las actividades correspondientes a la presente estrategia de desarrollo. Su principal objetivo es recuperar y mejorar ambientalmente dichas áreas, para esto se llevará a cabo un plan de acción que contemple el restablecimiento de las condiciones ambientales anteriores a la intervención											
		A-47	Cierre de piscinas y abandono de áreas para manejo de lodos y cortes de perforación												
		A-49	Demolición y desmonte de infraestructura												
		A-50	Limpieza de áreas												
		A-51	Reconformación del terreno, empradización y/o revegetalización												
		A-52	Cierre de compromisos socio ambientales												
ACTIVIDADES TRANSVERSALES		A-53	Contratación de mano de obra	Las actividades transversales son ejecutadas a lo largo de todas las etapas del proyecto, razón por la cual no cuentan con un cronograma de ejecución de actividades específico											
		A-54	Adquisición de bienes y servicios												
		A-55	Transporte terrestre y/o aéreo de materiales, equipos, maquinaria, insumos y personal												
		A-56	Instalación y operación de campamentos temporales												
		A-57	Operación de ZODME												
		A-58	Uso de productos químicos, lubricantes y combustibles												
		A-59	Captación, transporte, almacenamiento y distribución de agua superficial para uso doméstico e industrial												

ETAPA	SUBETAPA	ID	ACTIVIDAD	TIEMPO (MESES)											
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		A-60	*Captación, transporte, almacenamiento y distribución de agua subterránea para uso doméstico e industrial*												
		A-61	*Gestión (Manejo, tratamiento y disposición final) de residuos líquidos domésticos y no domésticos*												
		A-62	*Gestión (Manejo, tratamiento y disposición final) de residuos sólidos*												
		A-63	*Manejo y disposición de residuos peligrosos*												
		A-64	*Reubicación de infraestructura de servicios públicos*												

Nota 1: Las actividades de ejecución y los tiempos estimados podrán variar en función de las necesidades y condiciones de cada proyecto (PMAE).
Nota 2: Las actividades de las etapas preoperativa y transversales, se deben ejecutar de acuerdo con los alcances específicos de cada PMAE
Nota 3: Las actividades de mantenimiento se ejecutarán de acuerdo con las necesidades del campo y desarrollo del mismo.
Fuente: S.G.I S.A.S, 2025

2.2.2.5.2 Construcción y operación de facilidades Satélite (ED11)

El proyecto contempla el desarrollo de áreas para 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 Bucare

Se solicita la construcción y operación de nueva infraestructura de facilidades de producción representada hasta por tres (3) polígonos con un área máxima de hasta 5,00 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), 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. En la **Tabla 2-16**, se relaciona el área requerida para la construcción y operación de Facilidades Satélite del Área de Desarrollo Bucare:

Tabla 2-16 Área para la construcción de facilidades satélite

ESTRATEGIA DE DESARROLLO	ALCANCE	ÁREA TOTAL (Ha)
Construcción y operación de facilidades Satélite	Hasta 3 polígonos de un área total de hasta 5,00 ha cada una	15,00

Fuente: ECOPETROL S.A, 2025

2.2.2.5.2.2 Alternativas de ubicación y selección de sitios (Criterios técnicos, tecnológicos y ambientales)

Respecto a la localización de las Facilidades Satélites (FS) es importante precisar que estas e 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 (5,00 ha cada una). 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 (locaciones) 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.

2.2.2.5.2.2.1 Criterios técnicos

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 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. 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 electicas, 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 las locaciones.
- ✓ 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 las locaciones, 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.

2.2.2.5.2.2.2 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 especifico, 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.

2.2.2.5.2.2.3 Criterios Tecnológicos

La construcción de una Facilidad Satélite, requiere criterios tecnológicos que aseguren seguridad, eficiencia operativa, cumplimiento ambiental y optimización económica. Los aspectos más destacados incluyen diseño modular, selección adecuada de materiales, automatización de procesos, gestión de riesgos y sostenibilidad energética.

- Diseño y planificación:
- Diseño modular y flexible: Permite ampliar o modificar instalaciones según la evolución del campo
- Normas internacionales (API, ASME, ISO): garantizan seguridad y confiabilidad en equipos y procesos
- Integración de subsuelo y superficie: Coordinación entre pozos, líneas de flujo y áreas de producción
- Selección de materiales y equipos:
- Resistencia a la corrosión y altas presiones: Tuberías, válvulas y tanques diseñados para condiciones extremas
- Equipos de separación multifásica: Separadores de gas, crudo y agua con alta eficiencia
- Sistemas de tratamiento de agua de producción: Tecnológicas de filtración y reinyección para minimizar impactos ambientales
- Automatización y control:
- Instrumentación avanzada (SCADA, DCS): monitoreo en tiempo real de presión, temperatura y caudales
- Sensores inteligentes: Detección temprana de fugas o fallas en equipos
- Optimización digital: Uso de software de simulación para prever escenarios de operación.
- Seguridad y gestión de riesgos
- Protección contra incendios y explosivos: Sistema de detección y supresión automáticos.
- Diseño redundante en equipos críticos: Asegura continuidad operativa.
- Planes de contingencia y evacuación: Alineados con estándares internacionales
- Sostenibilidad y eficiencia energética
- Uso de energías renovables complementarias: Integración de energía fotovoltaica para reducir huella de carbono
- Aprovechamiento de calor: Aprovechamiento energético de subproductos
- Minimización de emisiones: Tecnologías de captura y reducción de CO_2.

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 ED-10 “Instalación y operación de Facilidades Centrales de Producción -CPF- en su 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 Métodos constructivos y operativos

Los métodos constructivos e instalaciones de apoyo son similares a los descritos en la estrategia de desarrollo ED-10, numeral 2.2.2.5.1 “Instalación y operación de Facilidades Centrales de Producción -CPF, en su numeral 2.2.2.5.1.4 “Métodos constructivos y operativos”.

2.2.2.5.2.5 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 hasta tres (3) 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. Es importante precisar que, las áreas requeridas bajo esta estrategia de desarrollo, para la construcción se podrían desarrollar de forma fraccionada en función del desarrollo del Área de Desarrollo Bucare y en cumplimiento con la zonificación ambiental de manejo autorizada; sin superar el área total solicitada.

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 2-5** se identifica el diseño tipo de esta infraestructura a desarrollar. En el anexo 4. Anexos Descripción del proyecto/4.2 Diseños tipo/Diseño tipo facilidad Satélite se adjunta el diseño tipo de esta instalación.

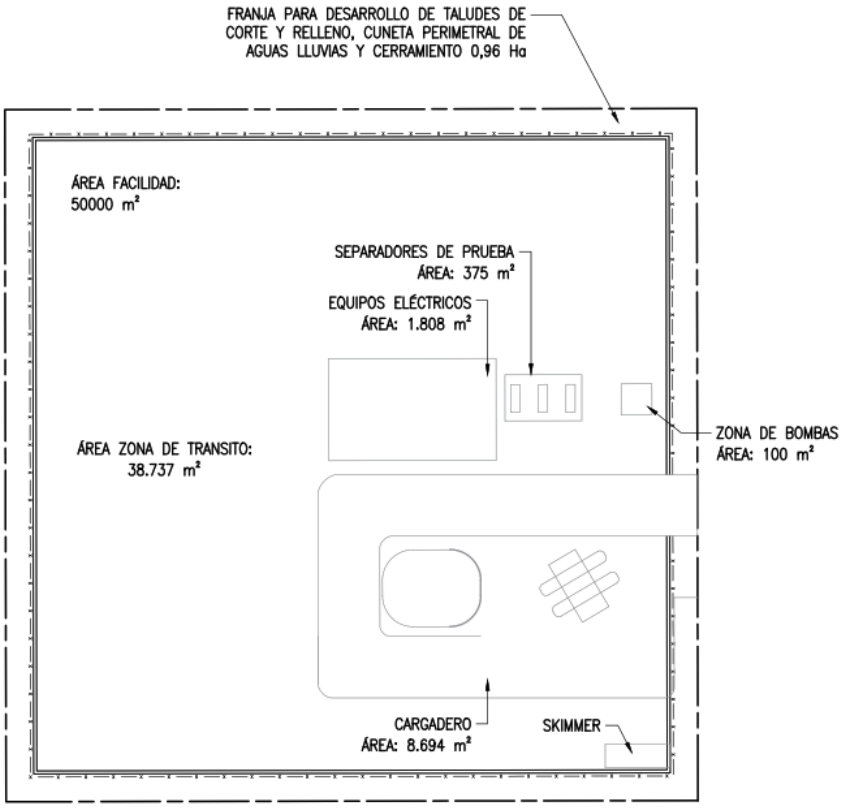


Figura 2-5 Diseño tipo de facilidades satélite
Fuente: 4. Anexos Descripción del proyecto/4.2 Diseños tipo/Diseño tipo facilidad Satélite. ECOPETROL S.A, 2025

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. A continuación, en la **Tabla 2-17** se identifica la distribución de áreas internas estimada para las Facilidades Satélite a construir.

Tabla 2-17 Distribución de áreas Internas de facilidades satélite

DESCRIPCIÓN	ÁREA (HA)	ÁREA (M2)
Área de Equipos Eléctricos	*0,19*	1900,00
Área de separadores de Prueba	*0,05*	450,00
Zona de Bombas	*0,01*	100,00
Área Cargadero	*0,89*	8900,00
Área Skimmer	*0,02*	150,00
Área zona de tránsito	*3,85*	38500,00
TOTAL	**5,00**	**50000,00**

Fuente: ECOPETROL S.A, Adaptado por S.G.I, 2025

2.2.2.5.2.6 Movimientos de tierra

Para la construcción de las facilidades satélites – FS- se espera un movimiento de tierras tal como se observa en la **Tabla 2-18**. Donde se estima para el cálculo del descapote un espesor promedio de 0,20 m y para la excavación un espesor promedio de 1,50 m; 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 Específicos. En el anexo 4. Anexos Descripción del Proyecto/4.5 Movimiento de tierras se adjunta la información relacionada con los volúmenes y consolidados de movimiento de tierras para el proyecto.

Tabla 2-18 Movimiento de tierras estimado en la construcción de facilidades satélite

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)	VOLUMEN DE CORTE CON FACTOR DE EXPANSIÓN DEL (20%)	VOLUMEN DE RELLENO CON FACTOR DE COMPACTACIÓN DEL (30%)
Construcción y operación de Facilidades Satélite -FS-	3 polígono hasta de un área total de 5,00 ha	15	150000	0,20	1,50	2,00	30000	225000	300000	**270000**	**390000**
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: ECOPETROL S.A, Adaptado por S.G.I, 2025

2.2.2.5.2.7 Estimativo de maquinaria, equipos

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 enlistan en la **Tabla 2-19**.

Tabla 2-19 Listado de equipos y maquinaria en la construcción de facilidades satélite

MAQUINARIA	CANTIDAD
Retroexcavadoras.	*2*
Compactadores y Vibro compactadoras.	*2*
Compactadores manuales (Apisonador o canguro, placa vibradora o rana)	*2*
Volqueta	*2*

MAQUINARIA	CANTIDAD
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: ECOPETROL S.A, Adaptado por S.G.I, 2025

2.2.2.5.2.8 Estimativo de mano de obra

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 treinta (30) personas distribuidas entre mano de obra formada (profesional) y no formada (no profesional); En la **Tabla 2-20**, se relaciona el personal estimado para la etapa de construcción, en la **Tabla 2-21** el Personal requerido para la instalación y en la **Tabla 2-22** 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 2-20 Personal estimado para la construcción de facilidades satélite

FORMACIÓN	CARGO	CANTIDAD
Mano de obra calificada (MOC)	***PERSONAL ADMINISTRATIVO***	
	Director de Obra	*1*
	Administrador	*1*
	Auxiliares Administrativos	*1*
	Almacenista	*1*
	Auxiliares de almacén	*1*
	SUBTOTAL	***5***
	PERSONAL DE CAMPO	
	Residente de obra Civil	*1*
	Supervisor Civil	*1*
	Topografo	*1*
	Cadenero	*1*
	Supervisor HSEQ	*1*
	Vigía	*1*
	Supervisor área ambiental	*1*
	Maestro de obra	*1*
	Oficiales	*2*
	Operadores de maquinaria	*3*
	SUBTOTAL	***13***
	Obreros	*10*

FORMACIÓN	CARGO	CANTIDAD
Mano de obra no calificada (MONC)	*Señalizadores viales*	*2*
	SUBTOTAL	***12***
TOTAL MANO DE OBRA CALIFICADA (MOC)		***18***
TOTAL MANO DE OBRA NO CALIFICADA (MONC)		***12***

Nota: Las cantidades pueden variar según las necesidades del proyecto y de acuerdo con determinaciones del contratista constructor

Fuente: ECOPETROL S.A, 2025

Tabla 2-21 Personal estimado para la instalación de facilidades satélite

FORMACIÓN	DISCIPLINA	CARGO	CANTIDAD
Mano de obra calificada (MOC)	***GERENCIA***	*Director de Obra*	*1*
	OBRAS MECÁNICAS	*Ingeniero Mecánico, residente general de obra*	*1*
		Soldador	*1*
		Técnicos Sand Blasting y Prefabricación	*2*
		Supervisores	*1*
		Oficiales	*3*
	TUBERÍA	*Tuberos*	*3*
		Supervisores	*1*
		Oficiales	*2*
	OBRAS ELÉCTRICAS	*Ingenieros eléctricos*	*1*
		Operario de Cargador sobre llantas	*2*
		Técnicos electricistas	*5*
		Supervisores	*1*
		Oficiales	*2*
	OBRAS INSTRUMENTACIÓN	*Ingeniero Electrónico Instrumentista*	*1*
		Técnicos en Calibración	*2*
		Supervisores	*1*
		Oficiales	*2*
	SEGURIDAD FISICA	*Vigilantes*	*3*
	SUB TOTAL MOC		*35*
Mano de obra no calificada (MONC)		*Ayudantes*	*10*
	SUB TOTAL MONC		*10*
TOTAL			***45***

Nota: Las cantidades pueden variar según las necesidades del proyecto y de acuerdo con determinaciones del contratista constructor

Fuente: ECOPETROL S.A, 2025

Tabla 2-22 Personal estimado para la operación de facilidades satélite

FORMACIÓN	CARGO	CANTIDAD
Mano de obra calificada (MOC)	*Ingeniero de Producción*	*1*
	Ingenieros de Supervisión	*2*
	Cuadrilla de pruebas	*3*

FORMACIÓN	CARGO	CANTIDAD
	SUB TOTAL MOC	*6*
Mano de obra no calificada (MONC)	*Ayudantes de patio*	*3*
	SUB TOTAL MOC	*3*
TOTAL		***9***

Nota: Las cantidades pueden variar según las necesidades del proyecto y de acuerdo con determinaciones del contratista constructor

Fuente: ECOPETROL S.A, 2025

2.2.2.5.2.9 Asentamientos humanos e infraestructura social, económica y cultural a intervenir

El proyecto para el Área de Desarrollo Bucare 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.

2.2.2.5.2.10 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 para el Área de Desarrollo Bucare; en este sentido, fueron identificados y evaluados los impactos “Alteración a la concentración de contaminantes criterio y sustancias toxicas en el 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 de 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, generadas durante el desarrollo del proyecto.

[1] Definido como: Cambio en las concentraciones de los contaminantes criterio y/o tóxicos en el aire producto de las emisiones generadas como consecuencia de un proyecto, obra o actividad.
[2] Definido como: Cambio en los niveles de ruido ambiental como consecuencia de la emisión de ruido de un proyecto, obra o actividad.

- ✓ Formular las acciones de control para el manejo de los impactos sobre la calidad de aire enfocándose en la reducción del material particulado y gases provenientes de las fuentes fijas o dispersas y fuentes móviles.
- ✓ Garantizar el cumplimiento de la normativa ambiental vigente en materia de calidad del aire, a través del monitoreo, reporte y mejora continua de las medidas de control implementadas.

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.

2.2.2.5.2.11 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 “Instalación y operación de Facilidades Centrales de Producción -CPF- (ED10)” en su numeral 2.2.2.5.1.11 “Relación de las actividades de mantenimiento, incluyendo insumos, residuos y tratamiento” del presente EIA.

2.2.2.5.2.12 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 “Instalación y operación de Facilidades Centrales de Producción -CPF- (ED10)” en su numeral 2.2.2.5.1.12 “Sistemas y fuentes de generación de energía” del presente EIA.

2.2.2.5.2.13 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 “Instalación y operación de Facilidades Centrales de Producción -CPF- (ED10)” en su numeral 2.2.2.5.1.13 “Desmantelamiento y restauración de las áreas intervenidas por la actividad constructiva” del presente EIA.

2.2.2.5.2.14 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 Bucare, que 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 2-23**, se presentan se presentan las actividades y tiempos estimados para para la construcción y operación respectiva de la construcción y operación de Facilidades Satélite.

Tabla 2-23 Cronograma estimado para la construcción de cada facilidad satélite

ETAPA	SUBETAPA	ID	ACTIVIDAD	TIEMPO (MESES)							
				1	2	3	4	5	6	7	8
ETAPA PREOPERATIVA		A-01	Adquisición de predios y derechos de servidumbres								
CONSTRUCTIVA	ADECUACIÓN Y/O CONSTRUCCIÓN DE OBRAS CIVILES (Vías, Locaciones, ZODMES, Facilidades de Producción, infraestructura eléctrica y/o autogeneración)	A-02	Localización y replanteo								
		A-03	Desmonte, descapote, rocería y limpieza								
		A-04	Movimiento de tierras (excavación, cortes y rellenos)								
		A-05	Cuneteo, extendido, nivelación y compactación								
		A-07	Construcción y/o adecuación de obras para manejo de aguas superficiales, lluvias y aceitosas								
		A-08	Construcción y/o adecuación de estructuras en concreto								
		A-09	Montaje e instalación de estructuras metálicas								
		A-10	Estabilización y/o Revegetalización de taludes								
		A-11	Operación de maquinaria y equipos								
OPERATIVA	FACILIDADES DE PRODUCCIÓN	A-33	Instalación y operación de facilidades de producción (incluye pruebas de producción)								
		A-34	Operación de los sistemas de separación, almacenamiento, transporte y manejo de fluidos (crudo, gas y agua de producción)								
		A-35	Instalación y operación de Tea								
	MANTENIMIENTO	A-42	Mantenimiento de vías de acceso, locaciones y facilidades (incluye infraestructura, equipos y maquinaria)								
DESMANTELAMIENTO, ABANDONO Y RESTAURACIÓN		A-46	Desmantelamiento de instalaciones, retiro de equipos e infraestructura y salida de maquinaria.	Las actividades de desmantelamiento, abandono y restauración contemplan el desmantelamiento y restauración de todas las áreas intervenidas para la ejecución de las actividades correspondientes a la presente estrategia de desarrollo. Su principal objetivo es recuperar y mejorar ambientalmente dichas áreas, para esto se llevará a cabo un plan de acción que contemple el restablecimiento de las condiciones ambientales anteriores a la intervención							
		A-47	Cierre de piscinas y abandono de áreas para manejo de lodos y cortes de perforación								
		A-49	Demolición y desmonte de infraestructura								
		A-50	Limpieza de áreas								
		A-51	Reconformación del terreno, empradización y/o revegetalización								
		A-52	Cierre de compromisos socio ambientales								
ACTIVIDADES TRANSVERSALES		A-53	Contratación de mano de obra	Las actividades transversales son ejecutadas a lo largo de todas las etapas del proyecto, razón por la cual no cuentan con un cronograma de ejecución de actividades específico							
		A-54	Adquisición de bienes y servicios								
		A-55	Transporte terrestre y/o aéreo de materiales, equipos, maquinaria, insumos y personal								
		A-56	Instalación y operación de campamentos temporales								
		A-57	Operación de ZODME								
		A-58	Uso de productos químicos, lubricantes y combustibles								

	A-59	*Captación, transporte, almacenamiento y distribución de agua superficial para uso doméstico e industrial*	
	A-60	*Captación, transporte, almacenamiento y distribución de agua subterránea para uso doméstico e industrial*	
	A-61	*Gestión (Manejo, tratamiento y disposición final) de residuos líquidos domésticos y no domésticos*	
	A-62	*Gestión (Manejo, tratamiento y disposición final) de residuos sólidos*	
	A-63	*Manejo y disposición de residuos peligrosos*	
	A-64	*Reubicación de infraestructura de servicios públicos*	

Nota 1: Las actividades de ejecución y los tiempos estimados podrán variar en función de las necesidades y condiciones de cada proyecto (PMAE).
Nota 2: Las actividades de las etapas preoperativa y transversales, se deben ejecutar de acuerdo con los alcances específicos de cada PMAE
Nota 3: Las actividades de mantenimiento se ejecutarán de acuerdo con las necesidades del campo y desarrollo del mismo.
Fuente: S.G.I S.A.S, 2025

2.2.2.5.3 Inyección de fluidos (agua) para recobro, sostenimiento de presión y/o disposal (ED12)

Para el Área de Desarrollo Bucare, se tiene contemplada la ejecución de reinyección para disposición de aguas (DISPOSAL) e Inyección recobro mejorado (secundario y terciario) (WATERFLOODING). A continuación, se realiza una breve descripción de cada uno de los términos para tener en cuenta.

- ✓ Inyección: Uso de agua de una fuente natural para que sea inyectada en una formación productiva.

- ✓ Reinyección: Agua de la formación productiva que se reinyecta o bien a la formación productora para recuperación mejorada (secundario y terciario) (WATERFLOODING) o a una formación diferente con fines de disposición (DISPOSAL).

- ✓ Disposición de a gua (DISPOSAL): Confinar a través de un pozo inyector, las aguas provenientes de la explotación de petróleo y gas en una formación geológica que cuente con las condiciones de inyectividad apropiadas para la confinación de estas y con un sello natural impermeable que no permita la migración de dichos fluidos hacia otras formaciones (Ver **Figura 2-6**).

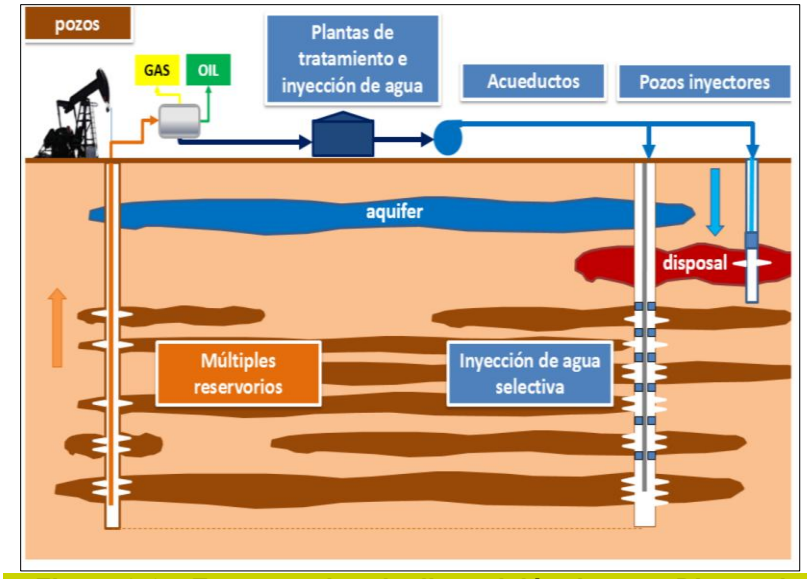


Figura 2-6 Esquema tipo de disposición de agua Disposal
Fuente: ECOPETROL S.A, 2025

Recobro mejorado (secundario y terciario) (WATERFLOODING): Utilizar a través de un pozo inyector las aguas provenientes de la explotación de petróleo y gas con el fin de realizar un recobro adicional, estimulando la producción del campo, se llevará a cabo en pozos inyectores, a través de la operación de las bombas de inyección. Este proceso se convierte en un ciclo, en el que el agua que se inyecta a la formación productora regresa nuevamente a la superficie asociada a la producción de hidrocarburos (Ver **Figura 2-7**).

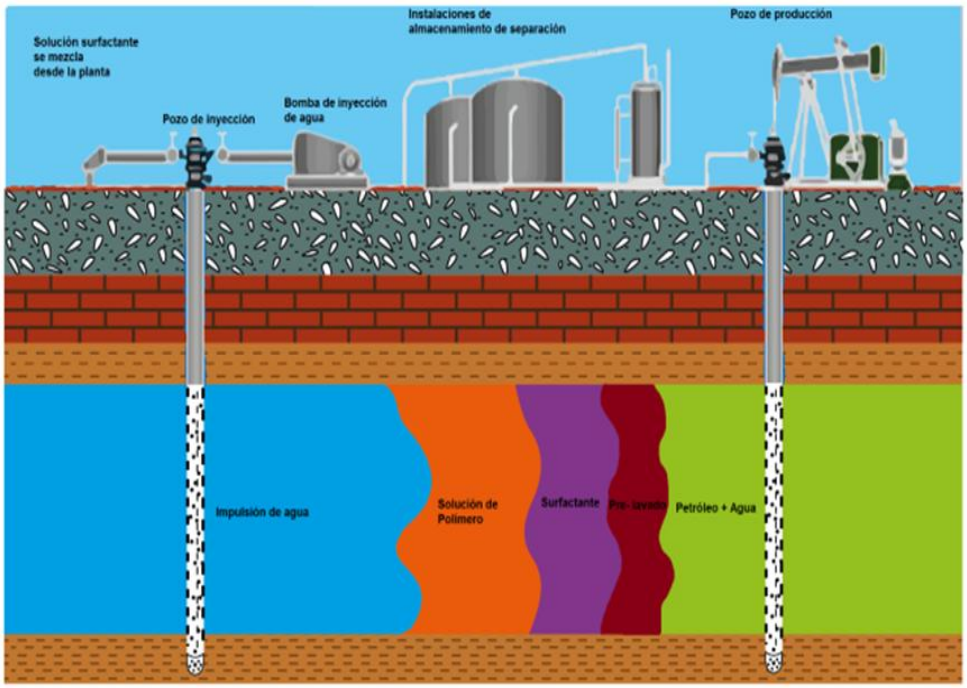


Figura 2-7 Proceso de recobro mejorado (Waterflooding)
Fuente: ECOPETROL S.A, 2025

Dentro de las actividades explotación de hidrocarburos además de la producción primaria, se contempla el recobro secundario y terciario del yacimiento, cuando el corte de agua aumente considerablemente en proporción al contenido de crudo. En esta actividad, uno de los objetivos primordiales es extraer la mayor cantidad de crudo posible de los yacimientos y en este sentido, es importante aplicar diferentes técnicas de recuperación de petróleo, que permitan mayores tasas de producción para poder ampliar la vida útil del campo. Estas técnicas de recuperación incluyen generalmente tres fases: primaria, secundaria y terciaria.

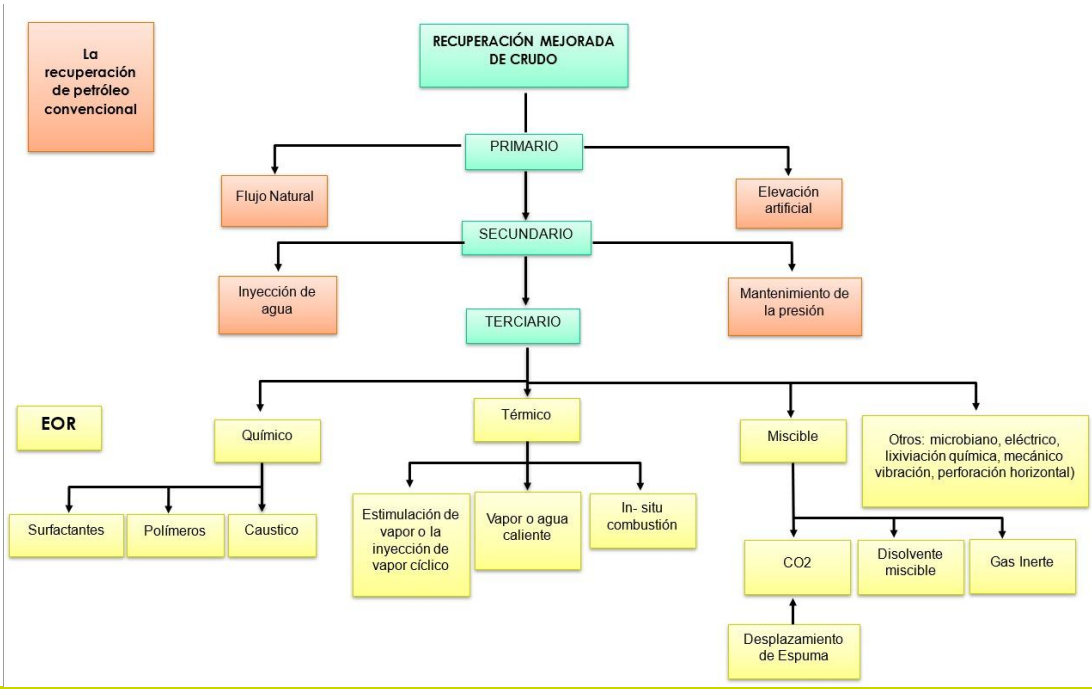


Figura 2-8 Etapas de la recuperación mejorada del crudo
Fuente: ECOPETROL S.A, 2025

- **Recuperación Primaria**

En la producción de hidrocarburos, inicialmente el crudo se extrae utilizando la energía natural del yacimiento, que se genera por empuje de agua principalmente. Esto sucede cuando el yacimiento se comporta como un acuífero activo con aporte continuo de agua y permite mantener una presión igual a la de producción del crudo en los pozos.

No obstante, a medida que la presión del yacimiento disminuye debido a la producción, también se reduce la presión diferencial y por tanto se reduce la tasa de extracción de crudo. Para incrementar esta presión, es necesario implementar un sistema de levantamiento artificial, utilizando bombas de varilla, eléctricas sumergibles o una instalación de levantamiento artificial con gas. Estas técnicas constituyen la recuperación primaria (Craig, 1993).

- **Recuperación Secundaria**

Como consecuencia del agotamiento natural de la energía del yacimiento y luego de aplicar la fase primaria, es necesario implementar técnicas adicionales que permitan la recuperación de crudo. Una de las más empleadas y eficientes es la inyección de agua (Zhu 2004), ya que permite extraer un buen porcentaje del crudo residual.

Dentro del proceso de inyección de agua se siguen diferentes etapas. Inicialmente, se observan las características que presenta el yacimiento antes de dar inicio al proceso de desplazamiento con agua. Posteriormente se realiza la inyección como tal, que está acompañada por un aumento de la presión del yacimiento, mayor en los pozos inyectores y menor en los productores. A medida que continúa la inyección, parte del petróleo se desplaza hacia adelante para formar un banco de petróleo; detrás de él se forma un banco de agua, en donde se encuentra el agua inyectada y el petróleo residual. Luego de un tiempo de inyección, ocurre la ruptura, cuando el frente de agua alcanza el pozo productor. La producción de agua aumenta a medida que se produce crudo y la inyección continúa, hasta que ésta se considera económicamente rentable (Florez & López, 2006).

De acuerdo con la posición de los pozos inyectores y de los productores, la inyección de agua puede llevarse a cabo de dos formas:

- ✓ Inyección externa: llamada también inyección periférica, consiste en introducir agua fuera de la zona donde se encuentra el petróleo, en los flancos del yacimiento.

- ✓ Inyección interna: conocida también como inyección en arreglos, o dispersa, se realiza dentro del área donde se encuentra el petróleo, empleando varios pozos inyectores, que, junto con los productores, forma un arreglo geométrico.

2.2.2.5.3.1 Cantidades requeridas para el Área de Desarrollo Bucare

Como se indicó anteriormente la inyección, se realizará en los pozos perforados y/o convertidos según el fin que corresponda; por su parte, los caudales de inyección, unidades objetivo y demás se resumen en la **Tabla 2-24**.

Tabla 2-24 Cantidades asociadas a la inyección de fluidos para recobro y sostenimiento de presión y/o disposal

ESTRATEGIA DE DESARROLLO	DESCRIPCIÓN Y ALCANCE
Inyección de Fluidos (Agua) Para Recobro, sostenimiento de Presión y/o Disposal	*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: ECOPETROL S.A, 2025

Las facilidades requeridas para la inyección podrán ubicarse en superficie en las áreas estimadas para CPF, y/o locaciones donde se proyecten los pozos de inyección; así mismo, fluido objeto de inyección podrá llegar hasta los sitios de tratamiento y/o inyección por medio de carrotanques y/o líneas de flujo (para estas, existen las correspondientes estrategias de desarrollo que integran el uso de vías, el transporte de fluidos, el recibo y/o entrega de fluidos, con las particulares de la inyección de fluidos (agua y gas) para recobro y sostenimiento de presión y/o disposal).

2.2.2.5.3.2 Alternativas de ubicación y selección de sitios (Criterios técnicos, tecnológicos y ambientales)

Los procesos para el tratamiento e inyección de fluidos se realizarán en las facilidades satélite y en la facilidad central de producción, en las locaciones donde se proyecten pozos inyectores para sostenimiento de presión se podrán instalar los equipos necesarios para el tratamiento y el sostenimiento de presiona cada pozo que sea requerido.

La inyección de pozos para sostenimiento de presión se basa en criterios técnicos que aseguran un diseño geológicamente compatible y permisiones ante el ente regulador, criterios ambientales enfocados en evitar impactos en acuíferos y ecosistemas mediante el presente EIA y monitoreo, y

criterios tecnológicos que aseguran integridad del pozo, control de presión y tratamiento de fluidos para proteger tanto el reservorio como el entorno.

2.2.2.5.3.2.1 Criterios Técnicos

- La inyección de fluidos (como agua de producción o agua inyectada) en un yacimiento para mantener la presión se regula dentro de los requisitos técnicos del sector petrolero, que incluyen permiso y diseño del pozo inyector ante el ente fiscalizador (Ministerio de Minas y Energía/ANH), ubicación en unidades geológicas adecuadas y evaluación de las propiedades del reservorio (permeabilidad, volumen y compatibilidad del fluido).
- La información detallada de la estratigrafía, condiciones hidráulicas y diseño del pozo, así como ensayos de inyectividad y presión comparados con las características de la formación receptora para evitar afectar acuíferos o fallas.

2.2.2.5.3.2.2 Criterios ambientales

- La inyección solo se permite si no impide el uso actual o futuro de los acuíferos y otros recursos hídricos, lo cual debe evaluarse con los resultados de los estudios ambientales requeridos para la licencia ambiental y cumplir la normatividad ambiental de agua subterránea.
- Los términos de referencia ambientales incluyen monitoreos de calidad de agua (pH, sólidos, metales, etc.) en pozos y cuerpos de agua circundantes para establecer línea base y detectar posibles afectaciones por la inyección.

2.2.2.5.3.2.3 Criterios tecnológicos

- Se utilizan equipos y tecnologías adecuadas para asegurar integridad del pozo (revestimiento, cementación y sistemas de control remoto) y el aislamiento hidráulico de acuíferos, previniendo migración de fluidos indeseados.
- Tecnologías de medición y monitoreo (sensores de presión, sistemas de control de inyección) permiten ajustar tasas de inyección y mantener la presión dentro de límites seguros. (Basado en prácticas técnicas del sector)
- Tratamientos de agua producida antes de inyección suelen ser necesarios para reducir sólidos, hidrocarburos y contaminantes que puedan afectar la formación receptora o la infraestructura del pozo. (Prácticas del sector petrolero)

2.2.2.5.3.3 Procesos de producción y manejo de fluidos (crudo, agua entre otros)

Las actividades se desarrollarán conforme a las disposiciones y autorizaciones de la ANH- Agencia Nacional de Hidrocarburos y con el fin de evitar los impactos que se podrían generar hacia las aguas superficiales, subterráneas y suelo debido al inadecuado manejo de estas. En cuanto a los pozos inyectores, se podrán instalar la cantidad de pozos restantes después de descontar los pozos exploratorios ejecutados de los 105 solicitados para el Área de Desarrollo y su ubicación se especificará dentro de cada una de las dieciséis (16) plataformas de acuerdo a las necesidades del desarrollo de la producción en subsuelo y el depletamiento tanto de la presión como de la fracción de hidrocarburos en el yacimiento.

A manera esquemática, se ejemplifica a través de cuatro (4) escenarios de desarrollo del campo, tomando como referencia, productores, inyectores para sostenimiento de presión y Disposal identificando las respectivas conversiones/perforaciones de pozos inyectores para el proceso para recobro y sostenimiento de la presión del yacimiento.

Con el fin de evaluar el comportamiento del sistema hidrogeológico ante diferentes esquemas de operación, se definieron cuatro escenarios de modelación que representan las alternativas de

desarrollo proyectadas para el campo. Los escenarios 1 (bajo), 2 (medio) y 3 (alto) consideran la inyección combinada para sostenimiento de presión en la unidad T2 y la disposición de aguas en la unidad K2.

Para el escenario 1 se espera alcanzar un caudal máximo de inyección para sostenimiento de presión de 12900 BWPD y de 15890 BWPD para inyección con fines de disposición, sumando un caudal total de inyección entre las dos actividades de 28790 BWPD. En el escenario 2, se distribuyen 25300 BWPD para sostenimiento de presión y 21890 BWPD para disposición, sumando un total de 47190 BWPD. En el escenario 3, se alcanza un caudal máximo de inyección para sostenimiento de presión de 44550 BWPD y 35670 BWPD para disposición, sumando un total de 80220 BWPD en caudal de inyección.

Adicionalmente, se planteó un escenario 4 correspondiente únicamente a inyección para disposición, en el cual el caudal total de 80.220 BWPD es inyectado exclusivamente en la unidad K2. La modelación desarrollada permite estimar los incrementos de presión asociados a cada escenario, analizar la respuesta hidráulica de las unidades involucradas y evaluar la viabilidad hidrogeológica de las alternativas propuestas, considerando tanto los efectos acumulativos de la inyección como la sostenibilidad del sistema acuífero en el tiempo.

En el primer escenario, se buscar llegar a un caudal máximo de inyección para sostenimiento de hasta 12900 BWPD, inyectado a través de 15 pozos y compensado por 47 pozos productores, ambas actividades desarrolladas en la unidad T2 (ver **Figura 2-9**). Para la actividad de inyección disposal, se realiza entre 2 pozos (Leyenda-1 y KIM-134) con un caudal para disposición de hasta 15890 BWPD (ver **Figura 2-10**). El balance de agua del escenario planteado proyectado a los 30 años se presenta en la **Figura 2-11**. De igual forma es importante aclarar, que las ubicaciones mostradas corresponden a la localización en fondo (al tope de la unidad objetivo) de los pozos, no su ubicación en superficie.

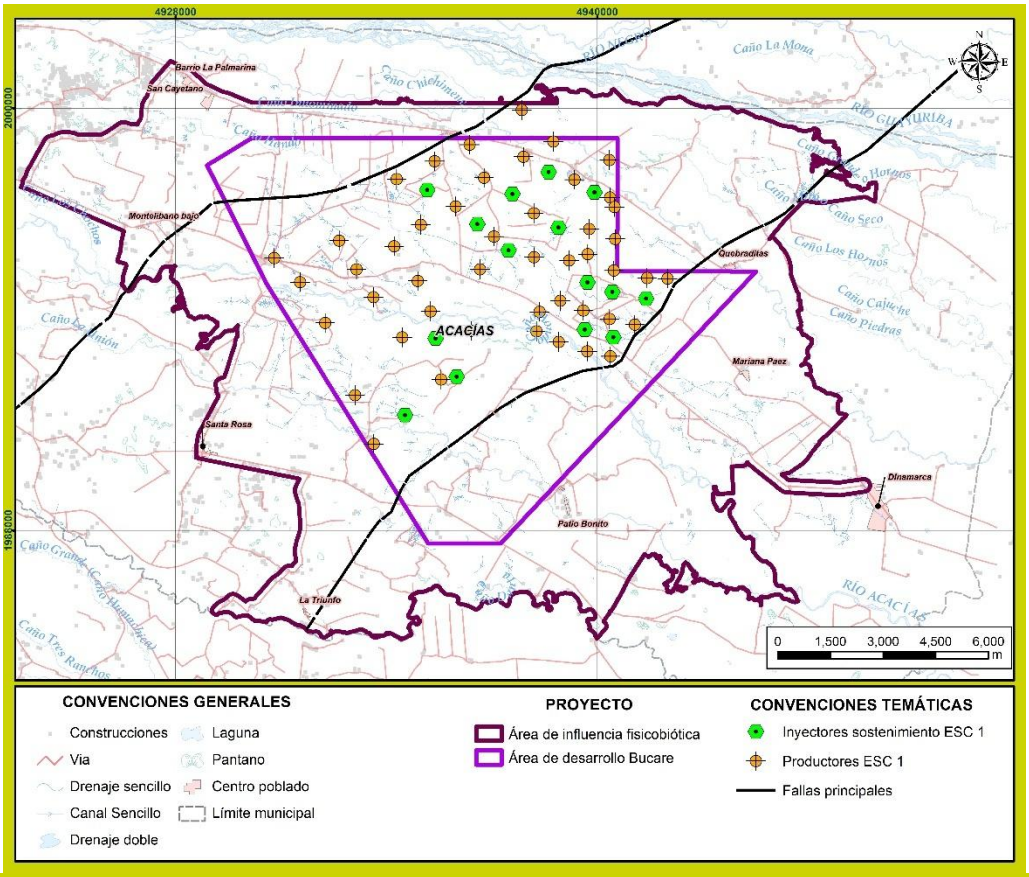


Figura 2-9 Escenario 1 – Ubicación en fondo de los pozos inyectores para sostenimiento de presión y producción en la unidad T2
Fuente: SGI S.AS, 2025

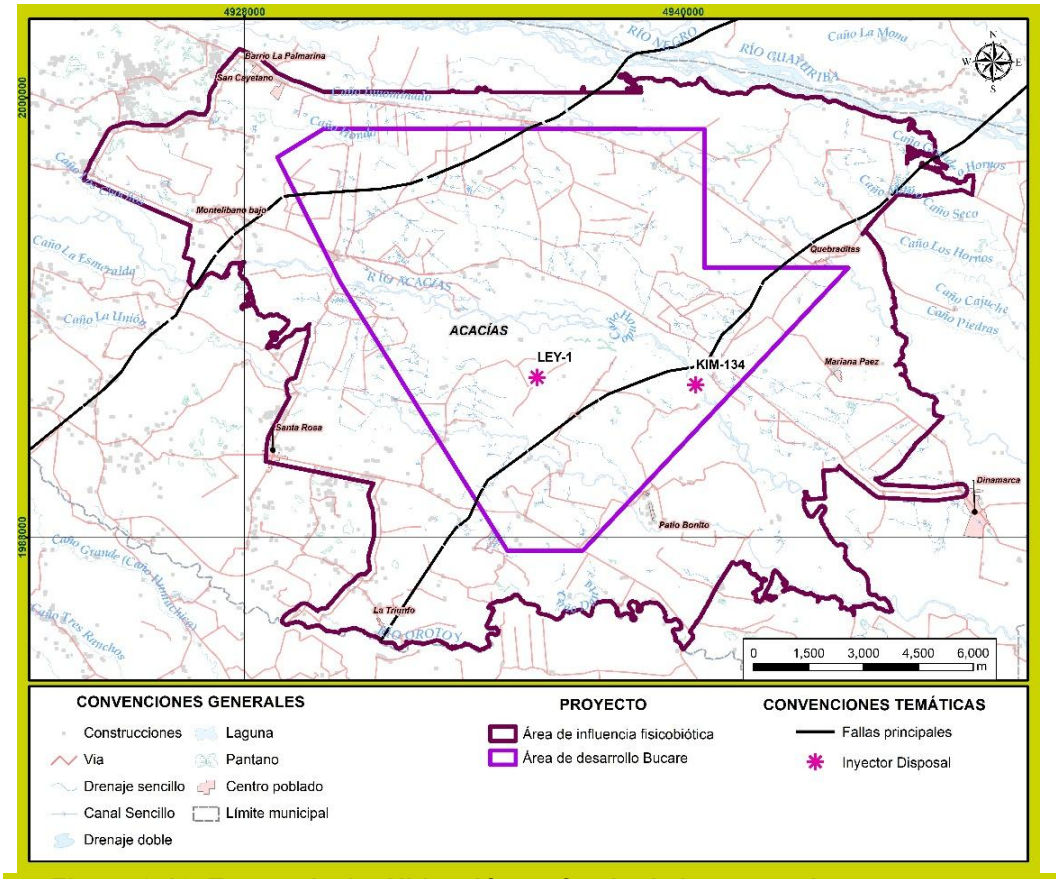


Figura 2-10 Escenario 1 – Ubicación en fondo de los pozos inyectores para disposición en la unidad K2
Fuente: SGI S.AS, 2025

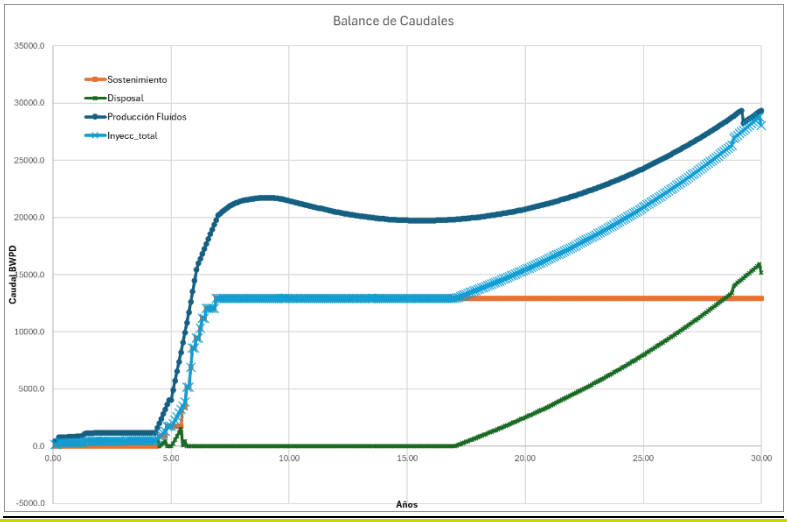


Figura 2-11 Escenario 1 - Balance de Caudales
Fuente: SGI S.AS, 2025

En el segundo escenario, se realiza la modelación de la actividad de inyección para sostenimiento de presión con un caudal de hasta 25300 BWPD, a través de hasta 22 pozos inyectores para sostenimiento de presión y compensado por 51 pozos productores en la unidad T2 (ver **Figura 2-12**). Para la actividad de inyección disposal, se realiza entre 2 pozos (Leyenda-1 y KIM-134, ver **Figura 2-13**) con un caudal para disposición de hasta 21890 BWPD. El balance de agua del escenario planteado proyectado a los 30 años se presenta en la **Figura 2-14**.

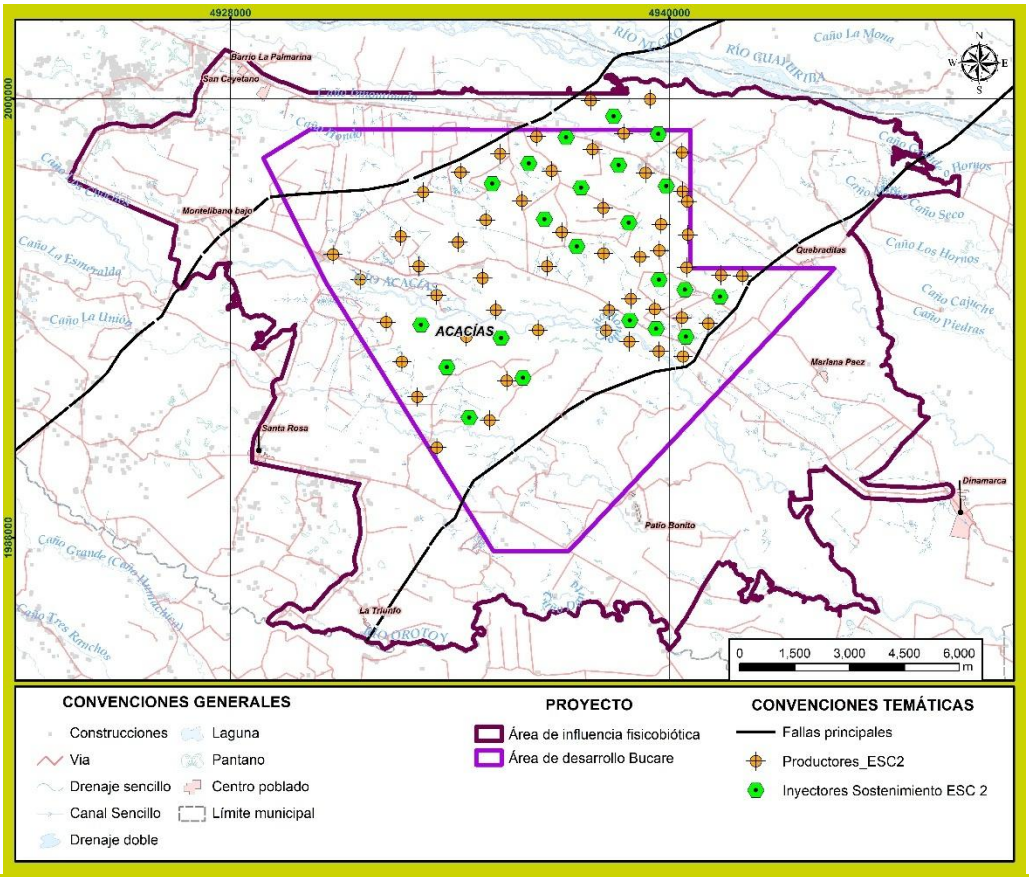


Figura 2-12 Escenario 2 – Ubicación en fondo de los pozos inyectores para sostenimiento de presión y producción en la unidad T2
Fuente: SGI S.AS, 2025

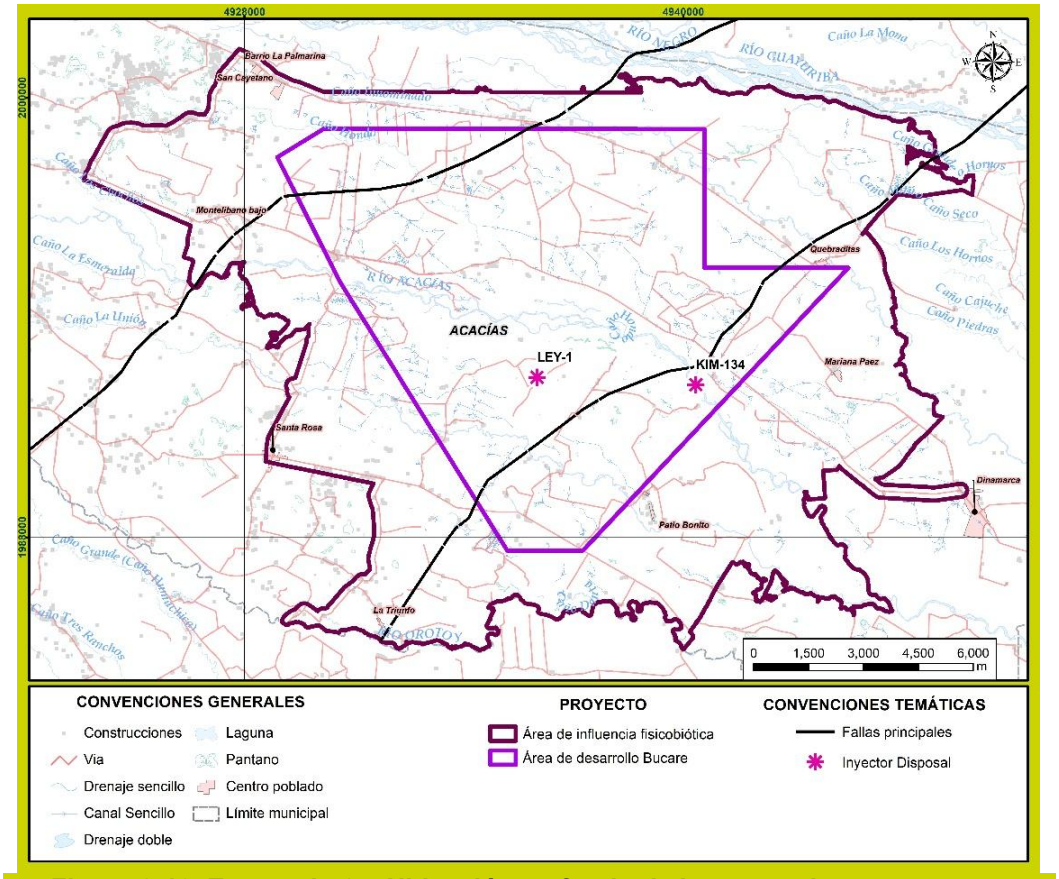


Figura 2-13 Escenario 2 – Ubicación en fondo de los pozos inyectores para disposición en la unidad K2
Fuente: SGI S.AS, 2025

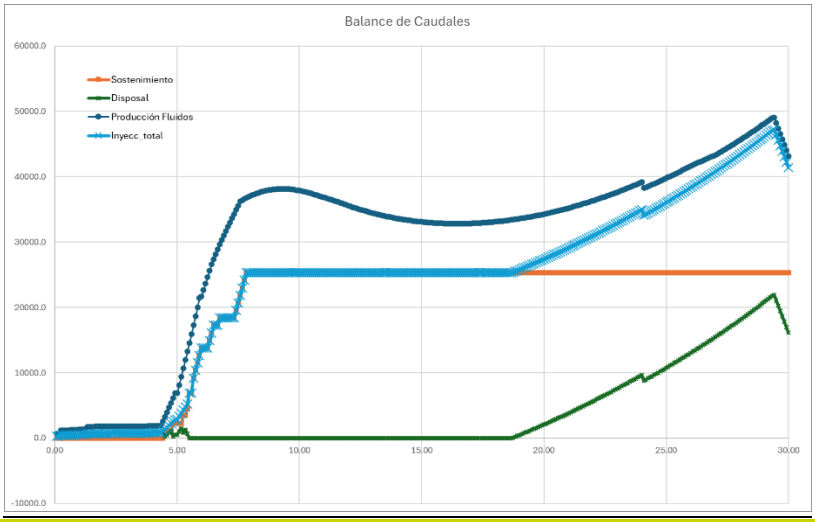


Figura 2-14 Escenario 2 – Balance de caudales
Fuente: SGI S.AS, 2025

En este tercer escenario, se realiza la modelación de la actividad de inyección para sostenimiento de presión con un caudal de hasta 44550 BWPD, a través de hasta 33 pozos inyectores para sostenimiento de presión y compensado por 56 pozos productores en la unidad T2 (ver **Figura 2-15**). Para la actividad de inyección disposal, se realiza entre 2 pozos (Leyenda-1 y KIM-134, (ver **Figura 2-16**) con un caudal para disposición de hasta 35670 BWPD. El balance de agua del escenario planteado proyectado a los 30 años se presenta en la **Figura 2-17**.

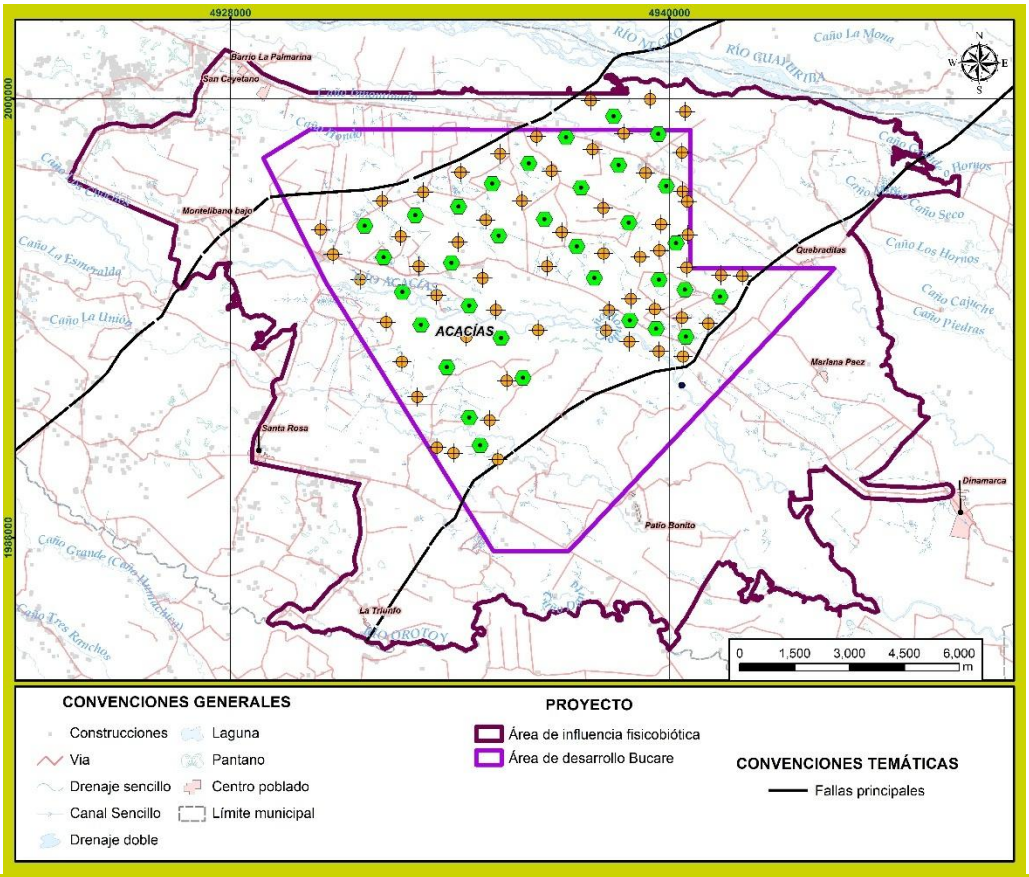


Figura 2-15 Escenario 3 – Ubicación en fondo de los pozos inyectores para sostenimiento de presión y producción en la unidad T2
Fuente: SGI S.AS, 2025

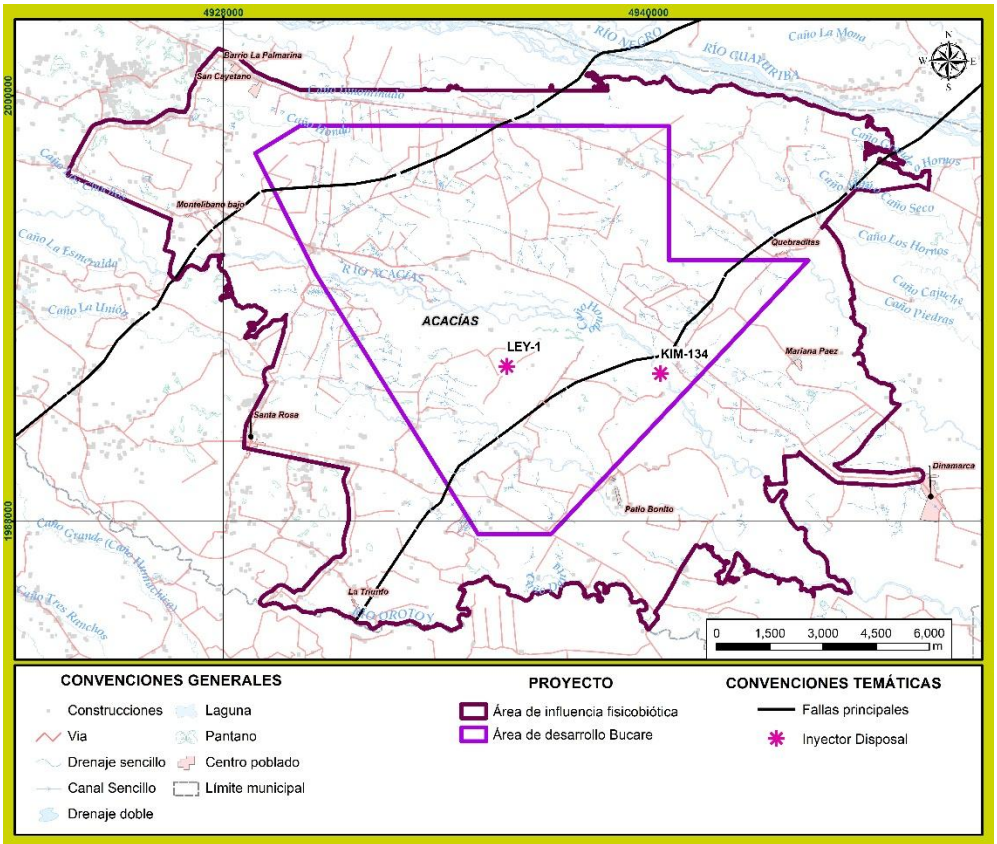


Figura 2-16 Escenario 3 – Ubicación en fondo de los pozos inyectores para disposición en la unidad K2
Fuente: SGI S.AS, 2025

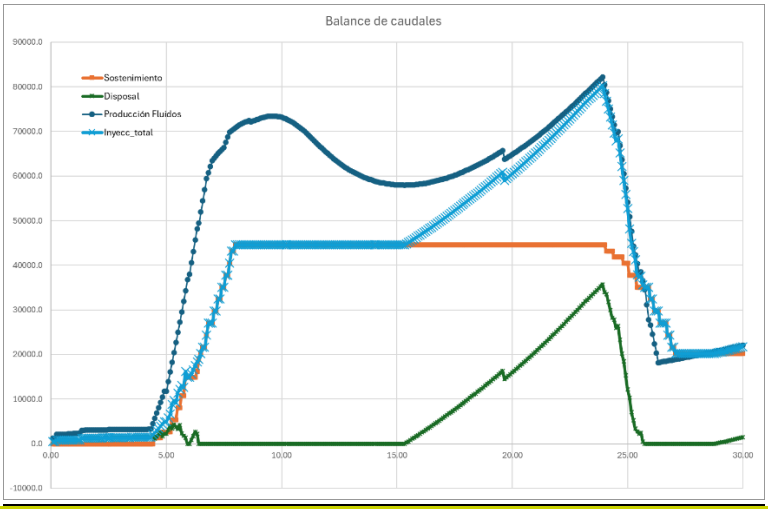


Figura 2-17 Escenario 3 – Balance de caudales
Fuente: SGI S.AS, 2025

El cuarto escenario, enfocado en disposición, se desarrolló para evaluar la viabilidad de inyectar hasta 80220 BWPD en cada uno de los pozos inyectores que se encuentran en bloques independientes, separados por la Falla Este de la zona de estudio. Bajo esta premisa, se simularon 30 años de inyección en los pozos Leyenda – 1 y KIM-134 (ver **Figura 2-18**).

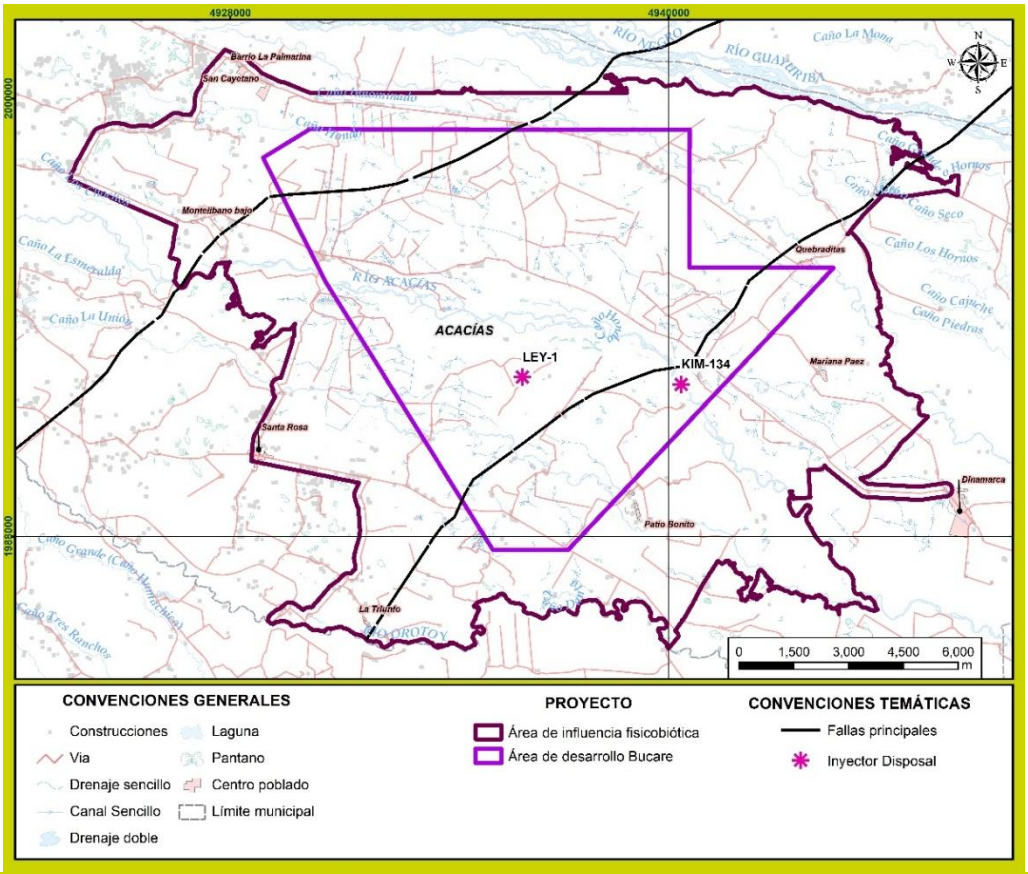


Figura 2-18 Escenario 4 – Ubicación en fondo de los pozos inyectores para disposición en la unidad K2
Fuente: SGI S.AS, 2025

Las facilidades para la inyección de agua deben contar con los equipos necesarios para retirar las sustancias no deseadas en la inyección de agua tales como sólidos y aceites y para levantar la presión necesaria para la inyección. Estas partículas deben ser removidas hasta niveles menores de 5 ppm (cinco partes por millón) en los parámetros de sólidos suspendidos y grasas y aceites. Estos niveles evitan que la formación a inyectar se obstruya y se disminuya la cantidad a inyectar por pozo. La presión necesaria para la inyección depende de los resultados de la prueba de inyectividad.

La infraestructura básica de un pozo de reinyección y/o inyección corresponde en primer lugar a la línea de inyección; luego del cual el líquido es recolectado por el cabezal principal que direcciona el flujo hacia las bombas para luego ser impulsado al pozo de reinyección y/o inyección. Adicionalmente, se cuenta con las áreas de generación eléctrica y el cuarto de control de máquinas.

De igual manera, donde se ubique el pozo de reinyección y/o inyección, se contará con sus respectivas cunetas perimetrales, diques, disipadores de energía y desarenador. La infraestructura básica mínima y su función de un (1) pozo de reinyección y/o inyección, se presentan en la **Tabla 2-25**.

Tabla 2-25 Infraestructura necesaria en trabajo de pozos

INFRAESTRUCTURA	
Pozo reinyector y/o inyector: En cada plataforma multipozo y facilidad de producción, podrá contar con un máximo de 15 pozos en total donde se espera que por lo menos un (1) pozo sea exploratorio, los pozos restantes podrán ser reinyectores y/o inyectores. La mayoría de estos pozos son del tipo direccionales, aunque los hay verticales.	
Bombas de inyección: Las bombas de inyección de agua se encuentran ubicadas en cada una de las plataformas multipozo y facilidades centrales de producción. El agua será inyectada o reinyectada por bombas de desplazamiento positivo de gran capacidad.	
INFRAESTRUCTURA	**FUNCIÓN**
Tanque skimmer tipo I	*Realizar la separación inicial de los principales contaminantes del agua: aceite y sólidos, previa inyección de productos químicos.*
Tanque skimmer tipo II	*Tanque de cabeza para mantener nivel y hacer una última separación de contaminantes*
Filtro de cascarilla	*Filtro de lecho de cascarilla de nuez destinado a remover los contaminantes que quedan después de la decantación en el skimmer.*
Filtro de cartuchos	*Filtro de pulido para remover partículas de tamaño menor a 5 um, la instalación de este equipo depende de las condiciones de inyección requeridas.*
Torre desoxigenadora	*Torre de desorción usada para remover el oxígeno, se usa cuando se usan aguas dulces para inyección.*
Bombas centrífugas	*Bombas de transferencias usadas para mover el agua entre las diferentes etapas del proceso.*
Otros elementos	*Cabezal descarga alta presión.* *Medidor de flujo.* *Tablero de control.* *Celdas de protección.*

Fuente: ECOPETROL S.A, 2025

La profundidad de estos pozos dependerá del objetivo de inyección y/o reinyección, hasta alcanzar las formaciones receptoras (Formación San Fernando también conocida como Formación Mirador). La conexión del pozo con la formación de inyección y/o reinyección se hará mediante el cañoneo del espesor de principal interés.

En el interior del pozo, se fijará un empaque con tubing por arriba de la zona de inyección y/o reinyección, que permita asegurar que toda el agua inyectada y/o reinyectada se dirija a la formación definida. El empaque se probará con presión por el anular para asegurar un correcto aislamiento del resto del pozo.

En superficie se tendrá un cabezal de pozo y los equipos necesarios que permitan la inyección y/o reinyección controlada y segura del agua. Cuando se requiera workover se tomarán las medidas necesarias para mantener el diseño característico de los pozos reinyectores y/o inyectores.

Una vez se tengan disponibles las facilidades de superficie para la reinyección y/o inyección de las aguas de producción, se procederá a realizar una prueba de inyección extensa a fin de determinar la verdadera capacidad de recepción en la formación receptora. Una vez finalizadas las pruebas de inyección de los pozos, se decidirá realizar sobre pruebas steprate test para definir el gradiente de fractura de la formación receptora.

Después del proceso de separación y tratamiento de agua y crudo desarrollados, el agua resultante de la operación en un alto porcentaje es reinyectada y/o inyectada en las unidades receptoras para para mantener la presión en el yacimiento y su almacenamiento. Es de aclarar que el agua de reinyección y/o inyección es tratada mediante procesos fisicoquímicos que remueven el mayor número de contaminantes cumpliendo con las exigencias del Ministerio de Minas y Energía (MME).

El agua producida de la separación crudo-agua será almacenada en tanques en las áreas de producción correspondientes a las plataformas multipozo y facilidades centrales de producción, y

posteriormente, a través de bombas o plantas se reinyectan y/o inyectarán a las formaciones respectivas.

- **Reinyección**

Para la etapa de reinyección se debe realizar el monitoreo de las aguas de producción, lo que contribuye a conocer la calidad del agua que se dispone en el subsuelo y tener una evaluación de la potencial afectación del agua subterránea (acuíferos de agua con nata) por el proceso de reinyección.

Si el agua inyectada contiene sólidos en una cantidad suficientemente grande para taponar la formación (una fracción del tamaño del medio poroso), la inyectividad declinará. Asimismo, cantidades mayores de aceites suspendidos pueden perjudicar la inyectividad, reduciendo la permeabilidad de la formación al agua, especialmente en zonas de inyección que inicialmente tienen menos que la saturación movible al aceite. Las técnicas de separación de aceites típicas pueden ser usadas para reducir el contenido de aceites suspendidos a niveles aceptables.

Sin embargo, para determinar el grado y tipo de tratamiento requerido para mantener la inyectividad, es indispensable llevar a cabo un análisis de toda la información sobre la caracterización del agua de producción y la formación a la cual será inyectada, siguiendo los lineamientos y valores máximos permitidos por la Resolución 1207 de 2014 establecidos en artículo 7, numeral 2 de la categoría de uso industrial.

En general, se definen las siguientes medidas para proteger y/o minimizar los problemas de deficiente calidad del agua de producción e inyectividad:

- ✓ Realizar una caracterización completa de la composición de las aguas residuales de producción o industriales tratadas, previo al vertimiento, a fin de determinar cuáles son los parámetros más representativos que deberán ser incluidos, dentro de la caracterización de las aguas superficiales y subterráneas.
- ✓ Efectuar los análisis químicos de las aguas recolectadas en laboratorios debidamente certificados y que utilicen metodologías estandarizadas, de manera que se proporcionen resultados confiables.
- ✓ Obtener información inicial a través de la recolección y análisis de muestras de agua producida proveniente de los pozos en explotación, antes y después de su tratamiento, y previo al inicio de las operaciones de reinyección (esto será tomado como línea base, cuyos valores servirán de referencia para los monitoreos siguientes).
- ✓ Monitorear periódicamente la calidad del agua a inyectarse y/o reinyectarse. Para contrastar con la línea base y/o los estándares adoptados.
- ✓ Llevar registro de la presión estimada de inyección o reinyección, con el fin de llevar monitoreo y evitar presentar afectaciones por dicha presión a la formación receptora.
- ✓ En el plan de manejo específico del pozo se deberán describir y establecer las características propias autorizadas por el Ministerio de Minas y Energía para la actividad, en la cual se describa la técnica, localización y diseño, incluyendo especificaciones de la infraestructura y equipos a instalar en superficie para el desarrollo de la actividad.
- ✓ Efectuar el mantenimiento preventivo contra el fenómeno de corrosión e incrustación del pozo reinyector o inyector, el cual se debe realizar entre en intervalos de 1 a un año y medio una vez iniciada la actividad.
- ✓ El agua residual doméstica y no domestica tratada que se dispondrá para la actividad de reinyección deberá cumplir con los valores máximos permitidos por la Resolución 1207 de 2014 establecidos en artículo 7, numeral 2 de la categoría de uso industrial.

Con el fin de mantener un riesgo operacional bajo se presentan a continuación las acciones que se desarrollarán respecto al aseguramiento del diseño y construcción de los pozos inyectores nuevos o pozos exploratorios que hayan resultado no productores:

El revestimiento conductor y superficial se cementará hasta superficie con el fin de mantener estable las paredes del pozo, evitando su derrumbe y aislando los diferentes estratos perforados. El revestimiento superficial estará mínimo 100 m por debajo del acuífero aprovechable para consumo humano más profundo, es decir por debajo de los niveles acuíferos de agua dulce presentes en las formaciones receptoras cuya profundidad aproximada es de 300 metros.

Los empaques de la tubería de reinyección estarán ubicados a una profundidad no mayor a 30 m sobre la zona de reinyección y tendrán un espacio anular entre la tubería y el revestimiento para permitir el monitoreo de presión durante la operación del pozo.

El aislamiento de los fluidos inyectados se realizará a través del uso de revestimientos centralizados mecánicamente y asegurados con cemento a una altura no inferior a 90 m por encima del tope de la zona de reinyección.

En caso de que el sistema no utilice empaques, los revestimientos se cementarán hasta la superficie, se utilizará una tubería que corra desde el empaque hasta superficie a la camisa de reconexión, en caso de utilizar colgadores de revestimiento y camisas de reconexión. Esta tubería contará con un espacio anular que permitirá el monitoreo de presión durante las operaciones de reinyección.

✓ Sistema de tratamiento de agua

Para el proceso del tratamiento del agua se presentan los siguientes procesos:

- Remoción de sólidos: El proceso de tratamiento descrito incluye la separación y filtración de los sólidos presentes en el agua coproducida, las cuales se introducen en el Gun Barrel y posteriormente pasa a los Skimmer y con Bombas centrifugas pasa por un sistema de filtración (Filtro Cáscara de Nuez con capacidad de 15.000 BWPD) para eliminar los sólidos. La eliminación de sólidos es esencial para evitar obstrucciones en los equipos de producción y para garantizar que el agua tratada cumpla con los estándares de calidad requeridos antes de la inyección.

- Control de parámetros: Se mencionan varios parámetros importantes que se controlarán durante el tratamiento del agua coproducida. Los parámetros a los que se les llevara control son: Turbidez<70 NTU, Ph entre 6 y 8, Hierro disuelto < 5 ppm, Grasas y aceites < 2 mg/l, H2S disuelto < 0,1 ppm. Este control de estos parámetros es crucial para asegurar que el agua tratada cumpla con los requisitos regulatorios y ambientales antes de su reinyección en las formaciones.

- Inyección en formaciones específicas: La selección de las formaciones adecuadas para la inyección se basará en la capacidad de almacenamiento y las características hidrogeológicas de cada formación, asegurando que el agua tratada se maneje de manera segura y efectiva, estas aguas se inyectarán en la Formación Barco.

- Sostenibilidad y gestión ambiental: El tratamiento y reutilización del agua coproducida mediante la inyección en formaciones contribuyen a la sostenibilidad ambiental y la gestión responsable de los recursos hídricos en el Área de Desarrollo Bucare. Esto puede ayudar a minimizar el impacto ambiental y optimizar el uso de los recursos naturales.

- Cumplimiento normativo: El proceso de tratamiento debe estar en conformidad con las regulaciones y estándares ambientales u operativos (NACE) establecidos por las autoridades competentes.

En general, el método descrito muestra un enfoque integral para el tratamiento de aguas coproducidas, enfocado en la eliminación de sólidos y el control de diversos parámetros clave antes de la inyección en formaciones seleccionadas. Esto es importante para garantizar una producción de petróleo más sostenible y cumplir con las regulaciones ambientales aplicables.

- **Conversión de pozos**

Para convertir un pozo a reinyector, se cumplirá con requerimientos adicionales:

- ✓ Se correrán registros de tope de cemento y registros tipo CBL para verificar la calidad de la cementación por revestimiento expuesto a la reinyección.
- ✓ Si el revestimiento superficial no ha sido cementado a superficie, el revestimiento más interno será cementado hasta superficie.
- ✓ Cualquier formación geológica abierta que no vaya a ser utilizada para reinyección, será aislada a través de tapones de cemento y abandonada. Los tapones serán probados a una presión de 1,25 veces la presión máxima de reinyección.
- ✓ Se implementará un programa de perforación, cuyo objetivo es garantizar el aislamiento de las zonas de interés, direccionando el fluido exclusivamente hacia la unidad receptora (Formación Barco); para tal fin cada pozo perforado es revestido, cementado y completado con el propósito de conducir el agua en forma segura y controlada desde superficie hasta la unidad receptora. La reinyección se ubicará en la parte de abajo de la tubería, de tal manera que solo el casing esté sujeto a la presión de reinyección a través de la formación receptora.
- ✓ Como una medida de prevención, se suspenderán las actividades de operación de reinyección en los siguientes casos:
  - Si se llegaran a presentar fallas durante el proceso de reinyección, se realizará un cierre inmediato del pozo y se suspenderán las operaciones de reinyección hasta tanto se implementen las acciones de manejo y solo se podrán reanudar las operaciones cuando se hayan implementado las acciones mencionadas.
  - Cuando la presión del anular en el pozo inyector, iguale el 20% del promedio de la presión de reinyección, se suspenderán las operaciones de reinyección.
  - Si se presentara un evento sísmico mayor o igual a cuatro (4) en la escala de Richter y el epicentro se encuentre ubicado dentro del área cuyo radio en torno al pozo de reinyección sea de dos (2) veces la profundidad del pozo y a una profundidad hipocentral menor de 16 km, de acuerdo con la información oficial de Servicio Geológico Colombiano, se suspenderán las operaciones de reinyección, se revisarán las presiones y volúmenes de reinyección con el fin de determinar una correlación positiva entre el evento sísmico y las actividades de reinyección.
  - En caso de presentarse una correlación positiva, se implementarán acciones preventivas, si se descarta la correlación positiva entre el evento sísmico y la actividad de reinyección, se podrán retomar las actividades de reinyección.
  - En el caso de que se corrobore la correlación positiva entre el evento sísmico y el proceso de reinyección y si la autoridad lo determinara, se realizará un monitoreo especial de presión para establecer la presión de poro de la formación, se reducirá el volumen de inyección aprobado y se implementará un cronograma de reinyección periódica.
  - Adicionalmente a los parámetros establecidos, como el volumen máximo de aguas a inyectar y las pruebas de presión, etc., se determinará una distancia mínima de inyección a las fallas geológicas activas que se encuentren dentro del área, con el fin de evitar posibles conexiones hidráulicas entre la formación receptora y los acuíferos aprovechables por la comunidad.

- Efectuar monitoreos de calidad de agua fisicoquímica previo al inicio de la inyección y una vez cada año, en al menos dos pozos de agua de la comunidad y en cuerpos de agua superficial (al menos la corriente principal) que se ubiquen en un radio inferior a 2 km a la redonda de cada pozo inyector y de acuerdo con los parámetros que especifica el Plan de Manejo Ambiental.
- Instalar un medidor de flujo a la entrada del pozo inyector a fin de llevar un registro diario del mismo, así como la medición de la presión de entrada.
- Informar cualquier cambio y/o modificación en el proceso de inyección de aguas, para su respectiva evaluación y aprobación.

2.2.2.5.3.4 Métodos constructivos y operativos

Los métodos constructivos hacen parte de las actividades relacionadas con la perforación de pozos inyectores descrita en la estrategia de desarrollo ED6 Perforación de pozos inyectores en su numeral 2.2.2.2.3 del presente estudio EIA y de los métodos constructivos relacionadas para Instalación y operación de Facilidades Centrales de Producción -CPF- (ED10) descritas en el numeral 2.2.2.5.1 del presente subcapítulo.

2.2.2.5.3.5 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)

La ubicación de los procesos de inyección, estarán sujetos a la ubicación y cantidad final de pozos inyectores que se perforen en las diferentes locaciones, además de las instalaciones y equipos que se integren en la Facilidades Centrales de Producción y/o facilidades satélites del proyecto. Estas áreas estarán determinadas por la zonificación ambiental y sus diseños finales serán presentados en los respectivos Planes de Manejo Ambiental Específicos PMAE.

2.2.2.5.3.6 Movimiento de tierras

La inyección de fluidos corresponde un proceso sobre instalaciones ya construidas y descritas en los principales numerales de las estrategias de desarrollo, por tal razón no genera movimiento de tierras adicionales a las identificadas.

2.2.2.5.3.7 Estimativo de maquinaria, equipos

El estimativo de maquinaria y equipos estará dado por la cantidad de pozos inyectores que sean perforados para el sostenimiento de presión, dentro de los principales equipos se tienen los siguientes:

- Hidrociclones de tipo horizontal
- Electrocoaguladores
- Tanques de electrocoaguladores
- Tanques de floculación
- Filtros

Dentro de la maquinaria necesaria en el proceso de inyección de fluidos para el sostenimiento de presión se tiene:

- Grúas y montacargas
- Talleres temporales
- Generadores eléctricos
- Compresores de aire
- Tanques de almacenamiento
- Bombas de trasiego de agua

2.2.2.5.3.8 Estimativos de mano de obra

El personal necesario para esta actividad se encuentra contemplado en las estrategias de desarrollo ED6, Perforación de pozos inyectores y se relaciona a continuación en la **Tabla 2-26**. El personal relacionado en este documento es estimado y podrá variar en función de las actividades y fases que se estén ejecutando.

Tabla 2-26 Personal estimado para la perforación, completamiento y pruebas de integridad

PERSONAL		CANTIDAD
Calificado	Jefe de Pozo (Company Man)	2
	Asistente de Company Man	1
	Geólogo (Well site)	1
	Jefe de equipo (ToolPusher)	1
	Supervisor de equipo	2
	Perforador	2
	Encuelladores	2
	Cuñeros	6
	Electricista – mecánico	2
	Médico o Enfermero	1
	Supervisor HSE	1
	Operador equipo pesado	2
	Técnicos tratamiento de Aguas	1
	Soldadores	2
	Bodeguero	1
	Administrador	1
	Personal servicio de Catering	5
	Ingeniero de lodos	2
	Personal de fluidos (Tratamiento de cortes y líquidos)	3
	Personal de MudLogging	4
	Ingeniero brocas	1
	Ingeniero direccional	4
	Personal de cementación	6
	Personal registros eléctricos	3
	Personal corrido de Casing	6
	Seguridad física	1
	Interventor Ambiental	1
	Conductores	5
No Calificado	Cuadrillas de patio	5
	Toma muestras	2
	Control de ingreso	2
	Camareras	2

PERSONAL		CANTIDAD
	Personal obrero tratamiento de cortes	2
TOTAL		82

Fuente: ECOPETROL S.A, 2025

2.2.2.5.3.9 Asentamientos humanos e infraestructura social, económica y cultural a intervenir

El proyecto para el Área de Desarrollo Bucare 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.

2.2.2.5.3.10 Pruebas de producción

Para el Área de Desarrollo Bucare, se tiene contemplada la ejecución de reinyección para disposición de aguas (DISPOSAL) e Inyección recobro mejorado (secundario y terciario) (WATERFLOODING), por lo que se considera necesario realizar pruebas de producción (pozos productores y exploratorios), así como pruebas de integridad (pozos inyectores).

En lo pertinente a las pruebas de producción estas se encuentran descritas anteriormente en la estrategia de desarrollo 2.2.2.1.1 Perforación de pozos NFE (ED4) numeral 2.2.2.1.1.6 Completamiento y pruebas cortas de producción: equipos, insumos, tipo y manejo de residuos, entre otros, ítem producción del presente EIA; de otra parte, la descripción de las diferentes pruebas de integridad a realizarse en pozos inyectores se reúnen en la estrategia de desarrollo 2.2.2.2.2 Perforación de pozos de inyección de agua y gas para recobro y sostenimiento de presión (ED-6) numeral 2.2.2.2.2.6 Completamiento y pruebas cortas de producción: equipos, insumos, tipo y manejo de residuos, entre otros.

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 iníciales dependerá de las indicaciones geológicas y de registro que arroje el pozo durante la perforación.

2.2.2.5.3.11 Relación de las actividades de mantenimiento, incluyendo insumos, residuos y tratamiento

Estas actividades son cotidianas en las áreas 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 2-27**, 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 2-27 Actividades de mantenimiento en pozos

CLASIFICACIÓN	ACTIVIDAD
INTERVENCIONES MAYORES A POZO (WORKOVER): 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 re-perforación de zonas
	Cambio de sistema de levantamiento artificial (SLA)
	Recompletamiento
	Fracturamiento, estimulación
	Mejora del perfil de Inyección (Conformance)
	Abandono
INTERVENCIONES MENORES A POZO (WELL SERVICES): 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: ECOPETROL S.A, 2025

Los trabajos por 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 niplesilla, 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

2.2.2.5.3.12 Mecanismos de producción y abandono

Los mecanismos de producción y abandono considerados para el Área de Desarrollo Bucare se describen a continuación.

- **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 (empaque) en la profundidad definida y se bombea el fluido a las ratas 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 tapón puente en el tope de cada formación productiva y, en todo caso, deberá colocarse un tapón de cemento no menor de quince (15) pies de longitud, inmediato a cada una de las formaciones productivas; de igual manera, deberá instalarse un tapón de cemento de una longitud aproximada de 50 pies por debajo de los intervalos que contengan agua dulce y un tapón en la boca de todo pozo taponado y una lápida que contenga como mínimo los siguientes datos:

- ✓ Nombre del pozo
- ✓ Estatus
- ✓ Coordenadas (Norte, Este)
- ✓ Profundidad Total
- ✓ Fecha de perforación
- ✓ Fecha de abandono
- ✓ Producción acumulada
- ✓ Inyección acumulada
- ✓ Motivo de abandono

2.2.2.5.3.13 Desmantelamiento y restauración de las áreas intervenidas por la actividad constructiva

El desmantelamiento de los procesos de inyección de fluidos corresponden a las actividades similares de las descritas en la estrategia de desarrollo ED6 Perforación de pozos inyectores en su numeral 2.2.2.2.3 del presente estudio EIA y de los métodos constructivos relacionadas para Instalación y operación de Facilidades Centrales de Producción -CPF- (ED10) descritas en el numeral 2.2.2.5.1 del presente subcapítulo.

2.2.2.5.3.14 Duración de las obras, etapas y cronograma de actividades

La duración de las obras se estima a partir de las actividades a ejecutar en cada etapa de desarrollo y que se definen en la Tabla 2-3 Definición de actividades a desarrollar en el Área de Desarrollo Bucare, presentada en el subcapítulo 2.2.2 Estrategias de Desarrollo del presente estudio EIA. Este estimativo del cronograma se realiza teniendo en cuenta que, los tiempos podrán variar de acuerdo a las necesidades del proyecto, tiempos que se especificarán en los respectivos Planes de Manejo Ambiental Específicos (PMAE) que se presenten para cada proyecto y/o infraestructura a desarrollar.

A continuación, en la **Tabla 2-28** se estima la duración de la construcción de un pozo inyector para el sostenimiento de presión, recobro y/o disposal. Estos tiempos podrán cambiar de acuerdo con las condiciones y necesidades del proyecto en su etapa constructiva y operativa.

Tabla 2-28 Duración estimada en los trabajos de pozos para la inyección de fluidos en el sostenimiento de presión, recobro y/o Disposal

ETAPA	SUBETAPA	ID	ACTIVIDAD	TIEMPO (SEMANAS)							
				1	2	3	4	5	6	7	8
OPERATIVA	REACONDICIONAMIENTO DE POZOS	A-31	Workover								
		A-32	Well Service								
	INYECCIÓN	A-37	Instalación y operación de facilidades de inyección (Recobro y sostenimiento de presión)								
		A-38	Instalación y operación de facilidades para el tratamiento e inyección de fluidos disposal								
	MANTENIMIENTO	A-42	Mantenimiento de vías de acceso, locaciones y facilidades (incluye infraestructura, equipos y maquinaria)								
DESMANTELAMIENTO, ABANDONO Y RESTAURACIÓN		A-46	Desmantelamiento de instalaciones, retiro de equipos e infraestructura y salida de maquinaria.	Las actividades de desmantelamiento, abandono y restauración contemplan el desmantelamiento y restauración de todas las áreas intervenidas para la ejecución de las actividades correspondientes a la presente estrategia de desarrollo. Su principal objetivo es recuperar y mejorar ambientalmente dichas áreas, para esto se llevará a cabo un plan de acción que contemple el restablecimiento de las condiciones ambientales anteriores a la intervención							
		A-49	Demolición y desmonte de infraestructura								
		A-50	Limpieza de áreas								
		A-51	Reconformación del terreno, empradización y/o revegetalización								
ACTIVIDADES TRANSVERSALES		A-53	Contratación de mano de obra	Las actividades transversales son ejecutadas a lo largo de todas las etapas del proyecto, razón por la cual no cuentan con un cronograma de ejecución de actividades específico							
		A-54	Adquisición de bienes y servicios								
		A-55	Transporte terrestre y/o aéreo de materiales, equipos, maquinaria, insumos y personal								
		A-56	Instalación y operación de campamentos temporales								
		A-58	Uso de productos químicos, lubricantes y combustibles								
		A-59	Captación, transporte, almacenamiento y distribución de agua superficial para uso doméstico e industrial								

ETAPA	SUBETAPA	ID	ACTIVIDAD	TIEMPO (SEMANAS)							
				1	2	3	4	5	6	7	8
		A-60	Captación, transporte, almacenamiento y distribución de agua subterránea para uso doméstico e industrial								
		A-61	Gestión (Manejo, tratamiento y disposición final) de residuos líquidos domésticos y no domésticos								
		A-62	Gestión (Manejo, tratamiento y disposición final) de residuos sólidos								
		A-63	Manejo y disposición de residuos peligrosos								

Nota 1: Las actividades de ejecución y los tiempos estimados podrán variar en función de las necesidades y condiciones de cada proyecto (PMAE).
Nota 2: Las actividades de las etapas preoperativa y transversales, se deben ejecutar de acuerdo a los alcances específicos de cada PMAE
Nota 3: Las actividades de mantenimiento se ejecutarán de acuerdo con las necesidades del campo y desarrollo del mismo.
Fuente: ECOPETROL S.A, 2025

2.2.2.5.4 Construcción y operación de Zonas de Disposición de Materiales Sobrantes de Excavación ZODME (ED13)

Las Zonas de Disposición de Material de Excavación Sobrante -ZODME- son aquellas áreas que se tendrán para el almacenamiento temporal y/o disposición final de los materiales sobrantes (capa orgánica, suelo y subsuelo) provenientes de descapote y movimientos de tierra (corte y excavación) dentro de las actividades constructivas del proyecto.

Es importante precisar que las ZODME de la presente estrategia de desarrollo (ED13) darán cobertura a todas las actividades constructivas del campo excepto las ZODME requeridas de manera particular para la construcción de locaciones multipozo.

2.2.2.5.4.1 Cantidades requeridas para el Área de Desarrollo Bucare

En función de las cantidades estimadas de descapote y movimientos de tierra requeridos por las actividades en el Área de Desarrollo Bucare, se requiere de una extensión de hasta 20,00 Ha distribuidas en hasta dos (2) ZODMES, los cuales podrán ser ejecutados con diversas dimensiones dentro de lo establecido por la zonificación ambiental, sin superar las dos áreas a solicitar para este fin, áreas que se presentan en la **Tabla 2-29**.

Tabla 2-29 Área para la construcción de ZODMES

ESTRATEGIA DE DESARROLLO	ALCANCE	ÁREA TOTAL (Ha)
Construcción y operación de Zonas de Disposición de Materiales Sobrantes de Excavación -ZODME-	Hasta 2 polígonos de un área total de hasta 10,00 ha cada una	20,00

Fuente: ECOPETROL S.A, 2025

Es de señalar que las áreas denominadas como ZODMES, localizadas dentro de la infraestructura proyectada como Locaciones y Facilidades centrales de producción (CPF), al ser áreas definidas como parte integral de su propio diseño, no hacen parte de las áreas a solicitar en la presente estrategia de desarrollo. A continuación, en la Figura 2-19 se identifica un diseño tipo planta perfil de una ZODME para terrenos planos o de baja pendiente.

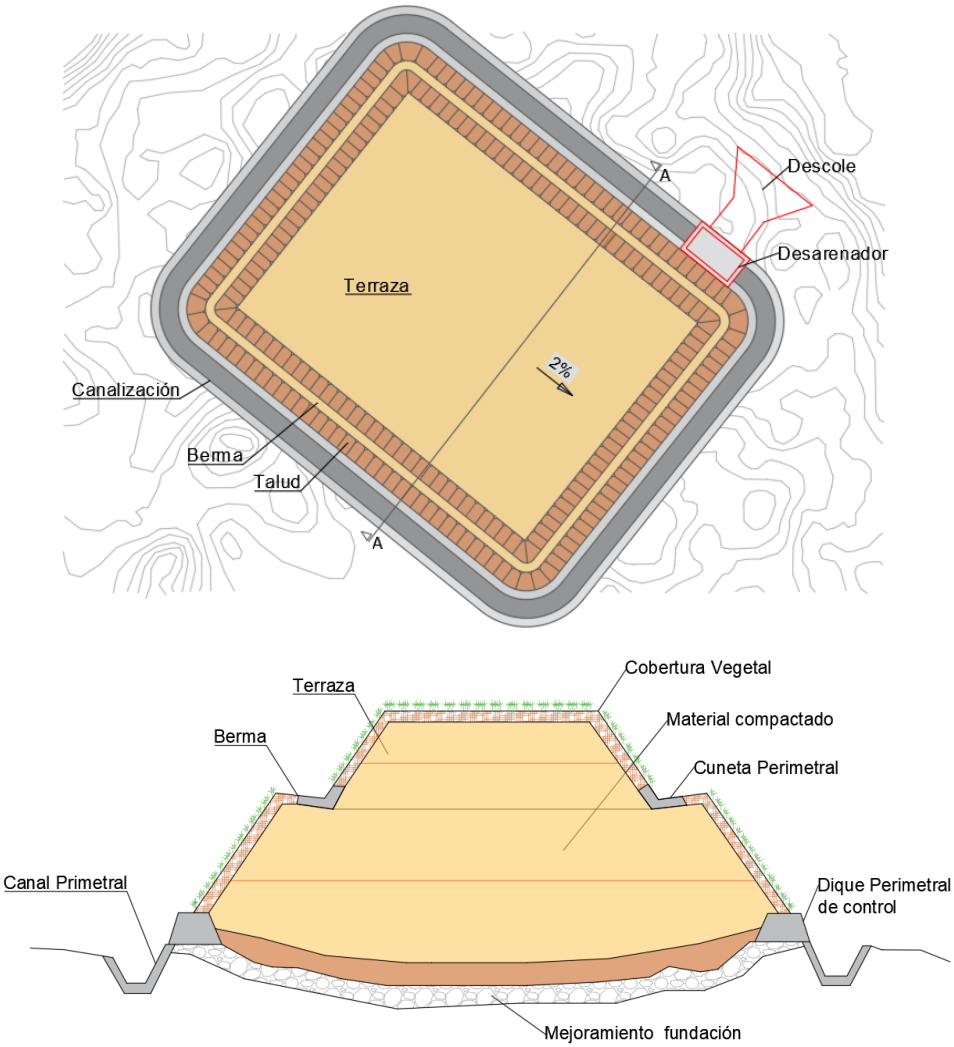


Figura 2-19 Diseño tipo planta-perfil de ZODMEs
Fuente: S.G.I S.A.S, 2025

2.2.2.5.4.2 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 Bucare, se requieren dos extensiones de hasta 10 Ha cada una. La ubicación final de cada ZODME será determinada teniendo en cuenta, entre otros, los criterios técnicos, tecnológicos y ambientales, que se presentan a continuación.

2.2.2.5.4.2.1 Criterios técnicos

La ubicación de las ZODMEs, serán proyectadas, 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 redunda 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.
- ✓ En lo posible, 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.

2.2.2.5.4.2.2 Criterios ambientales

La ubicación final de los sitios para los ZODME atenderá las condiciones establecidas para el campo en función de la Zonificación de Manejo Ambiental 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 presentará la localización georreferenciada 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.

2.2.2.5.4.2.3 Criterios tecnológicos

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 Bucare, 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 ECOPETROL S.A.

2.2.2.5.4.3 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, se aprovecha este numeral para presentar el proceso constructivo y las actividades a ser implementadas para la construcción y operación de un ZODME, donde se incluye lo relacionado con el manejo de fluidos específicamente para sistemas para el manejo de aguas de escorrentías y subsuperficiales; esto cual se detalla más adelante donde se realiza la descripción de la Actividad A-07 “Construcción y/o adecuación de obras para manejo de aguas superficiales, lluvias y aceitosas”.

2.2.2.5.4.4 Métodos constructivos y operativos

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:

- ✓ Se descapotará previamente en un espesor de entre 0,10 m a 0,30 m para retirar la capa vegetal. Los materiales de descapote se acordonarán en el borde de la zona de acopio para su posterior uso en actividades de empradización.
- ✓ Construcción de obras de drenaje para el manejo de aguas subsuperficiales y producto de infiltración por medio de filtros tipo francés.
- ✓ Construcción de enrocados disipadores de energía en las cunetas perimetrales.
- ✓ Construcción de un sistema de contención en la base del relleno (diques, muro de gaviones, muro en concreto, entre otros). Para su construcción se deberá tener en cuenta el documento referenciado en el párrafo anterior.
- ✓ Deben instalarse filtros longitudinales y transversales que conduzcan el agua fuera de la ZODME para evitar socavaciones, erosión y presiones hidrostáticas, según diseño y entrega de drenajes subterráneos.
- ✓ Los materiales por disponer se irán extendiendo en el área ya preparada, en capas de espesor suelto entre 0,30 m – 0,50 m, y apisonadas pasando varias veces el bulldozer, hasta conformar terrazas hasta de 3,0 m.
- ✓ Los taludes finales de la ZODME quedarán conformados con una pendiente de entre 2H:1V y 1H:2V, o la recomendada según las características de los materiales.
- ✓ Cuando se trate de material rocoso, deberá colocarse de adentro hacia afuera para que se pueda hacer una selección de tamaños; los fragmentos más grandes deben situarse hacia la parte externa del depósito, de forma que sirvan de protección definitiva del talud.
- ✓ El material más fino debe 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).
- ✓ Cada vez que se ascienda por lo menos 3,0 m en cota con los materiales depositados deben perfilarse los taludes, para proceder a su cobertura con los materiales de descapote, evitando así la erosión por escorrentía superficial. Cuando se requiera suspender la colocación de materiales, se deberán proteger 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.
- ✓ Se deberá construir un sistema de cunetas evacuantes de las aguas lluvias que caerán sobre la superficie del depósito. Con este sistema se busca evitar la infiltración del agua
- ✓ superficial, mediante su evacuación rápida y eficiente. Se deberán seguir las indicaciones de los documentos referenciados en el párrafo anterior.
- ✓ No hay una altura final estándar, ya que esta variable depende de múltiples factores entre los que se cuenta la estabilidad, que también es función de las obras que se hayan realizado para evitar que la ZODME colapse. El depósito no debe ser sobrecargado, pues de lo contrario se corre el riesgo de generar inestabilidades.
- ✓ El material dispuesto en la ZODME se podrá reutilizar para el cierre de piscinas, o en otras actividades que se requieran para el desarrollo del Área de Desarrollo Bucare, siempre y cuando estos cumplan con las especificaciones técnicas y garanticen la no afectación del medio ambiente.
- ✓ Una vez terminada la disposición de material sobrante en la ZODME deberá clausurarse, procediendo a su empradización y obras finales de estabilización, estas últimas incluyen la construcción del sistema de cunetas evacuantes de las aguas lluvias que caerán sobre la superficie del depósito. Con este sistema se busca evitar la infiltración del agua superficial, mediante su evacuación rápida y eficiente.

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.

La localización puntual de cada ZODME estará sujeta en primera instancia a utilizar un área variable de acuerdo con la estimación de material sobrante, adyacente a cada locación y en zonas varias, siempre cumpliendo con la Zonificación de Manejo Ambiental. El diseño y construcción dependerán directamente del volumen a disponer en este tipo de zonas, esto condicionara su altura y el tipo de taludes a utilizar, los cuales se pueden conformar en terrazas o taludes simples (Ver **Tabla 2-30**). Se podrá requerir de la construir algunas obras de estabilización y/o drenajes que garanticen su estabilidad.

El material dispuesto podrá ser utilizado en la conformación de terraplenes durante las etapas de obras civiles y como relleno de piscinas en la etapa de abandono y recuperación ambiental. En las ZODME también se podrá realizar riego de aguas tratadas y se podrán disponer materiales sobrantes de excavación y cortes de perforación base agua (WBM) previamente estabilizados.

Para las ZODME conformadas con cortes de perforación estabilizados base agua se deberá construir sobre geomembrana que impida el contacto con el suelo natural, cunetas perimetrales u otras obras que garanticé que el agua de escorrentía no drenará a cuerpos de agua cercanos.

Tabla 2-30 Especificaciones típicas para la construcción de una ZODME

ÍTEM	OBSERVACIONES
Taludes	Desde 2H:1V – 1H:2V perfilados y revegetalizados (*)
Obras de drenajes y protección	Filtros longitudinales y transversales en la base, cunetas en la corona (*)
Altura máxima	Hasta tres (3) terrazas, nueve (9) m de altura total; cada terraza de hasta 3 m de altura (*)
Bombeo de la corona	2-3%
Relleno	Por capas compactadas en espesor definido con el geotecnista (*)
Estructuras de contención	Si se requiere: gaviones, trinchos, sacos rellenos de suelos seleccionados (*)
Área	Para cada ZODME un área de hasta 10 ha
Volumen	De acuerdo con los diseños y requerimientos asociados con la infraestructura
Berma	2 m por cada costado de la terraza

Nota (*): En caso de requerirse y/o según diseños
Fuente: ECOPETROL S.A, 2025

La capacidad estimada a partir de una ZODME tipo es de 767.710 m3 aproximadamente, con las especificaciones expuestas anteriormente, donde se contempla un área de intervención de máximo 10 ha, una altura de hasta 3.0 m por cada terraza y hasta tres (3) terrazas con pendientes 2H:1V o 1H:2V. recomendando dejar una berma en cada terraza de mínimo 2.0 m de corona en cada costado. Para las dos ZODMEs a solicitar se tendrá una capacidad de disposición de 1’535.420 m3 en total. Estos valores podrán cambiar de acuerdo a las necesidades del proyecto sin exceder las solicitudes de las 2 áreas de 10 ha cada una.

Para el manejo de aguas lluvia, se instalan cunetas en cada berma que pueden ser en concreto, sacos de suelo cemento o similares los cuales recolectan las aguas y las canalizan bajando por la pendiente de un talud con disipadores de energía hasta entregar a la canalización de la base, la cual a su vez conduce las aguas lluvia hacia un desarenador donde se realiza la retención de finos y las aguas limpias son entregadas al terreno natural o drenajes cercanos por medio de descoles que pueden ser instaladas en piedra pegada o similares.

Las cantidades de material de excavación sobrante para disposición final, generadas por las diferentes actividades asociadas a las estrategias de desarrollo, comprenden un porcentaje estimado

del 60% de reutilización de los movimientos de tierra, en actividades de llenos de las mismas intervenciones realizadas, el 40% restante se estima para la disposición total en las ZODMEs a solicitar. A continuación, se presentan en la **Tabla 2-31**. Los movimientos de tierra para la estimación del volumen a disponer total de 1'007.986 m3 a disponer distribuidas en las dos ZODMEs

Tabla 2-31 Cantidad estimada de material a disponer en las ZODMES

TIPO DE ACTIVIDAD	VOLUMEN DE EXCAVACIÓN					
	Volumen total de excavación generado (m3)	Porcentaje de material posible de reutilizar (%)	Volumen material de excavación posible de reutilizar (m3)	Porcentaje de excavación para disposición en ZODME (%)	Volumen excavación objeto de disposición (m3)	Volumen a disponer en ZODMES con un factor de compactación del suelo de 30%
Mejoramiento (hasta 115 km)	1.656	60%	993,60	40%	662,40	463,68
Rehabilitación (hasta 89,15 km)	53.495	60%	32.097,06	40%	21.398,04	14978,63
Construcción de vías (hasta 33 km)	158.400	60%	95.040	40%	63.360	44352
Construcción de Locaciones	1'350.000	60%	810.000	0%	0.00	0.00
Ampliación de Locaciones	23.100	60%	13.860	0%	0.00	0.00
Construcción y operación de líneas de flujo	990.000	100%	990.000	40%	396.000	277.200
Construcción y operación de Facilidades Centrales de Producción -CPF-	756.000	60%	453.600	40%	302.400	211.680
Construcción y operación de Facilidades Satélite -FS-	270.000	60%	162.000	40%	108.000	75.600
Construcción y operación de Zonas de Disposición de Materiales Sobrantes de Excavación -ZODME-	24.000	60%	14.400	40%	9.600	6720.00
Construcción y operación de áreas para el acopio de lodos y cortes de perforación	95.400	60%	57.240	40%	38.160	26712.00
Áreas para disposición de lodos tratados	180.000	60%	108.000	40%	72.000	50400.00
Áreas de Apoyo	180.000	60%	108.000	40%	72.000	50400.00

TIPO DE ACTIVIDAD	VOLUMEN DE EXCAVACIÓN					
	Volumen total de excavación generado (m3)	Porcentaje de material posible de reutilizar (%)	Volumen material de excavación posible de reutilizar (m3)	Porcentaje de excavación para disposición en ZODME (%)	Volumen excavación objeto de disposición (m3)	Volumen a disponer en ZODMES con un factor de compactación del suelo de 30%
Construcción de líneas de distribución eléctrica para niveles de tensión entre 34,5 kV y 115 kV,	25.200	100%	25.200	0%	0.00	0.00
Centro de distribución de Potencia (CDP)	90.000	60%	54.000	40%	36.000	25200.00
Centro de Maniobra (CM)	45.000	60%	27.000	40%	18.000	12600.00
Construcción y operación de parques Fotovoltaicos	756.000	60%	453.600	40%	302.400	211680.00
TOTAL	**4'998.251**	**3'405.031**		**1'439.980**		**1'007.986**

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.
Los volúmenes presentados son estimados de acuerdo con las áreas de intervención, la topografía y los diseños típicos que se puedan implementar en cada sitio.
Los porcentajes presentados son estimados de acuerdo con las áreas de intervención y los diseños típicos que se puedan implementar en cada sitio.
(*): Los volúmenes presentados fueron estimados a partir de la información de diseño disponible y proyectada en función de las áreas de intervención,
(**): Los volúmenes asociados a la Construcción y operación de líneas de flujo y líneas eléctricas, se reutiliza al 100% en actividades de llenos y reconformaciones del terreno.

Fuente: S.G.I S.A.S, 2025

A continuación, en la **Tabla 2-32** se relacionan las actividades identificadas para la construcción o conformación de las zonas de disposición de material sobrante estéril ZODME.

Tabla 2-32 Actividades relacionadas en la construcción de ZODMEs

ETAPA	SUBETAPA	ID	ACTIVIDAD
ETAPA PREOPERATIVA		***A-01***	Adquisición de predios y derechos de servidumbres
CONSTRUCTIVA	***ADECUACIÓN Y/O CONSTRUCCIÓN DE OBRAS CIVILES (Vías, Locaciones, ZODMES, Facilidades de Producción, infraestructura eléctrica y/o autogeneración)***	***A-02***	*Localización y replanteo*
		A-03	*Desmonte, descapote, rocería y limpieza*
		A-04	*Movimiento de tierras (excavación, cortes y rellenos)*
		A-05	*Cuneteo, extendido, nivelación y compactación*
		A-07	*Construcción y/o adecuación de obras para manejo de aguas superficiales, lluvias y aceitosas*
		A-10	*Estabilización y/o Revegetalización de taludes*
		A-11	*Operación de maquinaria y equipos*
OPERATIVA	***MANTENIMIENTO***	***A-42***	*Mantenimiento de vías de acceso, locaciones y facilidades (incluye infraestructura, equipos y maquinaria)*
DESMANTELAMIENTO, ABANDONO Y RESTAURACIÓN		***A-46***	*Desmantelamiento de instalaciones, retiro de equipos e infraestructura y salida de maquinaria.*

ETAPA	SUBETAPA	ID	ACTIVIDAD
		A-50	Limpieza de áreas
		A-51	Reconformación del terreno, empradización y/o revegetalización
		A-52	Cierre de compromisos socio ambientales
ACTIVIDADES TRANSVERSALES		***A-53***	*Contratación de mano de obra*
		A-54	*Adquisición de bienes y servicios*
		A-55	*Transporte terrestre y/o aéreo de materiales, equipos, maquinaria, insumos y personal*
		A-56	*Instalación y operación de campamentos temporales*
		A-57	Operación de ZODME
		A-58	Uso de productos químicos, lubricantes y combustibles
		A-59	*Captación, transporte, almacenamiento y distribución de agua superficial para uso doméstico e industrial*
		A-60	*Captación, transporte, almacenamiento y distribución de agua subterránea para uso doméstico e industrial*
		A-61	*Gestión (Manejo, tratamiento y disposición final) de residuos líquidos domésticos y no domésticos*
		A-62	*Gestión (Manejo, tratamiento y disposición final) de residuos sólidos*
		A-63	*Manejo y disposición de residuos peligrosos*
		A-64	Reubicación de infraestructura de servicios públicos

Nota 1: El grupo de actividades transversales es necesario y complementario para la ejecución y el desarrollo de las diferentes estrategias del proyecto
Nota 2: 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: S.G.I S.A.S, 2025

La descripción general de cada una de las actividades constructivas enlistadas en la tabla anterior, se encuentran definidas en la tabla 2.3 del numeral 2.2.2 Estrategias de Desarrollo, sin embargo, desde la estrategia 2.2.2.5.1 ”Instalación y operación de Facilidades Centrales de Producción -CPF-(ED10)” se incluyen las definiciones constructivas que aplican para la presente estrategia de desarrollo. A continuación, se incluyen las definiciones específicas de las actividades en la construcción de ZODMES:

- **Constructiva**

✓ Construcción y/o adecuación de obras para manejo de aguas superficiales, lluvias y aceitosas (A-07)

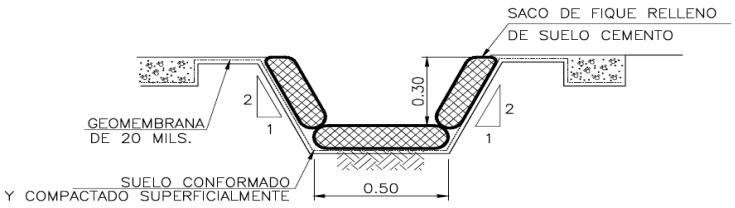
Esta actividad cobija las diferentes labores destinadas realizar un control y manejo de las aguas de escorrentía en procura de evitar la gestación y desarrollo de procesos erosivos que afecten las ZODMEs; por lo cual, será necesaria la construcción de obras de drenaje para la evacuación del agua de escorrentía 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.

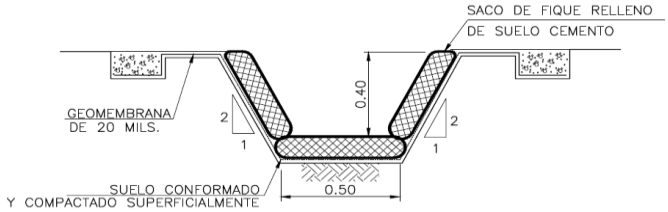
En las terrazas conformadas se construirán obras de manejo de aguas de escorrentía para garantizar su estabilidad, se implementarán canales de coronación evitando el desarrollo de procesos erosivos. Este tipo de obra podrá ser construido en cualquier material que garantice su durabilidad, pueden estar constituidas por cunetas, descoles, disipadores, cortacorrientes, desarenadores, entre otras.

- Sacos Rellenos de suelo o suelo - cemento

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. La instalación de los sacos de suelo cemento de realizan, de tal manera que queden con traslapo entre sacos de manera escalonada de acuerdo con la pendiente del terreno evitando así infiltraciones y socavaciones en su base. A continuación, en la **Figura 2-20** se identifican los diseños tipo por secciones de cunetas en sacos suelo cemento y en la **Fotografía 2-22** se ilustra la manera de instalación de dichos elementos.



DETALLE 3
CUNETA TRAPEZOIDAL TIPO 1 EN SACOS DE SUELO–CEMENTO
ESCALA 1:20



DETALLE 4
CUNETA TRAPEZOIDAL TIPO 2 EN SACOS DE SUELO–CEMENTO
ESCALA 1:20

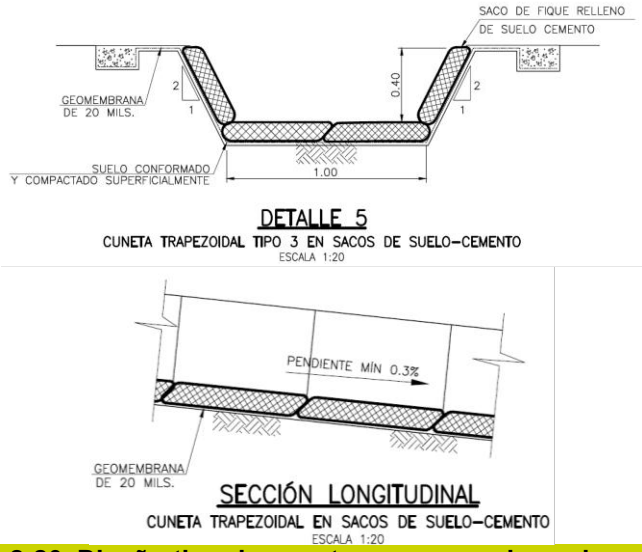


Figura 2-20 Diseño tipo de cunetas en sacos de suelo cemento
Fuente: ECOPETROL S.A, 2025



Fotografía 2-22 Instalación de cunetas en sacos suelo cemento
Fuente: S.G.I .S.A.S, 2025

- Geomembranas o Geotextiles

Las geomembranas son láminas geosintéticas utilizadas como barrera impermeable para contener o evitar la infiltración de líquidos, como el agua, o la migración de contaminantes. Son una solución común en proyectos de ingeniería civil, medioambientales y geotécnicos. 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 (Ver **Fotografía 2-23**).



Fotografía 2-23 Instalación de geomembranas
Fuente: S.G.I .S.A.S, 2025

- Descoles

Los descoles son estructuras diseñadas para reducir la velocidad y disipar la energía del flujo del agua al salir de una obra de drenaje, conduce el fluido hacia la entrega final ya sea en drenajes existentes o en el terreno natural. 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. En la **Figura 2-21**, se presenta un detalle de un descole en piedra pegada.

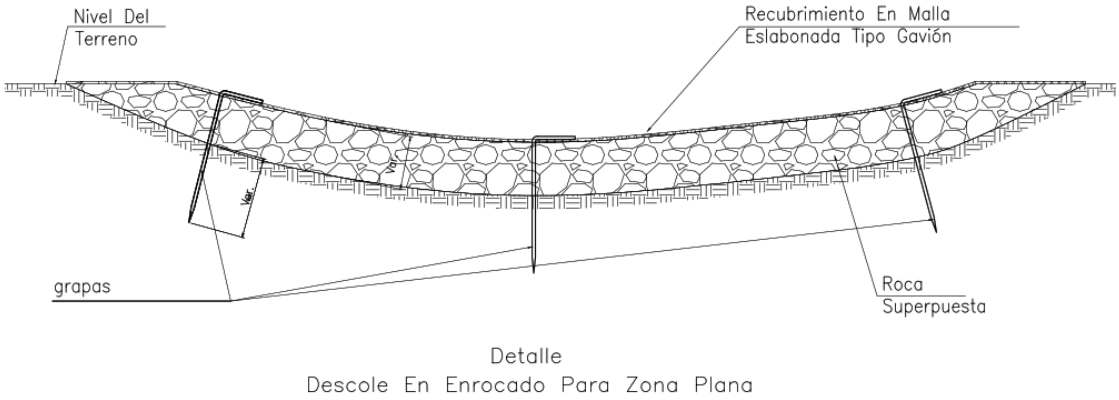
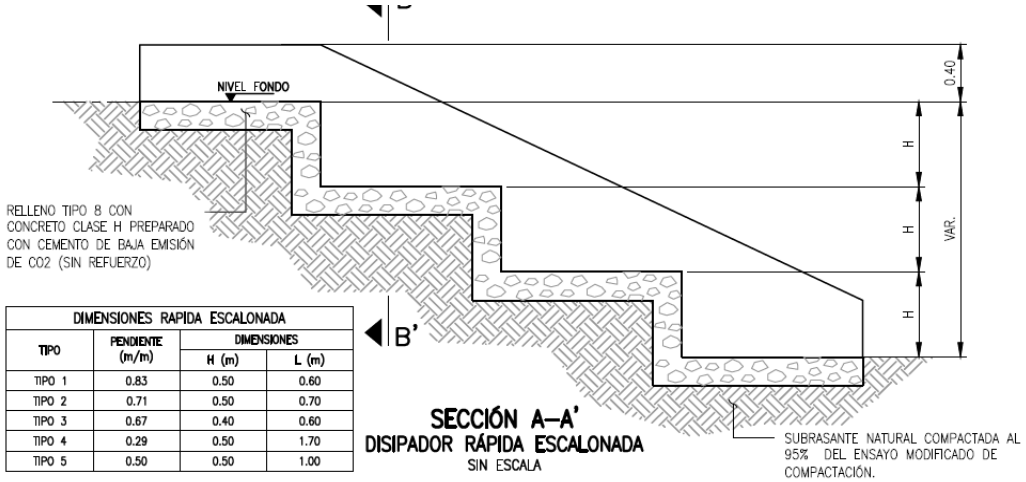


Figura 2-21 Diseño tipo de descoles en piedra pegada o enrocado
Fuente: ECOPETROL S.A, 2025

- 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. (Ver **Figura 2-22**).



DIMENSIONES RAPIDA ESCALONADA			
TIPO	PENDIENTE (m/m)	DIMENSIONES	
		H (m)	L (m)
TIPO 1	0.83	0.50	0.60
TIPO 2	0.71	0.50	0.70
TIPO 3	0.67	0.40	0.60
TIPO 4	0.29	0.50	1.70
TIPO 5	0.50	0.50	1.00

Figura 2-22 Diseño tipo de disipadores de energía
Fuente: ECOPETROL S.A, 2025

- Canal (Trapezoidal en piedra pegada)

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. En la **Figura 2-23**, se presenta un canal trapezoidal en piedra pegada utilizado en proyectos para la conformación de un ZODME.

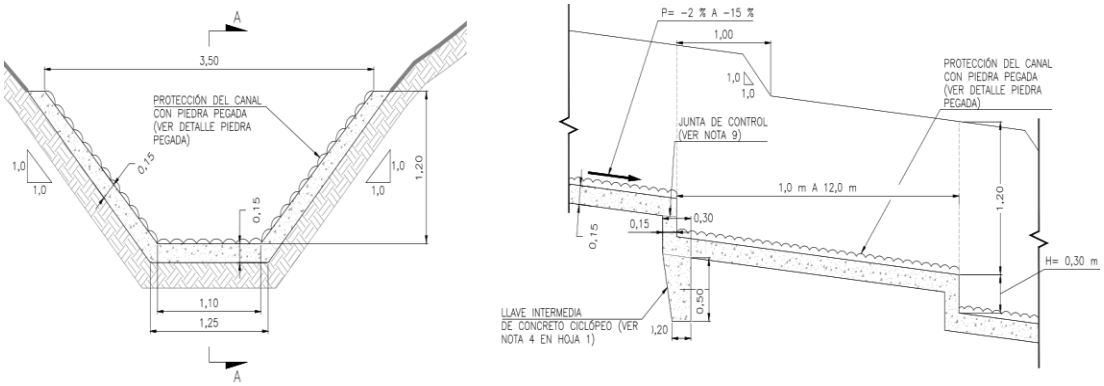


Figura 2-23 Diseño tipo de canal trapezoidal
Fuente: S.G.I S.A.S, 2025

- 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 captar y filtrar la escorrentía de

superficies impermeables, también se utilizan para abatir el nivel freático; en la **Figura 2-24** se presenta una sección típica del filtro francés.

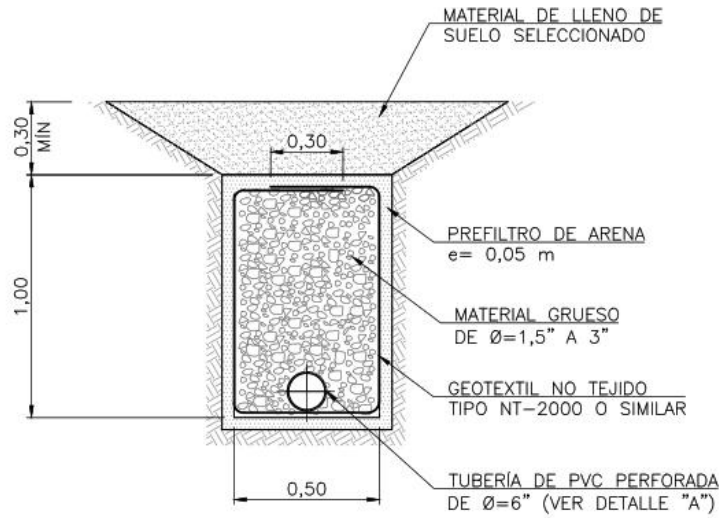


Figura 2-24 Diseño tipo filtro francés
Fuente: S.G.I S.A.S, 2025

- Estabilización y/o Revegetalización de taludes (A-10)

Esta actividad propende por establecer en lo posible, las condiciones ambientales originales en las que se encontraba el sector antes de su intervención 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 a lo largo del derecho de vía asociado al corredor a construir, así como en los sectores donde se realizará la construcción de obras de arte (cursos de agua y sus márgenes), y áreas donde se ubicaron las instalaciones de apoyo.

La revegetalización de la cobertura herbácea se podrá realizar de dos maneras, la primera permitiendo la revegetalización natural con el desarrollo de sucesiones naturales, si las condiciones ambientales, de humedad, temperatura, lluvias etc., son favorables (Ver **Figura 2-25**); la segunda realizar una revegetalización de manera inducida a todas aquellas áreas que así lo requieran con el fin de no dejar descubierto el suelo.

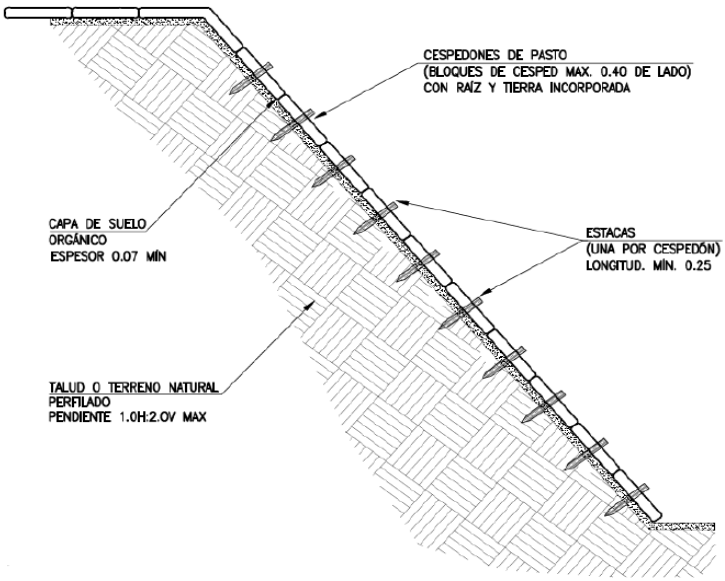


Figura 2-25 Diseño tipo estabilización de taludes
Fuente: S.G.I S.A.S, 2025

- Cierre de compromisos socio ambientales (A-52)

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 mediante procesos asertivos para generar un cierre de gestión social adecuado frente a las comunidades.

Dentro del manejo de las relaciones con la comunidad se definirá la administración de los resultados e implicaciones ambientales y sociales, teniendo en cuenta aspectos como:

- Efectos sobre el empleo local y regional, y la manera de reducir el impacto.
- Efectos relacionados con el saneamiento básico, etc.

El estado de cumplimiento de los compromisos adquiridos por el proyecto con las comunidades, los propietarios de predios afectados y las autoridades locales.

2.2.2.5.4.5 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 la disposición de material sobrante producto de los movimientos de tierras, se construirán hasta dos (2) ZODMES, cuyo diseño tendrá en cuenta las especificaciones técnicas aprobadas como: cantidad de terrazas, pendientes en taludes, volúmenes a disponer etc.

La información de la ubicación exacta para las ZODMES 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 2-26** se identifica el diseño tipo en planta de esta infraestructura a desarrollar. (Ver Anexos: 4. Anexos Descripción del Proyecto/4.2 Diseños tipo/Diseño tipo de ZODME).

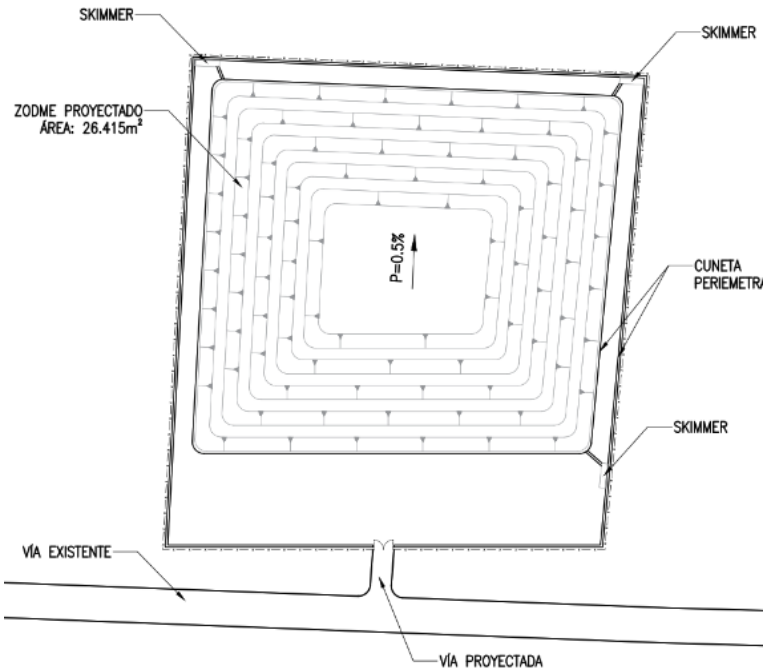


Figura 2-26 Diseño tipo de ZODME
Fuente: 4. Anexos Descripción del proyecto/4.2 Diseños tipo/Diseño tipo de ZODME. ECOPETROL S.A, 2025

2.2.2.5.4.6 Movimientos de tierra

Para la conformación de las ZODME espera un movimiento de tierras tal como se observa en la **Tabla 2-33** donde se estima para el cálculo del descapote un espesor promedio de 0,20 m y para la excavación un espesor promedio de 1,20 m. Del volumen total de excavación generado, se contempla reutilizar hasta el 40% del material y hasta un 60% del mismo podrá ser dispuesto en las ZODME a conformar.

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.

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 Específicos, pero teniendo como premisa no superar las cantidades solicitadas para la presente estrategia de desarrollo. (Ver Anexo: 4. Anexos Descripción del Proyecto/4.5 Movimiento de tierras)

Tabla 2-33 Movimiento de tierras estimado en la construcción de ZODMES

TIPO DE ACTIVIDAD	ÁREA TOTAL (ha)	ÁREA TOTAL (ha)	ÁREA TOTAL QUE 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 Zonas de Disposición de Materiales Sobrantes de Excavación - ZODME-	Se solicita 2 áreas de hasta 10 Ha cada una para construcción de ZODMES	20	200000	0,20	1,20	0,60	40000	24000	12000
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 a conformar; el volumen calculado incluye una intervención estimada del 10% del área total a solicitar, para la conformación de filtros e infraestructura conexa									
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: Anexo: 4. Anexos Descripción del Proyecto/4.5 Movimiento de tierras ECOPETROL S.A, Adaptado por S.G.I, 2025

Cuando 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, numeral 4.5 “Materiales de Construcción”, 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, las cuales se irán reportando en los respectivos Planes de Manejo ambiental Específicos e Informes de Cumplimiento Ambiental (ICAs).

- **Redes de drenajes**

Los sistemas de drenaje establecidos para la conformación de las ZODME están asociadas al manejo de aguas subsuperficiales por medio de Filtros (tipo francés) y sistemas de manejo de agua superficial como: cunetas de coronación, cunetas de base, etc. para el adecuado manejo y disposición de aguas de escorrentía. Esta información se detalló anteriormente en el numeral 2.2.2.5.4.4 “Métodos constructivos y operativos”. Así mismo, los diseños finales de las obras se deben precisar en los diseños presentados para los Planes de Manejo Ambiental Específicos.

2.2.2.5.4.7 Estimativos de maquinaria, equipos

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 enlistan en la **Tabla 2-34**.

Tabla 2-34 Listado de equipos y maquinaria en la construcción de ZODMES

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: ECOPETROL S.A, Adaptado por S.G.I, 2025

2.2.2.5.4.8 Estimativo de mano de obra

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 calificada (MOC) y no calificada (MONC), cantidad que podrá variar de acuerdo con los requerimientos del proyecto. En la **Tabla 2-35** 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 2-35 Personal requerido para la construcción y operación de una ZODME

ACTIVIDAD	CARGO	CANTIDAD	MANO DE OBRA
Replanteo y control topográfico	*Topógrafo*	*2*	*MOC*
	Cadenero	*4*	*MONC*
	Estaquero o ayudante	*4*	*MONC*
Obras civiles asociadas a la conformación	*Ingenieros*	*2*	*MOC*
	Maestro de obra	*2*	*MOC*
	Oficiales	*4*	*MOC*
	Obreros	*16*	*MONC*
Movimiento de tierras y compactación	*Operador retroexcavadora*	*2*	*MOC*
	Operador motoniveladora	*1*	*MOC*
	Operador compactador	*1*	*MOC*
Movilización y acarreo	*Conductor Volquetas*	*2*	*MOC*
	Conductor carro-tanques	*1*	*MOC*

ACTIVIDAD	CARGO	CANTIDAD	MANO DE OBRA
	Conductor camionetas	*2*	*MOC*
CANTIDAD APROXIMADA		***43***	

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: ECOPETROL S.A, Adaptado por S.G.I, 2025

2.2.2.5.4.9 Asentamientos humanos e infraestructura social, económica y cultural a intervenir

El proyecto Área de Desarrollo Bucare 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 (i.e: 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 Bucare) en el presente EIA se incluye medidas para su manejo.

2.2.2.5.4.10 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 Área de Desarrollo Bucare; en este sentido, fueron identificados y evaluados los impactos “Alteración a la concentración de contaminantes criterio y sustancias toxicas en el 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 de 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, generadas durante el desarrollo del proyecto.
- ✓ Formular las acciones de control para el manejo de los impactos sobre la calidad de aire enfocándose en la reducción del material particulado y gases provenientes de las fuentes fijas o dispersas y fuentes móviles.
- ✓ Garantizar el cumplimiento de la normativa ambiental vigente en materia de calidad del aire, a través del monitoreo, reporte y mejora continua de las medidas de control implementadas.

[1] Definido como: Cambio en las concentraciones de los contaminantes criterio y/o tóxicos en el aire producto de las emisiones generadas como consecuencia de un proyecto, obra o actividad.
[2] Definido como: Cambio en los niveles de ruido ambiental como consecuencia de la emisión de ruido de un proyecto, obra o actividad.

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.

2.2.2.5.4.11 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.

Es importante señalar que las actividades de mantenimiento necesarias dentro de la construcción y operación de ZODME se encuentran inmersas dentro de la etapa operativa, específicamente por medio de la actividad “Mantenimiento de vías de acceso, locaciones y facilidades (incluye infraestructura, equipos y maquinaria) (A-42)”.

2.2.2.5.4.12 Sistemas y fuentes de generación de energía

Los procesos constructivos que se requieren para la instalación de los sistemas que conforman la estrategia requerirán de energía eléctrica que podría ser suplida a través de generadores eléctricos en sitio o según lo proyectado en la estrategia de desarrollo.

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. Una vez llegue a las facilidades, podrá ser almacenado en tanques debidamente señalizados y se emplean todas acciones orientadas a prevenir derrames.

2.2.2.5.4.13 Desmantelamiento y restauración de las áreas intervenidas por la actividad constructiva

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 alcance de las subactividades de desmantelamiento y restauración de áreas intervenidas fueron descritas anteriormente y se listan a continuación:

- Desmantelamiento de instalaciones, retiro de infraestructura y equipos, salida de maquinaria (A-46).
- Limpieza de áreas (A-50).
- Reconformación del terreno, empradización y/o revegetalización (A-51).
- Cierre de compromisos socio ambientales (A-52).

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”.

2.2.2.5.4.14 Duración de las obras, etapas y cronograma de actividades

A continuación, en la **Tabla 2-36**, se presentan se presentan las actividades y tiempos estimados para para la construcción y operación respectiva de la construcción y operación de las Zonas de disposición de Materiales Sobrantes de Excavación – ZODME.

Tabla 2-36 Duración estimada en la conformación de una ZODME

ETAPA	SUBETAPA	ID	ACTIVIDAD (***)	TIEMPO (MESES)											
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ETAPA PREOPERATIVA		A-01	Adquisición de predios y derechos de servidumbres												
CONSTRUCTIVA	ADECUACIÓN Y/O CONSTRUCCIÓN DE OBRAS CIVILES (Vías, Locaciones, ZODMES, Facilidades de Producción, infraestructura eléctrica y/o autogeneración)	A-02	Localización y replanteo												
		A-03	Desmonte, descapote, rocería y limpieza												
		A-04	Movimiento de tierras (excavación, cortes y rellenos)												
		A-05	Cuneteo, extendido, nivelación y compactación												
		A-07	Construcción y/o adecuación de obras para manejo de aguas superficiales, lluvias y aceitosas												
		A-10	Estabilización y/o Revegetalización de taludes												
		A-11	Operación de maquinaria y equipos												
OPERATIVA	MANTENIMIENTO	A-42	Mantenimiento de vías de acceso, locaciones y facilidades (incluye infraestructura, equipos y maquinaria)												
DESMANTELAMIENTO, ABANDONO Y RESTAURACIÓN		A-46	Desmantelamiento de instalaciones, retiro de	Las actividades de desmantelamiento, abandono y restauración contemplan el											

ETAPA	SUBETAPA	ID	ACTIVIDAD (***)	TIEMPO (MESES)											
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
			equipos e infraestructura y salida de maquinaria.	*desmantelamiento y restauración de todas las áreas intervenidas para la ejecución de las actividades correspondientes a la presente estrategia de desarrollo. Su principal objetivo es recuperar y mejorar ambientalmente dichas áreas, para esto se llevará a cabo un plan de acción que contemple el restablecimiento de las condiciones ambientales anteriores a la intervención*											
		A-50	*Limpieza de áreas*												
		A-51	*Reconformación del terreno, empradización y/o revegetalización*												
		A-52	*Cierre de compromisos socio ambientales*												
ACTIVIDADES TRANSVERSALES		***A-53***	*Contratación de mano de obra*	*Las actividades transversales son ejecutadas a lo largo de todas las etapas del proyecto, razón por la cual no cuentan con un cronograma de ejecución de actividades específico*											
		A-54	*Adquisición de bienes y servicios*												
		A-55	*Transporte terrestre y/o aéreo de materiales, equipos, maquinaria, insumos y personal*												
		A-56	*Instalación y operación de campamentos temporales*												
		A-57	*Operación de ZODME*												
		A-58	*Uso de productos químicos, lubricantes y combustibles*												
		A-59	*Captación, transporte, almacenamiento y distribución de agua superficial para uso doméstico e industrial*												
		A-60	*Captación, transporte, almacenamiento y distribución de agua subterránea para uso doméstico e industrial*												
		A-61	*Gestión (Manejo, tratamiento y disposición final) de residuos líquidos domésticos y no domésticos*												
		A-62	*Gestión (Manejo, tratamiento y disposición final) de residuos sólidos*												
		A-63	*Manejo y disposición de residuos peligrosos*												
		A-64	*Reubicación de infraestructura de servicios públicos*												

Nota 1: Las actividades de ejecución y los tiempos estimados podrán variar en función de las necesidades y condiciones de cada proyecto (PMAE).
Nota 2: Las actividades de las etapas preoperativa y transversales, se deben ejecutar de acuerdo con los alcances específicos de cada PMAE.
Nota 3: Las actividades de mantenimiento se ejecutarán de acuerdo con las necesidades del campo y desarrollo del mismo.
Fuente: S.G.I S.A.S, 2025

2.2.2.5.5 Construcción y operación de áreas para el tratamiento de lodos y/o cortes de perforación y áreas de acopio y disposición final (ED14)

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 al área de acopio de lodos y cortes de perforación 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 10772 ft de profundidad en condiciones normales son de aproximadamente 1430 m3. 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).

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.

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 2-27**, se presenta un esquema del proceso de manejo y tratamiento de las aguas residuales generadas por el desarrollo de la Etapa de perforación.

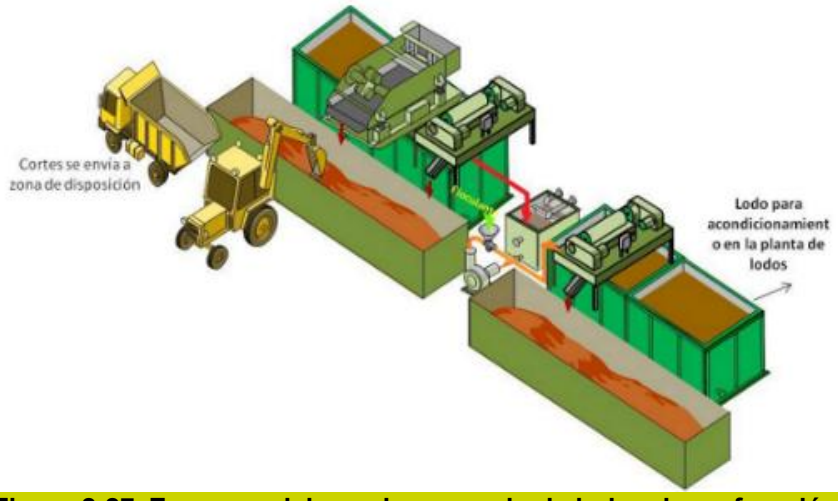


Figura 2-27 Esquema del acopio y manejo de lodos de perforación
Fuente: S.G.I S.A.S, 2025

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 2-28** se presenta el proceso Dewatering, seguido de la **Tabla 2-37** donde se presentan especificaciones y procesos de cada equipo instalado, las capacidades podrán variar de acuerdo con las necesidades del proyecto, dichas capacidades y especificaciones se presentarán con detalle en los Planes de Manejo ambiental Especifico para el área de tratamiento de lodos y cortes de perforación.

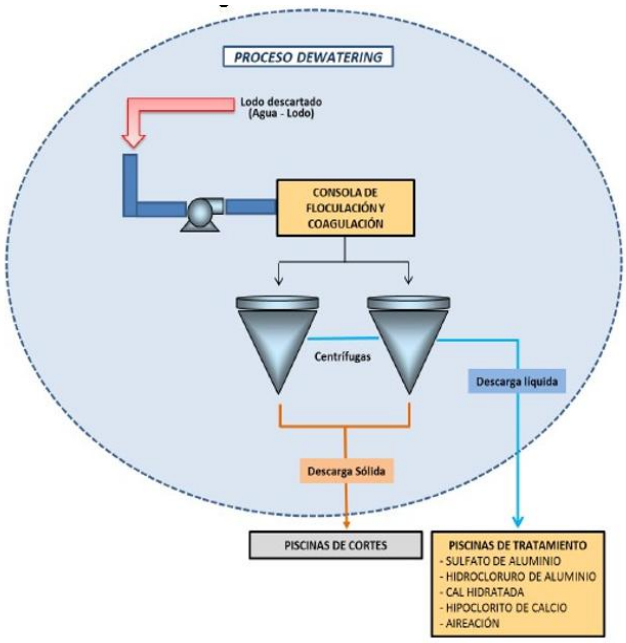


Figura 2-28 Esquema del proceso Dewatering
Fuente: S.G.I S.A.S, 2025

Tabla 2-37 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 unaadecuada separación y a una velocidad alta no rompe los flóculos.*
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 de polímero	*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 centrifuga, desde el tanque de lodo hasta el mezclador estático. Es una bomba de desplazamiento positivo que posee un discode velocidad variable para facilitar una tasa óptima de alimentación de la centrífugaa un conjunto dado de condiciones.*
Tanque de dilución deagua	*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 acéticoes 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 unregulador de aire para controlar la tasa de bombeo.*
Mezcladorestático	*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 esmezclado 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 flóculos y a la separación del agua.*
Tanque deagua limpia	*Este tanque se utiliza para recibir el agua que no es reutilizada para dilución. Desdeeste tanque puede ser enviada al sistema de tratamiento de agua para ser mezcladacon el agua residual proveniente de la planta de tratamiento de aguas residuales yrealizar el tratamiento final para ser descargada o ser reutilizada para el lavado delequipo, enfriamiento de bombas o preparación de lodo.*

Fuente: S.G.I S.A.S, 2025

2.2.2.5.5.1 Cantidades requeridas para el Área de Desarrollo Bucare

Para el Área de Desarrollo Bucare, se requiere de un (1) área una extensión de hasta 5,30 Ha, la cual, podrá ser ejecutados con diversas dimensiones dentro de lo establecido por la zonificación ambiental, sin superar el área a solicitar para este fin, a continuación, además se dispondrá de un (1) área de hasta 10 ha con capacidad de 449.200 m3 de volumen para el acopio de cortes tratados. En la **Tabla 2-38** se determina el área requerida de acuerdo con la estrategia de desarrollo en el acopio de lodos y cortes de perforación.

Tabla 2-38 Área para la construcción de acopio, manejo y disposición de cortes de perforación

ESTRATEGIA DE DESARROLLO	ALCANCE	ÁREA TOTAL (Ha)
Construcción y operación de áreas para el tratamiento de lodos y/o cortes de perforación y áreas de acopio para disposición final	Área de acopio y tratamiento de lodos y cortes de perforación: 1 área de hasta 5,30 Ha	5,30
	Áreas para disposición final de lodos y cortes de perforación: 1 área de hasta 10,00 Ha. La disposición máxima de lodos en el área es de 449.200 m3	10,00

Fuente: ECOPETROL S.A, 2025

2.2.2.5.5.2 Alternativas de ubicación y selección de sitios (Criterios técnicos, tecnológicos y ambientales)

La ubicación del área de tratamiento de lodos y las áreas para su disposición final serán proyectadas 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 para dichas áreas de tratamiento y disposición final 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 especifico.

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:

2.2.2.5.5.2.1 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.

2.2.2.5.5.2.2 Criterios ambientales

- ✓ Disminuir volúmenes de desecho y consumo de químicos.
- ✓ Reducir la materialización de impactos ambientales producidos por la construcción y operación de piscinas o tanques.

2.2.2.5.5.2.3 Criterios tecnológicos

La perforación de pozos genera grandes volúmenes de residuos conocidos como cortes de perforación, actualmente estos cortes se transportan a plantas externas para su tratamiento y disposición final, lo que implica altos costos, consumo de combustible y emisiones de efecto invernadero.

Ecopetrol S.A, en su estrategia 2040, busca soluciones que permitan la circularidad de residuos y uno de los pilares dentro de los residuos no peligrosos son los cortes de perforación base agua, por tanto, el reúso de cortes en obras civiles, es una iniciativa que minimizará el impacto ambiental y fomentaría la economía circular.

La solución tecnológica, consiste en el tratamiento de cortes base agua in situ mediante consolidación en geocontenedores. El proceso incluye las siguientes etapas principales:

- Acondicionamiento del terreno: explanación y nivelación del área.
- Instalación de dique impermeable y geocontenedores: se coloca una geomembrana para evitar filtraciones y se instala los geoconteneedores fabricados a medida.
- Bombeo de cortes y adición de productos químicos: Los cortes húmedos se bombean hacia los geocontenedores, donde se mezclan coagulantes y floculantes para facilitar la deshidratación.
- Deshidratación y consolidación: el agua se separa del solido por gravedad y filtración a través del geotextil, permitiendo que el material sólido reduzca su humedad con el paso del tiempo.

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 Bucare, 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.

2.2.2.5.5.3 Métodos constructivos y operativos

El proceso constructivo en este tipo de infraestructura es similar al descrito en la Estrategia de desarrollo ED3, numeral 2.2.2.1.3 “Construcción de Locaciones y facilidades tempranas de producción – CPF” y la estrategia de desarrollo ED13 numeral 2.2.2.5.1.4 “Construcción y operación de Zonas de Disposición de Materiales Sobrantes de Excavación- ZODME”. 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 de desmantelamiento y abandono, además de las actividades transversales, cuyas definiciones se presentan en la Tabla 2-3 del subcapítulo 2.2.2 Estrategias de Desarrollo del presente Estudio EIA. A continuación, en la **Tabla 2-39** se enlistan de manera general las actividades necesarias para la construcción y operación del área de tratamiento de cortes y/o lodos de perforación y sus áreas de acopio y disposición final.

Tabla 2-39 Actividades para la construcción y operación del área de tratamiento de lodos y/o cortes de perforación y áreas de disposición final

ETAPA	SUBETAPA	ID	ACTIVIDAD
ETAPA PREOPERATIVA		*A-01*	*Adquisición de predios y derechos de servidumbres*

ETAPA	SUBETAPA	ID	ACTIVIDAD
CONSTRUCTIVA	ADECUACIÓN Y/O CONSTRUCCIÓN DE OBRAS CIVILES (Vías, Locaciones, ZODMES, Facilidades de Producción, infraestructura eléctrica y/o autogeneración)	A-02	Localización y replanteo
		A-03	Desmonte, descapote, rocería y limpieza
		A-04	Movimiento de tierras (excavación, cortes y rellenos)
		A-05	Cuneteo, extendido, nivelación y compactación
		A-07	Construcción y/o adecuación de obras para manejo de aguas superficiales, lluvias y aceitosas
		A-08	Construcción y/o adecuación de estructuras en concreto
		A-09	Montaje e instalación de estructuras metálicas
		A-10	Estabilización y/o Revegetalización de taludes
		A-11	Operación de maquinaria y equipos
	FACILIDADES DE PRODUCCIÓN	A-34	Operación de los sistemas de separación, almacenamiento, transporte y manejo de fluidos (crudo, gas y agua de producción)
	MANTENIMIENTO	A-42	Mantenimiento de vías de acceso, locaciones y facilidades (incluye infraestructura, equipos y maquinaria)
DESMANTELAMIENTO, ABANDONO Y RESTAURACIÓN		A-46	Desmantelamiento de instalaciones, retiro de equipos e infraestructura y salida de maquinaria.
		A-49	Demolición y desmonte de infraestructura
		A-50	Limpieza de áreas
		A-51	Reconformación del terreno, empradización y/o revegetalización
		A-52	Cierre de compromisos socio ambientales
ACTIVIDADES TRANSVERSALES		A-53	Contratación de mano de obra
		A-54	Adquisición de bienes y servicios
		A-55	Transporte terrestre y/o aéreo de materiales, equipos, maquinaria, insumos y personal
		A-56	Instalación y operación de campamentos temporales
		A-57	Operación de ZODME
		A-58	Uso de productos químicos, lubricantes y combustibles
		A-59	Captación, transporte, almacenamiento y distribución de agua superficial para uso doméstico e industrial
		A-60	Captación, transporte, almacenamiento y distribución de agua subterránea para uso doméstico e industrial
		A-61	Gestión (Manejo, tratamiento y disposición final) de residuos líquidos domésticos y no domésticos
		A-62	Gestión (Manejo, tratamiento y disposición final) de residuos sólidos
		A-63	Manejo y disposición de residuos peligrosos
		A-64	Reubicación de infraestructura de servicios públicos

Nota 1: El grupo de actividades transversales es necesario y complementario para la ejecución y el desarrollo de las diferentes estrategias del proyecto
Nota 2: 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: S.G.I S.A.S, 2025

2.2.2.5.5.4 Procesos de producción y manejo de fluidos (Crudo, agua, gas, entre otros)

El área de acopio y tratamiento de lodos y cortes de perforación contará 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, centrífugas, Frac Tanks, Catch Tanks, laboratorio, bodega de químicos, generador, tanque de agua, entre otros. En la **Figura 2-29** se presenta el diagrama de procesos del área de acopio y tratamiento de lodos y cortes de perforación; 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 a actividad, propendiendo siempre por la mejora, optimización, operación segura y sostenible.

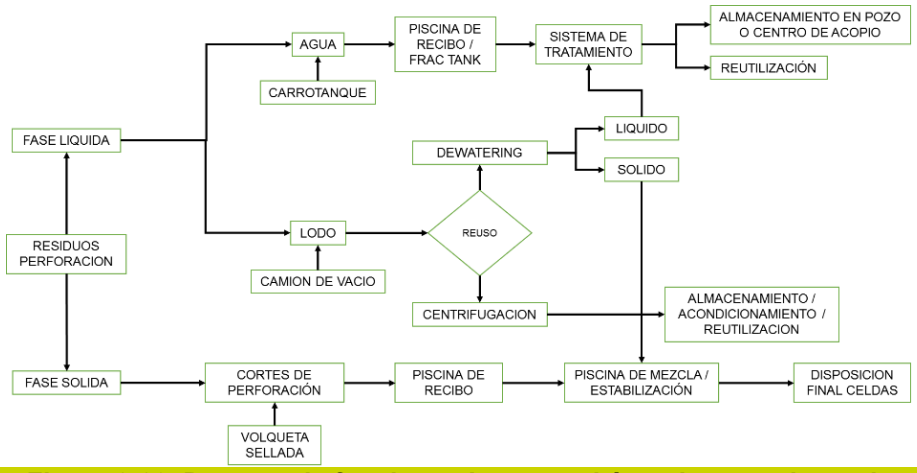


Figura 2-29 Proceso de funcionamiento en el área de tratamiento de cortes y lodos de perforación
Fuente: ECOPETROL S.A, 2025

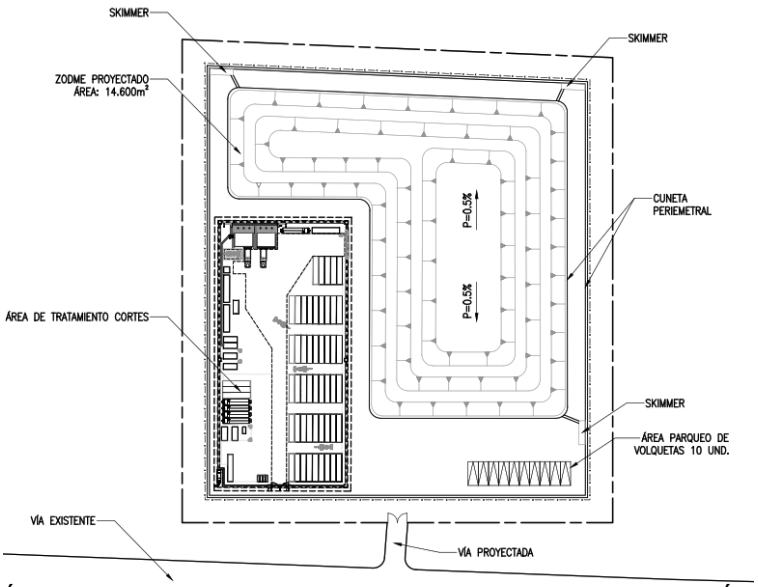
Estas áreas corresponden a zonas, donde se generará la instalación de equipos e infraestructura para el recibo, tratamiento y disposición de los residuos líquidos y sólidos provenientes de las actividades de perforación, estabilización y deshidratación de los lodos y cortes de perforación así como el 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 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 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.

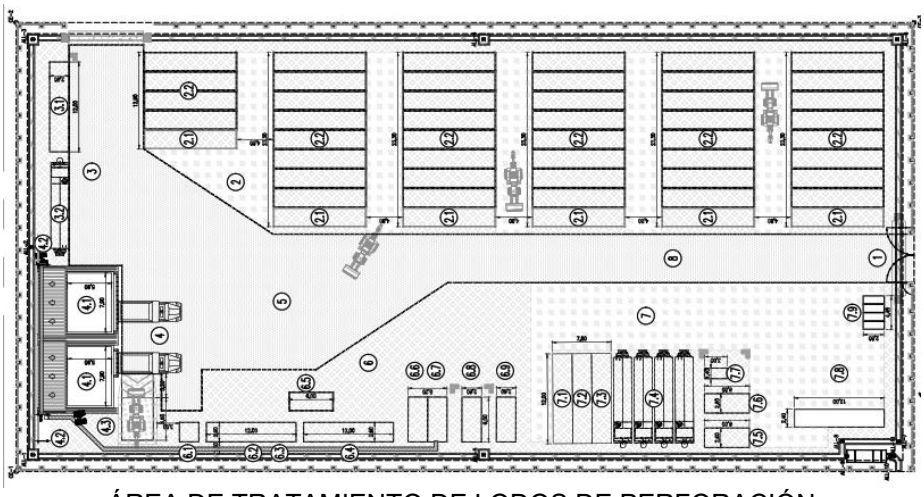
2.2.2.5.5.5 Ubicación de instalaciones (incluir cuantificación de movimientos de tierra, redes de drenaje, áreas de tratamiento y disposición de residuos, zonas de almacenamiento de insumos, sustancias y combustibles y teas)

Para el área de tratamiento de los lodos y cortes producto de la perforación de pozos, se plantea un diseño para un área de hasta 5,30 ha, donde una zona se destinaria para un área tipo ZODME para

la disposición temporal de este tipo de material, una vez se ha realizado el respectivo tratamiento. Además, se requiere una zona donde se instala toda la infraestructura necesaria para el tratamiento de este tipo de material como se observa a continuación en el diseño tipo de esta área en la **Figura 2-30**. En la **Tabla 2-40** donde se proyecta la distribución de las áreas internas de la zona donde se instalarán dichos equipos e infraestructura necesaria para el tratamiento de los lodos y cortes de perforación. (Ver el anexo 4. Anexos Descripción del proyecto/4.2 Diseños tipo/Diseño tipo Área de tratamiento de cortes). Es de aclarar que estas distribuciones y áreas pueden modificarse de acuerdo con las necesidades del proyecto sin exceden el área total a solicitar de 5,30 ha. y dichos diseños de detalle se presentarán en los respectivos PMAE.



ÁREA GENERAL DE ACOPIO DE LODOS DE PERFORACIÓN



ÁREA DE TRATAMIENTO DE LODOS DE PERFORACIÓN

Figura 2-30 Diseños tipo para el área de acopio de cortes de perforación
Fuente: Anexo 4. Anexos Descripción del proyecto/4.2 Diseños tipo/Diseño tipo Área de tratamiento de cortes ECOPETROL S.A, 2025

Nota general: Las extensiones presentadas son estimadas y se ajustarán en función de los requerimientos específicos del proyecto y los resultados del campo, sin superar el área total solicitada para el Acopio y tratamiento de lodos de perforación.

Fuente: ECOPETROL S.A, 2025

Tabla 2-40 Distribución tipo de las áreas para el manejo de cortes de perforación

ID	ZONA	ÁREA (Ha)
1	Acceso	0,02
2	Zona de almacenamiento temporal de lodos	0,80
3	Zona de almacenamiento GLP	0,01
4	Piscinas de cortes	0,02
5	Área de descarga de Cortes y maniobra de volquetas	0,70
6	Zona de Tratamiento de cortes	0,55
7	Zona de Osmosis	0,80
8	Área de Circulación Vehicular	0,40
9	Zona de disposición de materiales ZTC	2,00
TOTAL (Ha)		**5,30**

Fuente: ECOPETROL S.A, 2025

Las áreas de disposición final funcionan con características, especificaciones y diseño tipo similares a las presentadas en la Estrategia de Desarrollo ED13, numeral 2.2.2.5.1.4 “Construcción y operación de Zonas de Disposición de Materiales Sobrantes de Excavación -ZODME”. Es importante precisar que las áreas requeridas bajo esta Estrategia de desarrollo para la construcción se podrían desarrollar de forma fraccionada en función del desarrollo del Área de Desarrollo Bucare y en cumplimiento con la zonificación ambiental de manejo autorizada; sin superar el área total solicitada.

2.2.2.5.5.6 Movimientos de tierra

Para la construcción del área de acopio para el tratamiento y disposición de lodos de perforación, se espera un movimiento de tierras tal como se observa en la **Tabla 2-41**, donde se estima, para el cálculo del descapote, un espesor promedio de 0,20 m y para la excavación un espesor promedio de 1,50 m; 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 40% del volumen excavado y que hasta un 60% del material de corte será dispuesto en los ZODME autorizados. (Ver Anexo: 4. Anexos Descripción del Proyecto/4.5 Movimiento de tierras)

Para la construcción del área de tratamiento de lodos de cortes de perforación y disposición final, se toma las condiciones promedio de terraplén hasta 2,00 m, donde se estima un volumen de material para conformar del mismo de 137800 m3, 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 del área del tratamiento de los cortes de perforación y proporcionar la capacidad portante que requiere la infraestructura, 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 planee 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 5,30 ha y 10 ha respectivamente.

Tabla 2-41 Movimiento de tierras estimado en la construcción del Área de Acopio de lodos de corte de perforación

TIPO DE ACTIVIDAD	ÁREA TOTAL (ha)	ÁREA TOTAL (ha)	ÁREA TOTAL QUE 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)	VOLUMEN DE CORTE CON FACTOR DE EXPANSIÓN DEL (20%)	VOLUMEN DE RELLENO CON FACTOR DE COMPACTACIÓN DEL (30%)
Construcción y operación de áreas para el acopio de lodos y cortes de perforación	1 polígono hasta de un área total de 5,30 ha	5,3	53000	0,20	1,50	2,00	10600	79500	106000	**95.400**	**137.800**
Áreas para acopio de materiales	1 polígono hasta de un área total de 10,00 ha	10	100000	0,20	1,50	2,00	20000	450000	600000	**180,000**	**260,000**
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: Anexo: 4. Anexos Descripción del Proyecto/4.5 Movimiento de tierras, ECOPETROL S.A, adaptado por SGI S.A.S, 2025

2.2.2.5.5.7 Estimativos de maquinaria, equipos

El listado de equipos y maquinaria a emplear en la construcción de un área tratamiento de lodos y cortes de perforación, se presentan a continuación en la **Tabla 2-42**, la cantidad de maquinaria para la adecuación de las áreas de disposición final son similares a las cantidades estimadas en la construcción y operación de las ZODMES las cuales de identifican en la **Tabla 2-34** de la estrategia de Desarrollo ED13.

Tabla 2-42 Estimativo de equipos y maquinaria en la construcción del área de tratamiento de lodos de perforación

MAQUINARIA	CANTIDAD
Retroexcavadora	2
Vibrocompactador	2
Buldócer	2
Motoniveladora	1
Volquetas	2
Grúa	1
Bus o buseta	1
Camioneta doble cabina	2
Carrotanque	1

Fuente: ECOPETROL S.A, 2025

2.2.2.5.5.8 Estimativo de mano de obra

En cuanto a la ejecución de las actividades de obra civil, es necesario contar con mano de obra calificada y no calificada, como son operadores de equipo y maquinaria pesada, conductores y maestros de obra, los cuales se listan en la **Tabla 2-43** para un total estimado de 28 personas. La mano de obra para la adecuación de las áreas de disposición final, son similares a las cantidades estimadas en la construcción y operación de las ZODMES las cuales de identifican en la **Tabla 2-35**, de la estrategia de Desarrollo ED13 para una cantidad de personal de 43 personas.

Tabla 2-43 Estimativo de mano de obra en la construcción y operación del área de tratamiento de lodos de perforación

FORMACIÓN	CARGO	CANTIDAD
Mano de obra calificada (MOC)	***PERSONAL ADMINISTRATIVO***	
	Director de Obra	*1*
	Administrador	*1*
	Auxiliares Administrativos	*1*
	Almacenista	*1*
	Auxiliares de almacén	*1*
	SUBTOTAL	***5***
	PERSONAL DE CAMPO	
	Residente de obra Civil	*1*
	Supervisor Civil	*1*
	Topógrafo	*1*
	Cadenero	*1*
	Supervisor HSEQ	*1*
	Vigía	*1*
	Supervisor área ambiental	*1*
	Maestro de obra	*1*
	Oficiales	*2*
	Operadores de maquinaria	*7*
	SUBTOTAL	***17***
Mano de obra no calificada (MONC)	*Obreros*	*4*
	Señalizadores viales	*2*
	SUBTOTAL	***6***
TOTAL MANO DE OBRA CALIFICADA (MOC)		***22***
TOTAL MANO DE OBRA NO CALIFICADA (MONC)		***6***

Fuente: ECOPETROL S.A, 2025

2.2.2.5.5.9 Asentamientos humanos e infraestructura social, económica y cultural a intervenir

Las actividades que 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 redunda 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.

2.2.2.5.5.10 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 concentración de contaminantes criterio y sustancias toxicas en el 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 de 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, generadas durante el desarrollo del proyecto.
- ✓ Formular las acciones de control para el manejo de los impactos sobre la calidad de aire enfocándose en la reducción del material particulado y gases provenientes de las fuentes fijas o dispersas y fuentes móviles.
- ✓ Garantizar el cumplimiento de la normativa ambiental vigente en materia de calidad del aire, a través del monitoreo, reporte y mejora continua de las medidas de control implementadas.

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.

2.2.2.5.5.11 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:

[1] Definido como: Cambio en las concentraciones de los contaminantes criterio y/o tóxicos en el aire producto de las emisiones generadas como consecuencia de un proyecto, obra o actividad.
[2] Definido como: Cambio en los niveles de ruido ambiental como consecuencia de la emisión de ruido de un proyecto, obra o actividad.

- **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.

2.2.2.5.5.12 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.

2.2.2.5.5.13 Desmantelamiento y restauración de las áreas intervenidas por la actividad constructiva

Todas las instalaciones construidas en cualquier facilidad de producción o área de intervención 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. El alcance de las subactividades de desmantelamiento y restauración de áreas intervenidas fueron descritas anteriormente y se listan a continuación:

- Desmantelamiento de instalaciones, retiro de infraestructura y equipos, salida de maquinaria (A-46).
- Limpieza de áreas (A-50).
- Reconformación del terreno, empradización y/o revegetalización (A-51).
- Cierre de compromisos socio ambientales (A-52).

2.2.2.5.5.14 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 Bucare, 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 2-44** y la estimación en duración de las actividades a desarrollar asociados a esta estrategia de desarrollo.

Tabla 2-44 Duración estimada en la construcción del área de tratamiento de lodos y cortes de perforación y áreas de disposición final

ETAPA	SUBETAPA	ID	ACTIVIDAD	TIEMPO (SEMANAS)											
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ETAPA PREOPERATIVA		A-01	Adquisición de predios y derechos de servidumbres												
CONSTRUCTIVA	ADECUACIÓN Y/O CONSTRUCCIÓN DE OBRAS CIVILES (Vías, Locaciones, ZODMES, Facilidades de Producción, infraestructura eléctrica y/o autogeneración)	A-02	Localización y replanteo												
		A-03	Desmonte, descapote, rocería y limpieza												
		A-04	Movimiento de tierras (excavación, cortes y rellenos)												
		A-05	Cuneteo, extendido, nivelación y compactación												
		A-07	Construcción y/o adecuación de obras para manejo de aguas superficiales, lluvias y aceitosas												
		A-08	Construcción y/o adecuación de estructuras en concreto												
		A-09	Montaje e instalación de estructuras metálicas												
		A-10	Estabilización y/o Revegetalización de taludes												
		A-11	Operación de maquinaria y equipos												
OPERATIVA	MANTENIMIENTO	A-42	Mantenimiento de vías de acceso, locaciones y facilidades (incluye infraestructura, equipos y maquinaria)												
DESMANTELAMIENTO, ABANDONO Y RESTAURACIÓN		A-46	Desmantelamiento de instalaciones, retiro de	Las actividades de desmantelamiento, abandono y restauración contemplan el											

ETAPA	SUBETAPA	ID	ACTIVIDAD	TIEMPO (SEMANAS)
				1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12
			equipos e infraestructura y salida de maquinaria.	*desmantelamiento y restauración de todas las áreas intervenidas para la ejecución de las actividades correspondientes a la presente estrategia de desarrollo. Su principal objetivo es recuperar y mejorar ambientalmente dichas áreas, para esto se llevará a cabo un plan de acción que contemple el restablecimiento de las condiciones ambientales anteriores a la intervención*
		A-50	*Limpieza de áreas*	
		A-51	*Reconformación del terreno, empradización y/o revegetalización*	
		A-52	*Cierre de compromisos socio ambientales*	
ACTIVIDADES TRANSVERSALES		***A-53***	*Contratación de mano de obra*	*Las actividades transversales son ejecutadas a lo largo de todas las etapas del proyecto, razón por la cual no cuentan con un cronograma de ejecución de actividades específico*
		A-54	*Adquisición de bienes y servicios*	
		A-55	*Transporte terrestre y/o aéreo de materiales, equipos, maquinaria, insumos y personal*	
		A-56	*Instalación y operación de campamentos temporales*	
		A-57	*Operación de ZODME*	
		A-58	*Uso de productos químicos, lubricantes y combustibles*	
		A-59	*Captación, transporte, almacenamiento y distribución de agua superficial para uso doméstico e industrial*	
		A-60	*Captación, transporte, almacenamiento y distribución de agua subterránea para uso doméstico e industrial*	
		A-61	*Gestión (Manejo, tratamiento y disposición final) de residuos líquidos domésticos y no domésticos*	
		A-62	*Gestión (Manejo, tratamiento y disposición final) de residuos sólidos*	
		A-63	*Manejo y disposición de residuos peligrosos*	
		A-64	*Reubicación de infraestructura de servicios públicos*	

Nota 1: Las actividades de ejecución y los tiempos estimados podrán variar en función de las necesidades y condiciones de cada proyecto (PMAE).
Nota 2: Las actividades de las etapas preoperativa y transversales, se deben ejecutar de acuerdo con los alcances específicos de cada PMAE
Nota 3: Las actividades de mantenimiento se ejecutarán de acuerdo con las necesidades del campo y desarrollo del mismo.
Fuente: S.G.I S.A.S, 2025

2.2.2.5.6 Construcción y operación de áreas de apoyo (ED15)

Estrategia que comprende la construcción de infraestructura necesaria para apoyar la ejecución de la operación del Área de Desarrollo Bucare, 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 de Impacto Ambiental.

2.2.2.5.6.1 Cantidades requeridas para el Área de Desarrollo Bucare

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 (Ver **Tabla 2-45**).

Tabla 2-45 Cantidades para la construcción de áreas de apoyo

TIPO DE ACTIVIDAD	ALCANCE	ÁREA TOTAL (ha)
Construcción y operación de áreas de apoyo	Se solicita la construcción y operación de un (1) área de apoyo para la instalación de zonas no industriales (campamentos, oficinas, helipuertos etc.) con un área de hasta 10,00 ha.	10 ha

Fuente: ECOPETROL S.A, 2025

2.2.2.5.6.2 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 proyecto 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 especifico.

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:

2.2.2.5.6.2.1 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.

2.2.2.5.6.2.2 Criterios tecnológicos

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 Bucare, 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.

2.2.2.5.6.2.3 Criterios ambientales

- ✓ Disminuir volúmenes de desecho y consumo de química.
- ✓ Reducir la materialización de impactos ambientales producidos por la construcción y operación de piscinas.

2.2.2.5.6.3 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.

2.2.2.5.6.4 Métodos constructivos y operativos

A continuación, en la **Tabla 2-46** se enlistan las actividades necesarias para la construcción y/o adecuación de áreas de apoyo dentro del polígono solicitado de 10 Ha. actividades que son similares a las identificadas en la estrategia de desarrollo ED3 "Construcción de Locaciones y Facilidades de producción" cuyas definiciones se describen en su numeral 2.2.2.1.3 del presente estudio de impacto ambiental EIA.

Tabla 2-46 Actividades para la construcción de áreas de apoyo

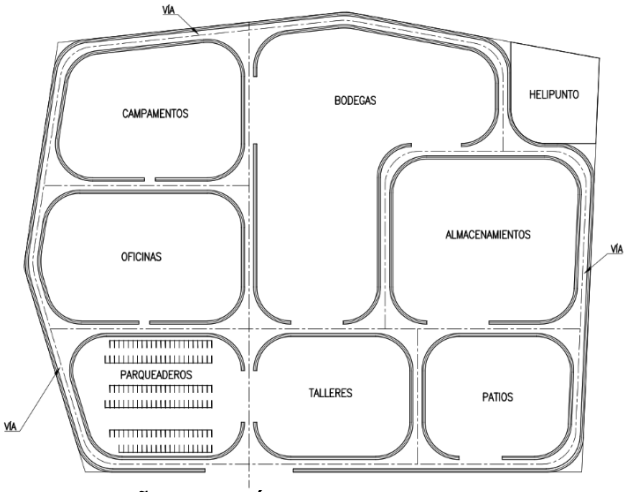
ETAPA	SUBETAPA	ID	ACTIVIDAD
ETAPA PREOPERATIVA		A-01	Adquisición de predios y derechos de servidumbres
CONSTRUCTIVA	ADECUACIÓN Y/O CONSTRUCCIÓN DE OBRAS CIVILES (Vías, Locaciones, ZODMES, Facilidades de Producción, infraestructura eléctrica y/o autogeneración)	A-02	Localización y replanteo
		A-03	Desmonte, descapote, rocería y limpieza
		A-04	Movimiento de tierras (excavación, cortes y rellenos)
		A-05	Cuneteo, extendido, nivelación y compactación
		A-07	Construcción y/o adecuación de obras para manejo de aguas superficiales, lluvias y aceitosas
		A-08	Construcción y/o adecuación de estructuras en concreto
		A-09	Montaje e instalación de estructuras metálicas
		A-10	Estabilización y/o Revegetalización de taludes
		A-11	Operación de maquinaria y equipos
OPERATIVA	MANTENIMIENTO	A-42	Mantenimiento de vías de acceso, locaciones y facilidades (incluye infraestructura, equipos y maquinaria)
DESMANTELAMIENTO, ABANDONO Y RESTAURACIÓN		A-46	Desmantelamiento de instalaciones, retiro de equipos e infraestructura y salida de maquinaria.
		A-49	Demolición y desmonte de infraestructura
		A-50	Limpieza de áreas
		A-51	Reconformación del terreno, empradización y/o revegetalización
		A-52	Cierre de compromisos socio ambientales
ACTIVIDADES TRANSVERSALES		A-53	Contratación de mano de obra
		A-54	Adquisición de bienes y servicios
		A-55	Transporte terrestre y/o aéreo de materiales, equipos, maquinaria, insumos y personal
		A-56	Instalación y operación de campamentos temporales
		A-57	Operación de ZODME

ETAPA	SUBETAPA	ID	ACTIVIDAD
		A-58	*Uso de productos químicos, lubricantes y combustibles*
		A-59	*Captación, transporte, almacenamiento y distribución de agua superficial para uso doméstico e industrial*
		A-60	*Captación, transporte, almacenamiento y distribución de agua subterránea para uso doméstico e industrial*
		A-61	*Gestión (Manejo, tratamiento y disposición final) de residuos líquidos domésticos y no domésticos*
		A-62	*Gestión (Manejo, tratamiento y disposición final) de residuos sólidos*
		A-63	*Manejo y disposición de residuos peligrosos*
		A-64	*Reubicación de infraestructura de servicios públicos*

Nota 1: El grupo de actividades transversales es necesario y complementario para la ejecución y el desarrollo de las diferentes estrategias del proyecto
Nota 2: 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: S.G.I S.A.S, 2025

2.2.2.5.6.5 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)

La ubicación del área no industrial para la adecuación de instalaciones como campamentos, Bodegas, helipuerto, oficinas, talleres entre otros, se establecerá de acuerdo con los resultados y donde lo permita la zonificación ambiental del presente Estudio de Impacto ambiental y de acuerdo con las consideraciones que sean emitidas por parte de la Autoridad Ambiental. La ubicación final, se reportará a través de los planes de manejo específicos para el Área de Desarrollo Bucare y los respectivos reportes de cumplimiento ambiental (ICA). A continuación, en la **Figura 2-31** se identifica el diseño tipo con la distribución de las principales áreas internas del área no industrial. (Ver 4. Anexos Descripción del Proyecto/4.2 Diseños Tipo/Diseño tipo área de apoyo).



DISEÑO TIPO ÁREA NO INDUSTRIAL

Figura 2-31 Diseños tipo para el área de acopio y área no industrial
Fuente: 4. Anexos Descripción del Proyecto/4.2 Diseños Tipo/Diseño tipo área de apoyo. ECOPETROL S.A, 2025

De acuerdo con los diseños tipo mencionados anteriormente, es importante precisar que la distribución de las áreas al interior del polígono para las áreas de apoyo, pueden llegar a ser modificadas de acuerdo con la necesidad del proyecto al momento de su ejecución sin exceder el polígono solicitado de 10 ha, los cuales serán definidos en los PMA específicos.

Tabla 2-47 Distribución de áreas Internas del polígono para áreas de apoyo

DESCRIPCIÓN	ÁREA (Ha)	ÁREA (m2)
Campamentos	*1,50*	*15000*
Oficinas	*0,80*	*8000*
Parqueaderos	*0,50*	*5000*
Bodegas	*2,50*	*25000*
Talleres	*1,40*	*14000*
Almacenes	*2,00*	*20000*
Patios	*1,26*	*12600*
Helipuerto	*0,04*	*400*
TOTAL	*10,00*	*100000*

Fuente: S.G.I S.A.S, 2025

2.2.2.5.6.6 Movimientos de tierra

Para la construcción de las áreas de apoyo, se espera un movimiento de tierras tal como se observa en la **Tabla 2-48**, donde se estima, para el cálculo del descapote, un espesor promedio de 0,20 m y para la excavación un espesor promedio de 1,50 m; así mismo se plantea, que, con el material producto de la excavación, se conformará el terraplén en sus cimientos, por lo cual se contempla reutilizar el 40% del volumen excavado y que hasta un 60% del material de corte será dispuesto en los ZODME autorizados (Ver el anexo 4. Anexos Descripción del Proyecto/4.5 Movimiento de tierras).

Para la construcción de dichas áreas, se toma las condiciones promedio de terraplén hasta 2,00 m, donde se estima un volumen de material para conformar del mismo de 200000 m3, 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 en las áreas de apoyo y proporcionar la capacidad portante que requiere la infraestructura, 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 planee 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 10 Ha en el polígono para la instalación de las áreas de apoyo.

Tabla 2-48 Movimientos de tierra estimados en la construcción del área no industrial y áreas de acopio

TIPO DE ACTIVIDAD	ÁREA TOTAL (ha)	ÁREA TOTAL (ha)	ÁREA TOTAL QUE 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)	VOLUMEN DE CORTE CON FACTOR DE EXPANSIÓN DEL (20%)	VOLUMEN DE RELLENO CON FACTOR DE COMPACTACIÓN DEL (30%)
Áreas de Apoyo	1 polígono hasta de un área total de 10,00 ha	10	100000	0,20	1,50	2,00	20000	150000	200000	**180,000**	**260,000**
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: 4. Anexos Descripción del Proyecto/4.5 Movimiento de tierras. ECOPETROL S.A, 2025

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.

2.2.2.5.6.7 Estimativos de maquinaria, equipos

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 2-49**.

Tabla 2-49 Estimativo de maquinaria y equipos requerido para la construcción del área no industrial

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

MAQUINARIA	CANTIDAD
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: ECOPETROL S.A, 2025

2.2.2.5.6.8 Estimativo de mano de obra

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 calificada (MOC) y no calificada (MONC), cantidad que podrá variar de acuerdo con los requerimientos del proyecto. En la **Tabla 2-50**, 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 2-50 Estimativo de maquinaria y equipos requerido para la construcción del área no industrial

ACTIVIDAD	CARGO	CANTIDAD	MANO DE OBRA
REPLANTEO Y CONTROL TOPOGRÁFICO	Topógrafo	2	MOC
	Cadenero	4	MONC
	Estaquero o ayudante	4	MONC
OBRAS CIVILES ASOCIADAS A LA CONFORMACIÓN	Ingenieros	2	MOC
	Maestro de obra	2	MOC
	Oficiales	4	MOC
	Obreros	16	MONC
MOVIMIENTO DE TIERRAS Y COMPACTACIÓN	Operador retroexcavadora	2	MOC
	Operador motoniveladora	1	MOC
	Operador compactador	1	MOC
MOVILIZACIÓN Y ACARREO	Conductor Volquetas	2	MOC
	Conductor carro-tanques	1	MOC
	Conductor camionetas	2	MOC
TOTAL		**43**	

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: ECOPETROL S.A, 2025

2.2.2.5.6.9 Asentamientos humanos e infraestructura social, económica y cultural a intervenir

El proyecto para el Área de Desarrollo Bucare, 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.

2.2.2.5.6.10 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 concentración de contaminantes criterio y sustancias toxicas en el 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 de 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, generadas durante el desarrollo del proyecto.
- ✓ Formular las acciones de control para el manejo de los impactos sobre la calidad de aire enfocándose en la reducción del material particulado y gases provenientes de las fuentes fijas o dispersas y fuentes móviles.
- ✓ Garantizar el cumplimiento de la normativa ambiental vigente en materia de calidad del aire, a través del monitoreo, reporte y mejora continua de las medidas de control implementadas.

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.

2.2.2.5.6.11 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**

[1] Definido como: Cambio en las concentraciones de los contaminantes criterio y/o tóxicos en el aire producto de las emisiones generadas como consecuencia de un proyecto, obra o actividad.
[2] Definido como: Cambio en los niveles de ruido ambiental como consecuencia de la emisión de ruido de un proyecto, obra o actividad.

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.

2.2.2.5.6.12 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.

2.2.2.5.6.13 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. 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 Bucare. El alcance de las subactividades de desmantelamiento y restauración de áreas intervenidas fueron descritas anteriormente y se listan a continuación:

- Desmantelamiento de instalaciones, retiro de infraestructura y equipos, salida de maquinaria (A-46).
- Limpieza de áreas (A-50).
- Reconformación del terreno, empradización y/o revegetalización (A-51).
- Cierre de compromisos socio ambientales (A-52).

2.2.2.5.6.14 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 Bucare, 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 2-51**, se presenta el estimativo en tiempo para la construcción de las áreas de apoyo, teniendo en cuenta que, dichos tiempos podrán variar debido a que las construcciones se podrán generar paulatinamente de acuerdo con las necesidades del proyecto.

Tabla 2-51 Cronograma estimado en la construcción de las áreas de apoyo

ETAPA	SUBETAPA	ID	ACTIVIDAD	TIEMPO (SEMANAS)											
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ETAPA PREOPERATIVA		A-01	Adquisición de predios y derechos de servidumbres												
CONSTRUCTIVA	ADECUACIÓN Y/O CONSTRUCCIÓN DE OBRAS CIVILES (Vías, Locaciones, ZODMES, Facilidades de Producción, infraestructura eléctrica y/o autogeneración)	A-02	Localización y replanteo												
		A-03	Desmonte, descapote, rocería y limpieza												
		A-04	Movimiento de tierras (excavación, cortes y rellenos)												
		A-05	Cuneteo, extendido, nivelación y compactación												
		A-07	Construcción y/o adecuación de obras para manejo de aguas superficiales, lluvias y aceitosas												
		A-08	Construcción y/o adecuación de estructuras en concreto												
		A-09	Montaje e instalación de estructuras metálicas												
		A-10	Estabilización y/o Revegetalización de taludes												
		A-11	Operación de maquinaria y equipos												
OPERATIVA	MANTENIMIENTO	A-42	Mantenimiento de vías de acceso, locaciones y facilidades (incluye infraestructura, equipos y maquinaria)												
DESMANTELAMIENTO, ABANDONO Y RESTAURACIÓN		A-46	Desmantelamiento de instalaciones, retiro de	Las actividades de desmantelamiento, abandono y restauración contemplan el											

ETAPA	SUBETAPA	ID	ACTIVIDAD	TIEMPO (SEMANAS)
				1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12
			equipos e infraestructura y salida de maquinaria.	desmantelamiento y restauración de todas las áreas intervenidas para la ejecución de las actividades correspondientes a la presente estrategia de desarrollo. Su principal objetivo es recuperar y mejorar ambientalmente dichas áreas, para esto se llevará a cabo un plan de acción que contemple el restablecimiento de las condiciones ambientales anteriores a la intervención
		A-50	Limpieza de áreas	
		A-51	Reconformación del terreno, empradización y/o revegetalización	
		A-52	Cierre de compromisos socio ambientales	
ACTIVIDADES TRANSVERSALES		***A-53***	*Contratación de mano de obra*	Las actividades transversales son ejecutadas a lo largo de todas las etapas del proyecto, razón por la cual no cuentan con un cronograma de ejecución de actividades específico
		A-54	*Adquisición de bienes y servicios*	
		A-55	*Transporte terrestre y/o aéreo de materiales, equipos, maquinaria, insumos y personal*	
		A-56	*Instalación y operación de campamentos temporales*	
		A-57	Operación de ZODME	
		A-58	Uso de productos químicos, lubricantes y combustibles	
		A-59	*Captación, transporte, almacenamiento y distribución de agua superficial para uso doméstico e industrial*	
		A-60	*Captación, transporte, almacenamiento y distribución de agua subterránea para uso doméstico e industrial*	
		A-61	*Gestión (Manejo, tratamiento y disposición final) de residuos líquidos domésticos y no domésticos*	
		A-62	*Gestión (Manejo, tratamiento y disposición final) de residuos sólidos*	
		A-63	*Manejo y disposición de residuos peligrosos*	
		A-64	Reubicación de infraestructura de servicios públicos	

Nota 1: Las actividades de ejecución y los tiempos estimados podrán variar en función de las necesidades y condiciones de cada proyecto (PMAE).
Nota 2: Las actividades de las etapas preoperativa y transversales, se deben ejecutar de acuerdo con los alcances específicos de cada PMAE
Nota 3: Las actividades de mantenimiento se ejecutarán de acuerdo con las necesidades del campo y desarrollo del mismo.
Fuente: SGI S.A.S, 2025

2.2.2.6 Generación y operación de sistemas de energía eléctrica

2.2.2.6.1 Instalación y operación de líneas eléctricas (ED16)

Las actividades de explotación de hidrocarburos, requieren de una infraestructura eléctrica capaz de suplir lo requerimientos de energía para la ejecución de los procesos, para este fin, se incluye la

estrategia de desarrollo relacionada con 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 interconexión con infraestructura existente cercana al proyecto.

Esta estrategia agrupa todas las actividades necesarias para energizar las instalaciones operativas asociadas la explotación de hidrocarburos en el Área de Desarrollo Bucare. 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.

2.2.2.6.1.1 Cantidades requeridas para el Área de Desarrollo Bucare

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 Bucare 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 2-52**. La construcción de este tipo de infraestructura se realizará respetando lo estipulado por la zonificación de manejo ambiental.

Tabla 2-52 Cantidades de líneas eléctricas a solicitar para el Área de Desarrollo Bucare

ESTRATEGIA DE DESARROLLO	ALCANCE	CANTIDADES
Instalación y operación de Líneas Eléctricas	Se solicita la instalación de líneas de transmisión eléctricas aéreas de hasta 20 Km para una potencia de 34,50 KV y Líneas de transmisión eléctrica aéreas de hasta 8,0 Km para una capacidad de 115 KV	Líneas de Transmisión 34,5 kV: 20 Km Líneas de Transmisión 115 kV: 8 Km Con un derecho de vía de hasta 20 m

Fuente: ECOPETROL S.A, 2025

Esta estrategia agrupa todas las actividades necesarias para energizar las instalaciones operativas asociadas la explotación de hidrocarburos en el Área de Desarrollo Bucare. Con la misma, Ecopetrol S.A. asegurará el suministro de energía eléctrica por medio de la interconexión a través de redes que llevarán la energía desde los puntos de generación, distribución, transmisión y/o interconexión a las cargas que la demanden.

2.2.2.6.1.2 Alternativas de ubicación y selección de sitios (Criterios técnicos, tecnológicos y ambientales)

Las líneas eléctricas permitirán llevar la energía necesaria a los puntos de consumo (pozos, facilidades, etc.); esta energía será transportada desde los sitios donde sea generada o desde donde sea suministrada (caso de conexiones con redes y/o centro de generación en campos aledaños y/o desde el SIN) y hasta las subestaciones de cada centro de consumo (pozos, facilidades, etc.). Las redes podrán hacer pasos técnicos en los Centros de Distribución y/o de Potencia con el objetivo de hacer cambios de niveles de tensión, redundar en los circuitos, generar circuitos en anillo, garantizando continuidad y seguridad operativa.

Las redes irán soportadas en apoyos tipo torres, torrecillas y/o postes, o en los juegos y arreglos de apoyos que garanticen la seguridad electromecánica de la red. Los trazados y recorridos se realizarán en función del crecimiento y demanda de energía eléctrica del campo, ubicando los apoyos en función de lo establecido en la zonificación de manejo ambiental; los conductores, apoyos y accesorios serán diseñados en función de las longitudes de línea y de las cargas a alimentar. Así mismo, se tendrán apoyos y conductores con características tales que eviten al máximo el aprovechamiento forestal bastando, en donde sea posible, con la implementación de podas controladas. Cabe precisar que la instalación y operación de las líneas, desde su concepción en

diseño y hasta los mantenimientos rutinarios, atenderán lo establecido en el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas -RETIE-.

Técnicamente, se buscará que las líneas de energía eléctrica se ubiquen cerca de los grandes bloques de demanda o en aquellos sitios desde donde sea óptimo hacer el tendido de redes que permitan transportar la potencia de manera eficiente, reduciendo las longitudes de tendido, de pérdidas de energía y, por consiguiente, disminuyendo los calibres de conductores y robustez de los apoyos.

La implementación de las diferentes líneas de energía busca beneficios tanto a nivel operativo como ambiental y en este sentido, adicional a lo mencionado anteriormente, se cuenta con una serie de elementos que incentivan la construcción y operación para esta estrategia de desarrollo:

2.2.2.6.1.2.1 Criterios técnicos

- ✓ Mejora la confiabilidad del suministro de energía eléctrica; dado que es posible reconfigurar fácil y rápidamente una red eléctrica, transportando energía eléctrica a través de distancias significativas con bajas pérdidas, se reduce la probabilidad de interrupciones y el uso de generadores de soporte ante eventuales salidas del sistema.
- ✓ Las líneas de media y alta tensión tienen mayor capacidad de carga en comparación con líneas de menor voltaje, lo que las hace adecuadas para el transporte de grandes cantidades de carga utilizando menores elementos en la instalación.
- ✓ Las líneas de media y alta tensión experimentan menos pérdidas de energía durante la transmisión y/o distribución debido a las menores corrientes que circulan a través de ellas, lo que mejora la eficiencia del sistema.

2.2.2.6.1.2.2 Criterios ambientales

- ✓ El transporte de energía en media y alta tensión se hace a través de corredores de ancho moderado (en cumplimiento de la normatividad vigente), evitando, como en el caso de menores tensiones, la necesidad de implementar mayor número de corredores en paralelo para mover iguales cantidades de energía.
- ✓ La infraestructura de líneas eléctricas de media y alta tensión suele ser más compacta y vertical en comparación con redes de menores tensiones, lo que disminuye la interferencia en los movimientos de la fauna.

2.2.2.6.1.2.3 Criterios Tecnológicos

La infraestructura eléctrica debe cumplir con el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE), que establece requisitos de seguridad para proteger la vida humana y el medio ambiente. Además, se aplican normas como la NTC 2050 (Código Eléctrico Colombiano), alineada con el National Electrical Code (NEC) y estándares de la IEC (International Electrotechnical Commission), lo que asegura compatibilidad con prácticas internacionales. También se consideran la Norma Sismo Resistente NSR-10, que incorpora criterios de estabilidad estructural frente a la alta actividad sísmica del territorio, y disposiciones legales como la Ley 1228 de 2008, que regula franjas de seguridad en corredores viales para instalaciones eléctricas. Estos lineamientos técnicos se complementan con especificaciones sobre materiales, equipos y procesos de instalación, promoviendo la adopción de tecnologías modernas, energías renovables y sistemas inteligentes de gestión. En conjunto, los criterios tecnológicos buscan garantizar que la infraestructura eléctrica colombiana sea segura, confiable, resiliente y preparada para la transición energética

2.2.2.6.1.3 Procesos de producción

Cabe precisar que la instalación y operación de líneas eléctricas de 34,5 / 115 Kv no se llevarán a cabo procesos de producción; sin embargo, se aprovecha este numeral para, a continuación, presentar el proceso operativo y las actividades a ser implementadas para la construcción y operación de las líneas de flujo.

- **Proceso operativo**

La energización a través de redes procedentes de campos y/o bloques aledaños y/o del Sistema Interconectado Nacional (SIN) o regional, será la primera alternativa a analizar 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. No obstante, si las condiciones técnicas, ambientales, económicas, etc. conllevan a la generación en el campo y suministro de energía eléctrica a partir de su producción de energía, se adelantará lo pertinente en función de lo establecido en las estrategias de desarrollo correspondiente. Adicionalmente, la alimentación que se lleve a través de la interconexión con otros campos y/o bloques y/o el SIN podrá alimentar las cargas del campo en conjunto con los sistemas de generación que se adelanten.

La operación de las líneas es parte esencial de la infraestructura del campo que permite el suministro confiable y eficiente de energía eléctrica desde los sitios de generación y/o interconexión hasta los puntos de consumo y/o demanda. Una vez se genera la energía eléctrica, o se realiza una interconexión con los campos y/o bloques y/o con el SIN, esta se lleva al nivel de tensión al cual debe ser distribuida y/o transmitida; esto se da tanto en los sitios de generación como en subestaciones eléctricas, CM y/o CD, infraestructura que hace parte de la estrategia de desarrollo ED17, descrita en el numeral 2.2.2.6.2 Instalación y operación de centros de Maniobra CM, Centros de distribución CD y/o subestaciones eléctricas SE del presenta subcapítulo. Cuando se llega al nivel de tensión requerido, se logra el transporte de energía de manera eficiente en distancias considerables. Al llegar al lugar de destino (donde se requiere y/o demanda la energía eléctrica) las redes ingresan a la subestación eléctrica, CM y/o CD, para nuevamente ser transformada al nivel de tensión de la carga y poder alimentar efectivamente el servicio, infraestructura y/o estrategia de desarrollo que lo requiere.

Es importante precisar, que la infraestructura y los equipos descritos a continuación son los básicos y que su cantidad, tecnología y demás podrá variar en función de las capacidades de transmisión, distribución y/o demanda. Además, se podrán instalar equipos adicionales que garanticen la operación segura y eficiente del sistema.

- **Suministro de energía mediante red eléctrica**

Como alternativa de alimentación de energía eléctrica, se proyecta un sistema eléctrico que comprenda la instalación de: una línea de transmisión que operaría a un nivel de tensión de V c.a.= 115 kV, que conecte al CPF con la estación (encargada de transportar la energía hasta un punto central de distribución); líneas de distribución (que conforman los circuitos de alimentación del sistema fotovoltaico) que operan a tensiones menores a V c.a. 115 kV y subestaciones eléctricas.

A continuación, se presenta una descripción sobre los componentes de infraestructura eléctrica:

- ✓ Proceso de transmisión de energía eléctrica

La función primordial de un sistema de transmisión es el transporte de grandes bloques de energía entre dos puntos. Este se encuentra compuesto por las líneas o conductores que interconectan los diferentes equipos asociados a un sistema de potencia de energía eléctrica. Los equipos asociados pueden ser las líneas de transmisión propiamente dichas, generadores, transformadores, estructuras

de apoyo, dispositivos de protección, sistemas de puesta a tierra, apantallamientos y protección contra descargas atmosféricas, centros de distribución y centros de maniobra, etc.

Según el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas – RETIE-, se considera transmisión al transporte de energía eléctrica que opera a un nivel de tensión igual o superior a 57,5 kV. En dicho reglamento se fijan también las distancias de seguridad y franjas de servidumbre, teniendo en cuenta que frente al riesgo eléctrico la técnica más efectiva de protección es mantener una distancia adecuada con respecto a las partes energizadas.

En la **Tabla 2-53**, se presentan las distancias de seguridad que deben respetarse para la construcción y puesta en funcionamiento de líneas de transporte de energía a diferentes niveles de tensión.

Tabla 2-53 Distancias mínimas de seguridad en zonas de construcciones

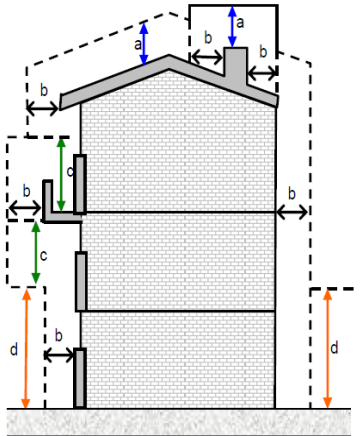
DISTANCIAS MÍNIMAS DE SEGURIDAD EN ZONAS CON CONSTRUCCIONES		
DESCRIPCIÓN	**TENSIÓN NOMINAL ENTRE FASES (kV)**	**DISTANCIA (m)**
Distancia vertical “a” sobre techos y proyecciones, aplicable solamente a zonas de muy difícil acceso a personas y siempre que el propietario o tenedor de la instalación eléctrica tenga absoluto control tanto de la instalación como de la edificación (Ver **Figura 2-32**).	44/34.5/33	3.8
	13.8/13.2/11.4/7.6	3.8
	<1	0.45
Distancia horizontal “b” a muros, balcones, salientes, ventanas y diferentes áreas independientemente de la facilidad de accesibilidad de personas. (Ver **Figura 2-32**)	66/57.5	2.5
	44/34.5/33	2.3
	13.8/13.2/11.4/7.6	2.3
	<1	1.7
Distancia vertical “c” sobre o debajo de balcones o techos de fácil acceso a personas, y sobre techos accesibles a vehículos de máximo 2.45m de altura. (Ver **Figura 2-32**)	44/34.5/33	4.1
	13.8/13.2/11.4/7.6	4.1
	<1	3.5
Distancia vertical “d” a carreteras, calles, callejones, zonas peatonales, áreas sujetas a tráfico vehicular, (Ver **Figura 2-32**) para vehículos de más de 2.45m de altura.	115/110	6.1
	66/57.5	5.8
	44/34.5/33	5.6
	13.8/13.2/11.4/7.6	5.6
	<1	5
Igualmente, en instalaciones construidas bajo criterio de la norma IEC 60364, para tensiones mayores de 1 kV, se deben tener en cuenta y aplicar las distancias de la IEC 61936-1. Únicamente se permite el paso de conductores por encima de construcciones (distancia vertical “a”) cuando el tenedor de la instalación eléctrica tenga absoluto control, tanto de la instalación eléctrica como de las modificaciones de la edificación o estructura de la planta. Entendiendo esto como la administración, operación y mantenimiento, tanto de la edificación como de la instalación eléctrica. En ningún caso se permitirá el paso de conductores de redes o líneas de servicio público, por encima de edificaciones donde se tenga presencia de personas.		

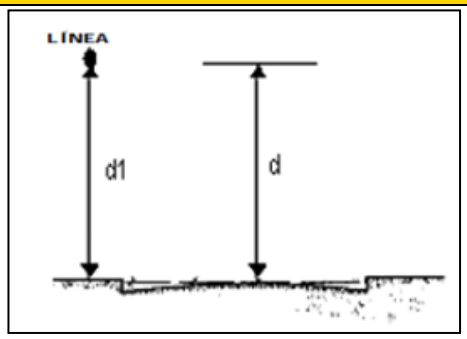
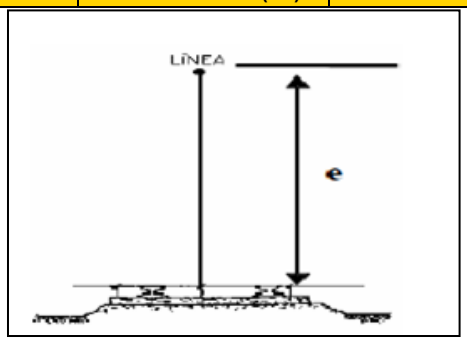
Figura 2-32 Distancias de seguridad en zonas con construcciones

Fuente: Tabla 13.1 del Artículo 13 de la Resolución 9-0708 de agosto 30 de 2013, expedida por el Ministerio de Minas y Energía – Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas – RETIE

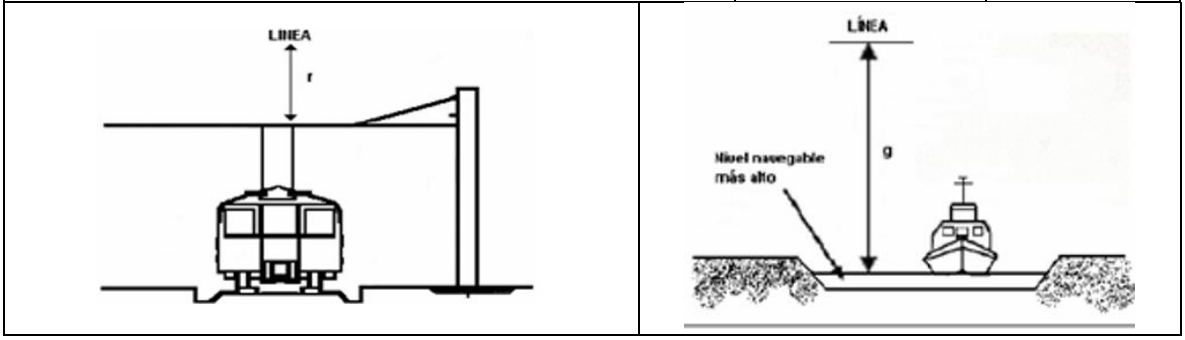
A continuación, en la **Tabla 2-54** se presentan las distancias mínimas de seguridad para diferentes situaciones.

Tabla 2-54 Distancias mínimas de seguridad en diferentes situaciones

DISTANCIAS MÍNIMAS DE SEGURIDAD PARA DIFERENTES SITUACIONES		
DESCRIPCIÓN	**TENSIÓN NOMINAL ENTRE FASES (kV)**	**DISTANCIA (m)**
Distancia mínima al suelo “d” en cruces con carreteras, calles, callejones, zonas peatonales, áreas sujetas a tráfico vehicular	500	11.5
	230/220	8.5
	115/110	6.1
	66/57.5	5.8
	44/34.5/33	5.6
	13.8/13.2/11.4/7.6	5.6
	<1	5
Cruce de líneas aéreas de baja tensión en grandes avenidas	<1	5.6
Distancia mínima al suelo “d1” desde líneas que recorren avenidas, carreteras y calles	500	11.5
	230/220	8
	115/110	6.1
	66/57.5	5.8
	44/34.5/33	5.6
	13.8/13.2/11.4/7.6	5.6
	<1	5
Distancia mínima al suelo “d” en zonas de bosques de arbustos, áreas cultivadas, pastos, huertos, etc. Siempre que se tenga el control de la altura máxima que pueden alcanzar las copas de los arbustos o huertos, localizados en las zonas de servidumbre	500	8.6
	230/220	6.8
	115/110	6.1
	66/57.5	5.8
	44/34.5/33	5.6
	13.8/13.2/11.4/7.6	5.6
	<1	5
En áreas de bosques y huertos donde no se dificulta el control absoluto del crecimiento de estas plantas y sus copas y sus copas puedan ocasionar acercamientos peligrosos, se requiera el uso de maquinaria agrícola de gran altura o en cruces de ferrocarriles sin electrificar, se debe aplicar como distancia “e” estos valores	500	11.1
	230/220	9.3
	115/110	8.6
	66/57.5	8.3
	44/34.5/33	8.1
	13.8/13.2/11.4/7.6	8.1
	<1	7.5

DISTANCIAS MÍNIMAS DE SEGURIDAD PARA DIFERENTES SITUACIONES		
DESCRIPCIÓN	**TENSIÓN NOMINAL ENTRE FASES (kV)**	**DISTANCIA (m)**
		
Distancia mínima vertical en el cruce “f” a los conductores alimentadores de ferrocarriles electrificados, teleféricos, tranvías y trole - buses	500	4.8
	230/220	3
	115/110	2.3
	66/57.5	2
	44/34.5/33	1.8
	13.8/13.2/11.4/7.6	1.8
	<1	1.2
Distancia mínima vertical respecto al máximo nivel del agua “g” en cruce con ríos, canales navegables o flotantes adecuados para embarcaciones con altura superior a 2m y menor de 7m	500	12.9
	230/220	11.3
	115/110	10.6
	66/57.5	10.4
	44/34.5/33	10.2
	13.8/13.2/11.4/7.6	10.2
	<1	9.6
Distancia mínima vertical respecto del máximo nivel del agua “g” en cruce con ríos, canales navegables o flotantes, no adecuados para embarcaciones con altura mayor a 2m	500	7.9
	230/220	6.3
	115/110	5.6
	66/57.5	5.4
	44/34.5/33	5.2
	13.8/13.2/11.4/7.6	5.2
	<1	4.6
Distancia mínima vertical al piso en cruce por espacios usados como campos deportivos abiertos, sin infraestructura en la zona de servidumbre, tales como graderías, casetas o cualquier tipo de edificaciones ubicadas debajo de los conductores.	500	14.6
	230/220	12.8
	115/110	12
	66/57.5	12
	44/34.5/33	12
	13.8/13.2/11.4/7.6	12
	<1	12
	500	11.1
	230/220	9.3

DISTANCIAS MÍNIMAS DE SEGURIDAD PARA DIFERENTES SITUACIONES		
DESCRIPCIÓN	**TENSIÓN NOMINAL ENTRE FASES (kV)**	**DISTANCIA (m)**
Distancia mínima horizontal en cruce cercano a campos deportivos que incluyan infraestructura, tales como graderías, casetas o cualquier tipo de edificación asociada al campo deportivo.	115/110	7.0
	66/57.5	7.0
	44/34.5/33	7.0
	13.8/13.2/11.4/7.6	7.0
	<1	7.0



Fuente: Tabla 13.1 del Artículo 13 de la Resolución 9-0708 de agosto 30 de 2013, expedida por el Ministerio de Minas y Energía – Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas – RETIE

Cuando se presenten cruces de líneas de diferentes tensiones, la línea de menor tensión debe ir siempre a menor altura, dichos cruces deben mantener al menos las distancias dadas en la **Tabla 2-55**.

Tabla 2-55 Distancias mínimas de seguridad en zonas con construcciones

		DISTANCIA EN METROS								
Tensión nominal (kV) entre fases de la línea superior	**500**	4,8	4,2	4,2	4,2	4,3	4,3	4,6	5,3	7,1
	230/220	3,0	2,4	2,4	2,4	2,5	2,6	2,9	3,6	
	115/110	2,3	1,7	1,7	1,7	1,8	1,9	2,2		
	66	2,0	1,4	1,4	1,4	1,5	1,5			
	57,5	1,9	1,3	1,3	1,3	1,4				
	44/34.5/33	1,8	1,2	1,2	1,3					
	13,8/13,2/11,4/7,6	1,8	1,2	0,6						
	<1	1,2	0,6							
	Comunicaciones	0,6								
		Comunicación	<1	13,8/13,2/ 11,4/7,6	44/ 34,5/33	57,5	66	115/ 110	230/ 220	500
		Tensión nominal (kV) entre fases de la línea inferior								

Fuente: Tabla 13.1 del Artículo 13 de la Resolución 9-0708 de agosto 30 de 2013, expedida por el Ministerio de Minas y Energía – Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas – RETIE

✓ Derecho de vía

Las líneas de distribución corresponden a líneas cuyos niveles de tensión (según lo indica el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas –RETIE-) son superiores a los 110V y menores a los 57,5kV.

Toda línea de transporte de energía correspondiente a niveles de transmisión, es decir de tensión superior a los 57,5kV, ve involucrada en su construcción, puesta a punto, servicio y operación una franja de seguridad denominada servidumbre (también se conoce como derecho de vía). Dicha franja es garante de la seguridad de los seres vivos y de la correcta operación de la línea. Por lo tanto, se debe impedir la siembra de árboles que eventualmente puedan alcanzar alturas que superen las distancias de seguridad; de igual manera, no está permitido construir edificaciones o estructuras al interior de dicha franja (ver RETIE, artículo 24° Zonas de servidumbre).

Por definición, la zona de servidumbre es aquella franja de terreno que se deja sin obstáculos a lo largo de una línea de transporte de energía eléctrica, como margen de seguridad para la construcción, operación y mantenimiento de dicha línea, así como para tener una interrelación segura con el entorno. Para el caso de líneas de distribución (menores a 57,5 kV), la zona de servidumbre es la franja que va a lo largo de la línea y corresponde un ancho de 15 m.

En resumen, en cualquiera de los casos, esta franja de servidumbre va a todo lo largo del trayecto que recorre la línea de transmisión o de distribución desde su punto de salida y hasta el punto de llegada.

A continuación, en la **Tabla 2-56** se relaciona los anchos del Derecho de vía o zona de servidumbre de acuerdo con la tensión a transportar en las líneas eléctricas

Tabla 2-56 Ancho de zona de servidumbre de líneas de transmisión eléctrica

TIPO DE ESTRUCTURA	TENSIÓN (kV)	ANCHO MÍNIMO (m)
Torres	110/115 (2 ctos)	20
	110/115 (1 cto)	20
Postes	110/115 (2 ctos)	15
	110/115 (1 cto)	15
Torres / Postes	57.5/66	15

Fuente: Tabla 22.1 del Artículo 13 de la Resolución 9-0708 de agosto 30 de 2013, expedida por el Ministerio de Minas y Energía – Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas – RETIE

- ✓ Derecho de vía compartido

Para las líneas eléctricas nuevas, se consideran los derechos de vía compartidos con infraestructura existente dentro del Área de Desarrollo Bucare, la cual puede ser lineal: vías, líneas eléctricas y líneas de flujo existentes en una franja de 20 m (Ver **Fotografía 2-24** y **Fotografía 2-25**)

El derecho de vía compartido corresponde a las condiciones de instalación de infraestructura lineal que se diseñan longitudinalmente paralelo a infraestructura existente en sectores donde comparten el Derecho de vía, considerándose paralelismo cuando se cumplan las siguientes características teniendo como referencia las normas NTC 2505 para transporte de gas:

- ✓ Que se encuentren los ejes de las líneas (existente y a instalar) a una distancia menor o igual a 0,20 m o al límite del ancho del derecho de vía.
- ✓ Que el derecho de vía de la estructura de terceros se sobreponga al derecho de vía proyectada o viceversa.
- ✓ Físicamente sea posible identificar en campo un solo corredor y se compartan obras de protección geotécnica.
- ✓ Cuando a pesar de ser dos fajas de protección separadas, debido a las condiciones topográficas, las obras de protección geotécnica de un derecho de vía descolen en el otro derecho de vía.

Se recomienda una distancia mínima entre líneas de 0,20 m en paralelo y de 0,10 m en transiciones al cruce entre estas. Cuando por causas justificadas, no puedan mantenerse a distancias mínimas entre servicios, se debe interponer pantallas de fibrocemento o similares. Para los sectores que van a quedar en paralelo, se debe tener en cuenta las condiciones del operador de la línea existente.



Fotografía 2-24 Derecho de vía compartido (Línea de flujo+ Línea de flujo)
Fuente: SGI S.AS, 2025.

Este ancho de vía se utilizará como área de manejo de materiales, disposición temporal de tuberías en la instalación de nuevas líneas mecánicas y para el manejo de materiales y equipos requeridos en la construcción de líneas mecánicas. Es importante precisar que los diseños definitivos de los DDV se definirán y presentarán en los PMAE los cuales deberán cumplir con la normatividad vigente para la construcción de infraestructura lineal (vías, líneas de flujo y líneas eléctricas).



Fotografía 2-25 Derecho de vía compartido (Línea de flujo+ Vía de acceso)
Fuente: SGI S.AS, 2025.

Es de aclarar, que se estima un ancho de 20 metros para los DDV compartidos, sin embargo, ese valor no sustituye los valores de derechos de vía especificados para la construcción de manera individual, en las condiciones explicadas para cada una de las estrategias de desarrollo del presente EIA. Es decir, en el caso de vías nuevas el derecho de vía requerido es de hasta 12 metros, para líneas de flujo hasta 30 metros y para líneas eléctricas se considera lo estipulado en el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE) donde se establece un mínimo de DDV de 15 m (Ver **Tabla 2-56**).



Fotografía 2-26 Derecho de vía compartido (Línea de flujo+ Línea eléctrica)
Fuente: SGI S.AS, 2025.

- Estructuras de Apoyo

Los apoyos son aquellos elementos que soportan mecánicamente el cableado y los elementos aisladores que conforman una línea de transporte y/o distribución de energía eléctrica, garantizando la seguridad operativa de la misma y de los seres vivos que se encuentren a su alrededor.

Estos apoyos pueden ser torres o postes según su aplicación y según los esfuerzos mecánicos que deba soportar. Además, el tipo y forma de estos depende de diversos factores como son:

- Disposición de los conductores
- Número de circuitos
- Distancia entre conductores
- Dimensiones y formas de los aisladores
- Flechas de los conductores
- Alturas de seguridad
- Función mecánica
- Forma de soportar cargas

Cuando se utilizan torres, las mismas pueden ser de suspensión, retención, para ángulo y de transposición de acuerdo con su función y/o ubicación en el recorrido de la línea.

- Estructuras de Suspensión

Dimensionadas para soportar cargas normales y anormales (producto de la rotura de uno o más conductores), cargas verticales y transversales, debidas a la acción del viento sobre los cables y las propias estructuras. En el sentido longitudinal, resisten la acción de la fuerza del viento. (Ver **Fotografía 2-27**)



Fotografía 2-27 Estructuras de suspensión – Línea 115 kV
Fuente: ECOPETROL S.A, 2025

- Estructuras de Retención

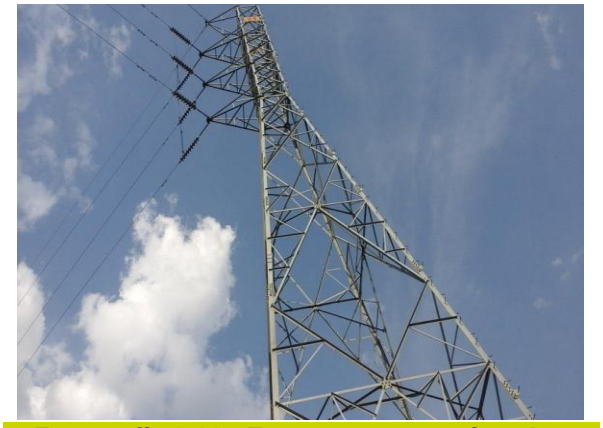
Este tipo de estructuras se subdivide en dos: de retención total también llamada terminal, dimensionada para resistir todas las cargas normales y excepcionales unilateralmente. Esto la convierte en la estructura de apoyo más reforzada de la línea (Ver **Fotografía 2-28**); y de retención parcial o intermedia. Empleada en puntos intermedios de la línea, sirviendo normalmente como punto de tensionado, menos reforzada que la de retención total, resiste esfuerzos transversales y longitudinales tanto normales como de cargas excepcionales.



Fotografía 2-28 Estructuras de retención terminal línea de 34,5 kV
Fuente: ECOPETROL S.A, 2025

- Estructuras para ángulos

Este tipo de estructuras se dimensiona con el fin de resistir los esfuerzos normales e inclusive los resultantes de fuerzas horizontales debidas a la presencia de los ángulos generados por los cambios de dirección (Ver **Fotografía 2-29**).



Fotografía 2-29 Estructuras para ángulos línea de distribución 34,5 kV
Fuente: ECOPETROL S.A, 2025

- Estructura de Trasposición

Estructuras usadas con el fin de asegurar la simetría eléctrica de la línea. Son capaces de resistir la rotación o transposición del cableado.

En resumen, una estructura de apoyo puede considerarse como un elemento empotrado en el suelo, con cargas verticales y horizontales concentradas en la parte superior. Así entonces, todas las estructuras mencionadas anteriormente se pueden clasificar agrupándolas en dos grandes grupos:

- Estructuras autoportantes (auto soportadas): que transmiten todos los esfuerzos a las fundaciones.
- Estructuras venteadas (atirantadas): que son flexibles, en algunos casos sostenidas por cables los cuales absorben parte de los esfuerzos horizontales y los transmiten al suelo.

- Transformadores

Un transformador puede describirse como una máquina eléctrica estática (que no tiene movimiento) capaz de convertir un nivel de tensión en otro, conservando al máximo la potencia de salida con respecto a la de entrada (Ver **Fotografía 2-30**). Para el montaje, puesta a punto y 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 a la seguridad de la instalación y del usuario y al uso racional y eficiente de la energía eléctrica.



Fotografía 2-30 Transformador en subestación
Fuente: ECOPETROL S.A, 2025

- Conductores

Los conductores son el medio físico (cable) que permite el flujo de corriente y dadas las relaciones de corriente y voltaje permiten la transferencia de potencia (o transporte de energía) entre un punto y otro. Para la selección de un conductor se tienen en cuenta aspectos tales como:

- Capacidad de corriente del conductor, buscando siempre la máxima transferencia de potencia.
- Capacidad de cortocircuito del conductor.
- Regulación de tensión (caída de tensión) entre el punto de salida y el punto de llegada o centro de consumo.
- Menores pérdidas por efecto corona.
- Reducción del nivel de interferencia de radiofrecuencia según la configuración del conductor.
- Capacidad mecánica del conductor.

- Cable Guarda

Es el cable sin tensión instalado en la parte superior de la red de transmisión cuyo objetivo es el de generar el apantallamiento de la red (protección contra descargas atmosféricas) y en algunos casos porta en su interior conductores de fibra óptica que pueden ser utilizados para la operación y acción remota de la red (telemetría) (Ver **Fotografía 2-31**).



Fotografía 2-31 Cable guarda
Fuente: ECOPETROL S.A, 2025

- Sistema de puesta a tierra

Un sistema de puesta a tierra debe asegurar, hasta donde la ingeniería lo permita, el limitar las elevaciones de potencial (aumento de tensiones) al momento de presentarse una falla, en la zona de influencia del sistema de puesta a tierra (es decir, en la zona en la que se encuentre ubicado dicho sistema de puesta a tierra). Esto debe lograrse en un muy corto lapso (tiempos ajustados en diseño según normatividad), reduciendo así las probabilidades de lesiones o daños y ajustando las tensiones de paso y de contacto a valores soportables y permisibles.

Dado que algunas estructuras de apoyo son metálicas y que las que son de concreto pueden llegar a portarse como elementos conductores debido a condiciones de humedad, dichas estructuras deben contar un sistema de puesta a tierra que brinde seguridad a los seres vivos principalmente y además al sistema de energía como tal.

- Protección contra descargas atmosféricas

Las descargas atmosféricas corresponden a aquellas perturbaciones electromagnéticas que pueden afectar las instalaciones. Con respecto a los rayos, se puede afirmar, que ninguna medida es económica y efectiva para evitarlos y las precauciones de protección apuntan hacia los efectos secundarios y a las consecuencias de una descarga atmosférica. Por lo tanto, el propósito de la protección contra rayos es controlar (no eliminar) el fenómeno natural, encausándolo en forma segura siguiendo como mínimo lo determinado en la Norma Técnica Colombiana NTC 4552 “PROTECCIÓN CONTRA DESCARGAS ELÉCTRICAS ATMOSFÉRICAS (RAYOS)”.

2.2.2.6.1.4 Métodos constructivos y operativos

En términos generales, las actividades y etapas para la instalación y operación líneas eléctricas incluyen, entre otros, la infraestructura asociada para los dispositivos que permiten realizar las operaciones de transformación, protección, transmisión y/o distribución de la energía eléctrica, entre otros. Para dar alcance al desarrollo de esta estrategia de desarrollo, se van a realizar actividades constructivas, operativas; de desmantelamiento y abandono, tal como se presentan en la **Tabla 2-57**.

Tabla 2-57 Actividades a ejecutar para la instalación y operación de líneas eléctricas de 34,5/115 kV

ETAPA	SUBETAPA	ID	ACTIVIDAD
ETAPA PREOPERATIVA		***A-01***	*Adquisición de predios y derechos de servidumbres*

ETAPA	SUBETAPA	ID	ACTIVIDAD
CONSTRUCTIVA	INFRAESTRUCTURA ELÉCTRICA Y/O AUTOGENERACIÓN (LE, CM, CD, SE e infraestructura conexa)	A-21	Despeje de servidumbre para instalación de la línea (incluye replanteo, desmonte, descapote y limpieza)
		A-22	Adecuación de los sitios para el hincado, plomado y cimentación de estructuras de apoyo (Incluye sistema de puesta a tierra)
		A-23	Instalación, izaje, montaje de infraestructura para líneas eléctricas (Incluye anclajes, templetes, cable de guarda, tendido y tensionado)
		A-25	Operación de generadores
OPERATIVA	MANTENIMIENTO	A-44	Mantenimiento de infraestructura eléctrica (incluye el derecho de vía)
DESMANTELAMIENTO, ABANDONO Y RESTAURACIÓN		A-46	Desmantelamiento de instalaciones, retiro de equipos e infraestructura y salida de maquinaria.
		A-49	Demolición y desmonte de infraestructura
		A-50	Limpieza de áreas
		A-51	Reconformación del terreno, empradización y/o revegetalización
		A-52	Cierre de compromisos socio ambientales
ACTIVIDADES TRANSVERSALES		A-53	Contratación de mano de obra
		A-54	Adquisición de bienes y servicios
		A-55	Transporte terrestre y/o aéreo de materiales, equipos, maquinaria, insumos y personal
		A-56	Instalación y operación de campamentos temporales
		A-59	Captación, transporte, almacenamiento y distribución de agua superficial para uso doméstico e industrial
		A-60	Captación, transporte, almacenamiento y distribución de agua subterránea para uso doméstico e industrial
		A-61	Gestión (Manejo, tratamiento y disposición final) de residuos líquidos domésticos y no domésticos
		A-62	Gestión (Manejo, tratamiento y disposición final) de residuos sólidos
		A-63	Manejo y disposición de residuos peligrosos
		A-64	Reubicación de infraestructura de servicios públicos

Nota 1: El grupo de actividades transversales es necesario y complementario para la ejecución y el desarrollo de las diferentes estrategias del proyecto
Nota 2: 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: S.G.I S.A.S, 2025

Previo a cualquier intervención, se elaboran diseños que, entre otros, buscan los trazados entre punto de salida y llegada sean lo más cortos posibles, con la menor intervención en superficie y/o coberturas, atendiendo lo propio que arrojen los estudios de suelo que corresponda.

Finalmente, es de señalar que la descripción de las actividades 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 templetes, línea y cables de guarda (incluye tendido y tensionado), e Instalación de sistema de puesta a tierra, se describen a continuación:

- **Etapa Preoperativa**

✓ Adquisición de predios y derechos de servidumbres (A-01)

Actividad que se asocia a la negociación con los propietarios de los terrenos, donde se proyectan las áreas de intervención para la construcción de infraestructura como vías, locaciones, facilidades de producción, infraestructura eléctrica, líneas de flujo que son propuestas por el proyecto, con el fin de realizar la negociación o constitución de las servidumbres requeridas. La negociación se realiza

en atención a la Ley 1274 de 2009 “Por la cual se establece el procedimiento de avalúo para las servidumbres petrolera” (o la que se encuentre vigente al momento de ejecución del proyecto).

- **Etapa Constructiva**

✓ Despeje de servidumbre para instalación de la línea (incluye replanteo, desmonte, descapote y limpieza) (A-21)

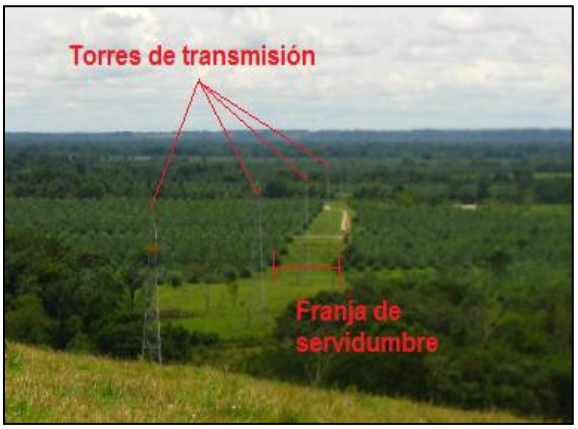
Para el tendido e izado del conductor se requiere el despeje del material vegetal (arbustivo) presente en la franja de servidumbre que pueda llegar a interferir con la construcción u operación de la línea eléctrica, de forma que permita las labores de tendido del conductor y cable de guarda, y no genere 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.

Cabe precisar que en lo posible se evitará el aprovechamiento forestal para la ubicación de apoyos y para el tendido de líneas y solo se realizará el aprovechamiento en aquellos sitios donde la ubicación de un apoyo se estricta sin opción técnica o ambiental para su ubicación. También, se realizará el aprovechamiento en aquellos sitios donde los individuos por su altura generen algún riesgo operativo.

Esta actividad incluye en la remoción de la cobertura vegetal en las franjas de servidumbre (según dicte el artículo 24° del RETIE) de las líneas eléctricas (transmisión y/o distribución) con el fin de facilitar las actividades de tendido de conductores y de disminuir los riesgos asociados a contactos directos línea – tierra a través de la vegetación (Ver **Fotografía 2-32**).

Se garantiza 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 servicio de las redes.



Fotografía 2-32 Derecho de vía (Servidumbre)
Fuente: ECOPETROL S.A, 2025

Para las líneas eléctricas nuevas, se consideran los derechos de vía compartidos con infraestructura existente dentro del Área de Desarrollo Bucare, la cual puede ser lineal: vías, líneas eléctricas y líneas de flujo existentes en una franja de 20 m (Ver **Fotografía 2-24** y **Fotografía 2-25**)

El derecho de vía compartido corresponde a las condiciones de instalación de infraestructura lineal que se diseñan longitudinalmente paralelo a infraestructura existente en sectores donde comparten el Derecho de vía, considerándose paralelismo cuando se cumplan las siguientes características teniendo como referencia las normas NTC 2505 para transporte de gas:

- ✓ Que se encuentren los ejes de las líneas (existente y a instalar) a una distancia menor o igual a 0,20 m o al límite del ancho del derecho de vía.
- ✓ Que el derecho de vía de la estructura de terceros se sobreponga al derecho de vía proyectada o viceversa.
- ✓ Físicamente sea posible identificar en campo un solo corredor y se compartan obras de protección geotécnica.
- ✓ Cuando a pesar de ser dos fajas de protección separadas, debido a las condiciones topográficas, las obras de protección geotécnica de un derecho de vía descolen en el otro derecho de vía.

Es de aclarar, que se estima un ancho de 20 metros para los DDV compartidos, sin embargo, ese valor no sustituye los valores de derechos de vía especificados para la construcción de manera individual, en las condiciones explicadas para cada una de las estrategias de desarrollo del presente EIA. Es decir, en el caso de vías nuevas el derecho de vía requerido es de hasta 12 metros, para líneas de flujo hasta 30 metros y para líneas eléctricas se considera lo estipulado en el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE) donde se establece un mínimo de DDV de 15 m (Ver **Tabla 2-56**).

- Replanteo

Actividad que se lleva a cabo antes del inicio de cualquier tarea o labor de construcción del proyecto. Se evalúan y desarrollan actividades de topografía concernientes a validar la información de los planos de diseño, detectar posibles inconsistencias y alertar sobre la necesidad de corregir errores y falencias encontradas y plantear las mejoras para el proyecto que conlleven a las buenas prácticas de la ingeniería. Las inconsistencias reportadas se relacionan con el cumplimiento de distancias de seguridad a lo largo de la línea, estabilidad en los sitios de torre, longitud de vanos, cotas de torres, etc.

Aun cuando las actividades de replanteo son relativamente sencillas, se desarrollan con el máximo rigor puesto que el resultado incide en gran medida en el posicionamiento final de los apoyos proyectados. En este replanteo se identifican detalladamente los cruces con líneas de transmisión y distribución de energía, vías, oleoductos, etc. y en general toda la información requerida para realizar el montaje en las condiciones mecánicas, estructurales y eléctricas apropiadas.

- Desmonte y Descapote: Remoción de cobertura vegetación en sitios de apoyo de estructuras

Trabajo consistente en el desbroce y limpieza tanto en bosque como en zonas no boscosas que comprenden tala, remoción de tocones, desraíces, limpieza de zonas cubiertas de pasto y remoción de la capa orgánica del suelo. Si los individuos a talar sobrepasan los 10 cm de diámetro altura de pecho (DAP) se deberá contar con permiso para el aprovechamiento forestal por parte de la autoridad competente.

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 100 m^2 por apoyo.

- Excavación, Cortes y Rellenos

Excavación: Se entiende por excavación a la actividad realizada por el hombre en la superficie de la tierra mediante la extracción del suelo. Dicha extracción se lleva a cabo a mano o mediante maquinaria y herramienta especializada en los sitios donde se ubican los apoyos.

Relleno y compactación: Para las labores de relleno y compactación se procede en principio a la obtención y garantía de una excavación seca y libre de agua, de lo contrario se deben utilizar materiales granulares y sistemas de compactación no convencionales. Como material de relleno se utiliza aquel que se encuentre libre de raíces, de materiales de desecho y de otros materiales que en su momento sean objetables. Se dispone en capas horizontales cuyo espesor máximo compactado lo debe definir diseño y se compacta utilizando pisones manuales o neumáticos.

Se tiene siempre en cuenta que las cavidades que existan entre los perfiles de las cimentaciones en parrilla sean cuidadosamente rellenadas y compactadas. La actividad de relleno y compactación finaliza cuando se obtiene una altura aproximada de 30 cm (o lo que defina diseño) por encima del nivel del terreno natural. Si el material proveniente de excavaciones no es adecuado para efectuar los rellenos requeridos, se utilizan entonces materiales provenientes de las canteras autorizadas en la región.

- ✓ Adecuación de los sitios para el hincado, plomado y cimentación de estructuras de apoyo (Incluye sistema de puesta a tierra) (A-22)

  - Transporte

Se trasladan, desde el patio de acopio o almacenamiento hasta el sitio de montaje, todos los elementos constructivos requeridos para el montaje. Los materiales transportados se acopian dentro de las franjas de servidumbre de las líneas; sin embargo, podrán tenerse franjas paralelas al derecho de vía que servirán, eventualmente, para el acopio y/o tendido y halado de cables (temporales en cualquiera de los casos). Las vías que utilizar son las existentes en el campo o aquellas construidas, adecuadas, ampliadas o mantenidas, según lo descrito en las estrategias de desarrollo del presente estudio; además, será posible la movilización y transporte a lo largo del derecho de servidumbre establecido para cada línea.

  - Cimentado

Es el relleno de los cimientos con concreto (con especificaciones técnicas que se definirán en el diseño) o material de cimentación para asegurar la estabilidad de las estructuras. En cuanto la cimentación para las estructuras de apoyo de las torres se contempla la opción ilustrada en la **Figura 2-33**, a realizarse en concreto reforzado.

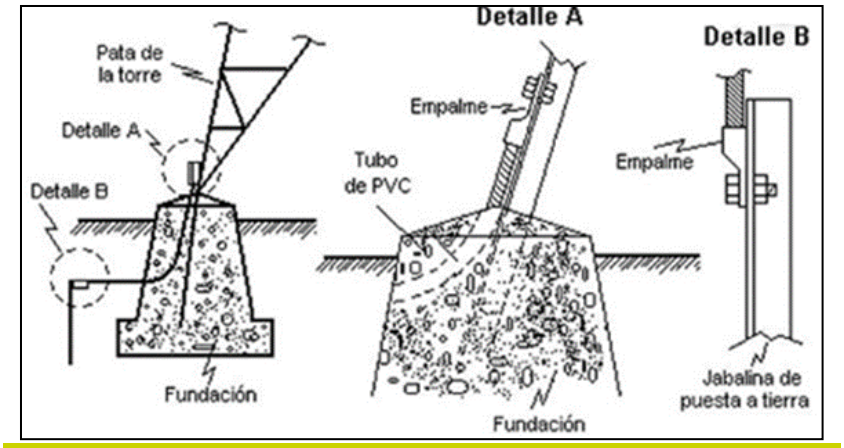


Figura 2-33 Diseños tipo de cimentaciones en estructuras de apoyo para líneas de transmisión
Fuente: ECOPETROL S.A, 2025

El tipo de cimentación, fundación y sus profundidades dependen de la capacidad portante del terreno; por lo tanto, esta actividad va acorde al estudio de suelos de los sitios dispuestos para la ubicación de apoyos, a ser especificados en los diseños correspondientes a cada PMA específico.

- Hincado

Corresponde con la ubicación (instalación o montaje) de las estructuras en los cimientos previamente excavados, asegurándolos en posición vertical. Esto se realiza con la ayuda mecánica camiones grúa, retroexcavadoras de oruga y/o plumas de anclaje, entre otros. En el caso de postes, el montaje es relativamente sencillo, logrando ubicar el poste en el agujero cimentado.

Para el caso de torrecillas y/o torres, compuestas por piezas de diversos tamaños (superestructuras, extensiones de cuerpo, patas, ángulos de espera, parrillas, herrajes, crucetas, pernos, tuercas normales y de seguridad, arandelas, escalera de pernos, dispositivos antiescalatorios, señales, suspensiones, amarres de conductores, entre otros) que se ensamblan en el punto hasta conformar la totalidad de la estructura. En la **Figura 2-34**, se presentan esquemas típicos de configuraciones de postes y de cimentaciones típicas para postes. (Ver 4. Anexos Descripción del proyecto/4.2 Diseños Tipo/ Diseño tipo poste3 y Diseño tipo cimentación postes)

- Plomado

Una vez se encuentran hincadas las estructuras se verifica que estas se encuentren con la verticalidad requerida utilizando instrumentos y herramientas de plomada y nivelación.

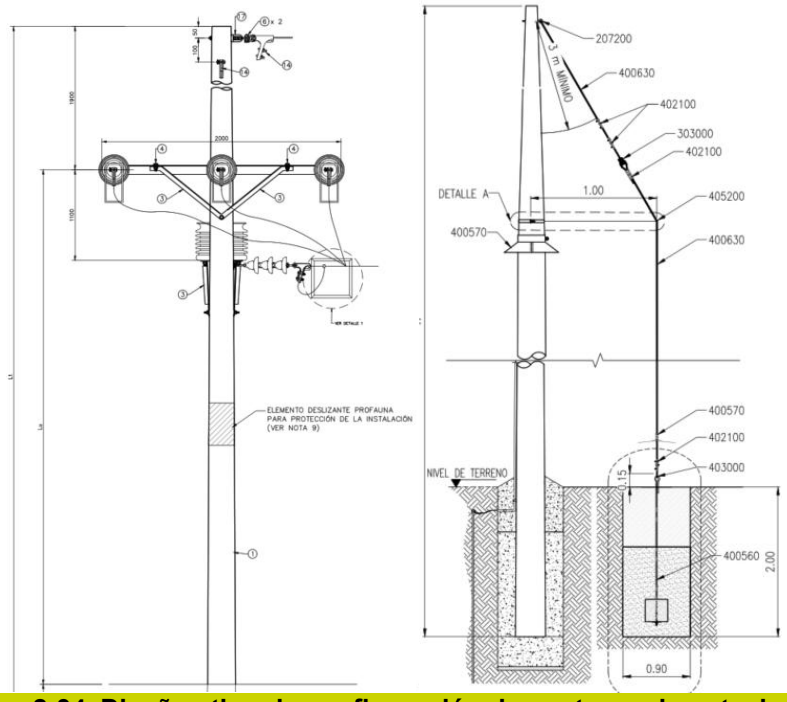
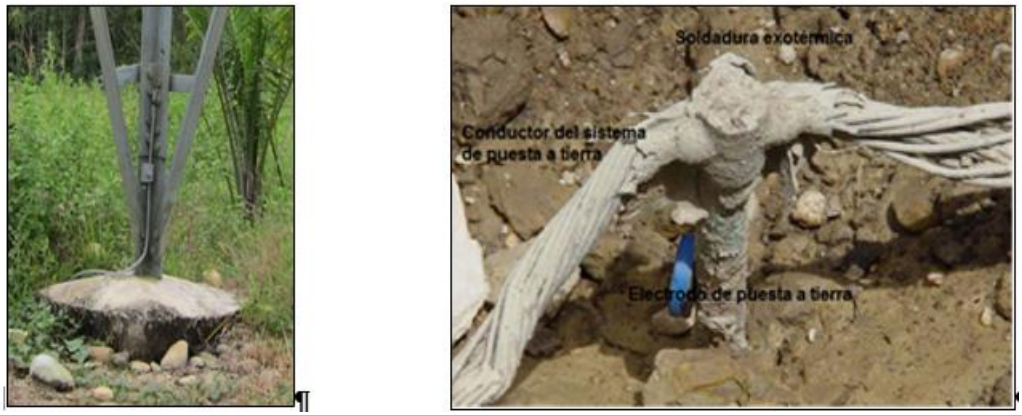


Figura 2-34 Diseños tipo de configuración de postes y cimentaciones
Fuente: 4. Anexos Descripción del proyecto/4.2 Diseños Tipo/ Diseño tipo poste3 y Diseño tipo cimentación postes. ECOPETROL S.A, 2025

- Construcción de sistemas 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 (Ver **Fotografía 2-33**).

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.



Fotografía 2-33 Sistema puesta a tierra
Fuente: ECOPETROL S.A, 2025

- Montaje de Apoyos

El montaje de estructuras depende del tipo de esta, es decir, la forma de realizar la actividad depende de si es torre o poste. Para la torre van las líneas que operen a un nivel de tensión Vc.a.= 115 kV o menor, que correspondan a redes troncales (interconexión entre centros de maniobra y transferencia). En contraste con los postes que soportan aquellas que correspondan a la interconexión del sistema fotovoltaico con el CPF.

Para el caso de torres, constituyen los elementos de soporte de los cables conductores de las líneas eléctricas y sus dimensiones dependen de diversos factores (previstos en diseño) tales como disposición de conductores (triangular, horizontal, vertical), distancia entre conductores, dimensiones y formas de los aisladores, flechas de los conductores, alturas de seguridad (muy importantes cuando hay cruces con otra infraestructura o con cuerpos de agua, función mecánica, forma de soportar las cargas, etc.).

Los materiales que se utilizan en la fabricación de las estructuras son el acero y el aluminio. Dichas estructuras están regidas por normas internacionales tales como ANSI/ASCE 10-97 para el diseño y como mínimo las ASTM para los materiales de construcción.

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 se ensamblan en terreno. Con base en la clase de acceso y modalidad de transporte requeridos en cada sitio de 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.

Según las condiciones del terreno y dadas las características de las zonas de ubicación de apoyos, la construcción y montaje de estas puede desarrollarse de dos formas:

- Izando piezas una a una y realizando su montaje sobre la propia torre mediante pluma o grúa (Ver **Fotografía 2-34**).
- Realizando un armado previo de la estructura en el suelo y su posterior izado mediante grúas pluma de tipo pesado (Ver **Fotografía 2-35**).



Fotografía 2-34 Montaje sobre propia torre mediante Grúa
Fuente: ECOPETROL S.A, 2025



Fotografía 2-35 Montaje de armado previo de estructura, mediante pluma
Fuente: ECOPETROL S.A, 2025

Cuando se trata de postes, el montaje es mucho más sencillo dado que su tamaño es mucho menor comparado con el de las torres al igual que la cimentación y adecuación de terreno necesaria para el hincado de los mismos. Para este proceso, previamente se realiza la adecuación de terreno consistente en una excavación con una profundidad aproximada de 2.5 m (sin embargo, este dato depende estrictamente de lo determinado por diseño) con un diámetro aproximado de 0.8 m. En esta perforación es en la cual descansa el poste para su posterior alineamiento y nivelación. El izado se realiza por medio de grúas (Ver **Fotografía 2-36** y **Fotografía 2-37**).



Fotografía 2-36 Izado de postes mediante grúa
Fuente: ECOPETROL S.A, 2025



Fotografía 2-37 Alineación de postes
Fuente: ECOPETROL S.A, 2025

- Cruces con cuerpos de agua

Si bien las líneas eléctricas tienen la posibilidad de cruzar cuerpos de agua sin intervenir su cauces o rondas, eventualmente se tendrán cuerpos de agua que, dada su condición y ronda asociada, representan vanos de gran longitud lo que los hace, en muchos casos, técnica y económicamente inviables. En este sentido, se tendrán apoyos (postes, torrecillas y/o torres) que deberán ser ubicadas en las rondas de determinados cuerpos de agua por lo que estas se incluyen en la solicitud de ocupaciones de cauce (ver Capítulo 4 Demanda, uso, aprovechamiento y/o afectación de recursos naturales) y cuyas cimentaciones atenderán las condiciones propias del terreno según lo arrojen los correspondientes estudios de suelo. Los apoyos que se consideran en las ocupaciones de cauce podrán ser ubicados en ambas márgenes del cuerpo de agua, en las rondas de estos.

- Instalación, izaje, montaje de infraestructura para líneas eléctricas (Incluye anclajes, templetes, cable de guarda, tendido y tensionado) (A-23)

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 clasifica, almacena y controla su despacho y desde allí se lleva a las estaciones de tendido. La fase de tendido se inicia en el momento que se encuentren debidamente izados los apoyos (torres o postes) 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 sirve como calle de tendido).

Para el caso de las líneas eléctricas que operen a 115 kV, el tendido del conductor se realiza por medio de máquinas de freno a tensión controlada (Ver **Fotografía 2-38**). 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. Inicialmente, se hace a mano (sin ayudas mecánicas) la riega de pescante o cable mensajero (generalmente de nylon o polipropileno) con el cual se halan los conductores de acero con la ayuda de la máquina de freno. Se debe evitar para cualquiera de las opciones de tendido, el roce o fricción fuerte entre estos y el suelo o la copa de los árboles.



Fotografía 2-38 Máquina de freno para el tendido de conductores
Fuente: ECOPETROL S.A, 2025

En el tensado (halado de cables a determinada tensión) la tensión a la cual se someten tanto los cables conductores como los de guarda, debe ser medida utilizando dinamómetros instalados en cada extremo de la serie (máquina de tiro y máquina de freno). Finalmente, se hace la instalación, montaje y conexión de la cadena de aisladores, que se encargan de “aislar” físicamente los conductores eléctricos de los apoyos (Ver **Fotografía 2-39** y **Fotografía 2-40**).



Fotografía 2-39 Montaje de aisladores
Fuente: ECOPETROL S.A, 2025



Fotografía 2-40 Instalación de aisladores
Fuente: ECOPETROL S.A, 2025

✓ Operación de generadores (A-25)

Un generador eléctrico funciona convirtiendo la energía mecánica en eléctrica. Esto es posible por la intervención de dos de sus elementos, el rotor (es la parte giratoria) y el estátor (es la parte estática). Con su interacción se genera un flujo magnético que se convierte en electricidad.

La principal característica de un generador eléctrico es la capacidad que tiene para convertir la energía mecánica en energía eléctrica. Esta conversión se realiza mediante un proceso en el que un movimiento mecánico, como el de un motor o turbina, genera un campo magnético que a su vez genera una corriente eléctrica.

Los generadores eléctricos industriales son máquinas que se utilizan para generar electricidad. Sobre todo, en sitios que no son capaces de hacerlo o en lugares que precisan de más energía, ya sea por falta de infraestructura o cortes constantes

➢ **Etapa Operativa**

✓ Mantenimiento de infraestructura eléctrica (incluye el derecho de vía) (A-44)

Se realizarán reparaciones locativas o cercanas a las estructuras de apoyo (cuando así se requiera), mantenimiento de taludes (corte y relleno), mantenimiento de obras de arte, así como de sistemas de recolección de aguas lluvias entre otras.

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, 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 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, en el caso de las líneas eléctricas, se prevén (entre otros) recorridos periódicos a lo largo de las mismas tal que permitan determinar la necesidad de limpieza de los aisladores o cambio de alguna de las piezas del sistema. En la **Tabla 2-58** se resumen las inspecciones mínimas a realizar y las actividades a desarrollar dada la inspección.

Tabla 2-58 Inspecciones y actividades mínimas a realizar en el mantenimiento de líneas

INSPECCIONES	ACTIVIDAD
Franja de servidumbre y base de las estructuras	Poda de vegetación bajo la línea y en la base de las estructuras
Estructuras	Limpieza y/o remarcado de las placas de identificación. Cambio de herrajes oxidados y/o fracturados. Limpieza de las bases. Revisión del estado de compactación. Construcción y/o limpieza de cunetas. Revisión de drenajes
Cadena de aisladores	Limpieza y/o cambio de aisladores
Conductores y sistemas de sujeción	Identificación, señalización, secuencia
Puesta a tierra	Ajuste de conexiones. Medida de resistividad. Revisión de señalizaciones
Servidumbres de circuitos media y alta tensión	Corresponde a poda de individuos ubicados dentro de las servidumbres de las redes aéreas de distribución y transmisión de energía en media y alta tensión correspondientes al proyecto Bucare, para evitar fallas en circuitos causadas por vegetación. También se definen los aspectos Ambientales, de Seguridad Eléctrica e Industrial que se deben cumplir para ejecutar estas actividades de una manera segura, sin afectación a la salud, al medio ambiente ni afectaciones a la operación. Periodicidad semestral.
Redes de distribución media tensión	Inspección de las Redes de Distribución de Energía Eléctrica de 34.5 y 4.16 kV, con el fin de detectar anomalías que puedan provocar interrupciones en el suministro de energía eléctrica en el proyecto Bucare. Dentro de los componentes de las redes eléctricas existe sistemas de puesta a tierra, aisladores de porcelana, cortacircuitos, descargadores de sobretensión (DPS), cableado ACSR expuesto los cuales requieren se verifique su estado además se identifique riesgos para los seres vivos y equipos por acercamientos. Periodicidad Semestral.
Redes eléctricas media tensión	-Contempla la verificación del suministro adecuado de energía en todas las facilidades de la GDA, realizando las maniobras necesarias a través de Interruptores-Seccionadores-reconectadores y cañuelas de expulsión). Asegura los riesgos eléctricos en todas las operaciones con maquinaria y trabajos cerca a redes eléctricas. Periodicidad diaria.

Fuente: ECOPETROL S.A, 2025

Se realiza el despeje, limpieza y rocería continuos de la franja de servidumbre durante la vida útil de operación y funcionamiento de las líneas, evitando, además, la ubicación de cualquier elemento u objeto extraño en la franja de servidumbre (por ejemplo, viviendas, corrales, escombros, entre otros).

- **Desmantelamiento, abandono y restauración**

✓ Desmantelamiento de instalaciones, retiro de equipos e infraestructura y salida de maquinaria. (A-46)

En lo referente a procesos de generación de energía se realizará el desmantelamiento y retiro de equipos accesorios de los procesos de generación de energía, los mismos (en función de su estado) podrán ser utilizados en otros lugares donde se requieran y en el caso de haber cumplido con su vida operativa serán retirados y almacenados para su posterior chatarrización.

✓ Demolición y desmonte de infraestructura (A-49)

Se hace el retiro de materiales que pueden ser reutilizados o reciclados y se procede a la demolición controlada a través del uso de equipos de corte o cizallas (o cualquier otro equipo que pueda servir en la demolición).

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.

Por otra parte, es importante mencionar que en el marco de la Resolución 1257 de 2021 “Por la cual se modifica la Resolución 412 de 2017 sobre la gestión integral de residuos de construcción y demolición – RCD y se adoptan otras disposiciones”, se podrán realizar aprovechamiento de los RCD generados entre este y otros Campos aledaños, para su uso en diferentes proyectos, en cumplimiento con las disposiciones establecidos en la mencionada resolución.

Para el alcance de esta estrategia, esta actividad se ejecutará específicamente para todas las estructuras de apoyo (cimentación y estructura metálica) e infraestructura conexa.

- ✓ Limpieza de áreas (A-50)

Una vez se ha desmontado la infraestructura, equipos y demoliciones se procede a dejar el sitio libre de escombros y residuos y en condiciones seguras para su uso futuro o para la restauración a sus condiciones iniciales. Se realiza entonces el retiro de escombros, residuos y materiales sobrantes producto del desmantelamiento (estructuras metálicas, cables, restos de equipos, etc.) y se hace la debida separación y clasificación de estos de acuerdo con su naturaleza, características y opciones de uso y/o reciclaje. Se finaliza con una limpieza del área garantizando el retiro de cualquier sobrante o residuo generado como tal en el desmantelamiento.

- ✓ Reconformación del terreno, empradización y/o revegetalización (A-51)

En algunos casos, es posible que se deba realizar una restauración del área para devolverla a su estado original o para prepararla para un nuevo uso. Esto puede incluir la nivelación del terreno, la siembra de vegetación, la reparación de estructuras circundantes, o cualquier otra acción necesaria para asegurar que el sitio esté en buenas condiciones.

La reconformación del terreno se inicia con la nivelación y restauración del área inicialmente intervenida (zonas excavadas y/o rellenadas durante la construcción y operación de la instalación); una vez se cuenta con un terreno conformado, se procede a la empradización (siembra de césped u otro en el área de intervenida) que ayuda a estabilizar el suelo, prevenir la erosión y mejorar la apariencia del sitio. Además de la empradización, es posible realizar la siembra de árboles o plantas que permitan la restauración del paisaje (revegetalización).

Cabe precisar que, si bien anteriormente se describió una empradización y revegetalización inducida, es posible que, por las condiciones ambientales del área, estas se den de manera natural ante lo cual no sería necesario el forzar la restauración más allá de la reconformación del terreno.

- ✓ Cierre de compromisos socio ambientales (A-52)

Esta actividad se realizará al finalizar la totalidad de las operaciones en el Campo. Su principal objetivo es de realizar el seguimiento y la entrega de las áreas intervenidas donde se valida el cumplimiento de la gestión ambiental, buscando que la entrega de las áreas intervenidas, se encuentren en condiciones iguales o mejores a las que se identificaron en la línea base del proyecto, lo cual debe ser soportado con las evidencias documentarles como actas, informes y registros fílmicos y fotográficos.

El uso final del suelo de las vías de acceso y facilidades será el mismo que se tenía antes de la intervención. Para el caso de las vías, se establecerá con el propietario, previa aprobación por parte de ANLA si este considera dejar tal como están (haciendo responsable de su mantenimiento al propietario por medio de acta) o ser devueltas a su condición original en cuanto a uso del suelo se refiere.

Se cumplirá con el programa de compensación para el medio biótico, mediante las actividades de reforestación, buscando la regeneración natural y promover la vocación de conservación de los

ecosistemas sensibles como de las especies de fauna asociadas a estos ecosistemas. Este proceso se lleva a cabo una vez que se han cumplido todas las condiciones y requisitos establecidos en el acto administrativo de licenciamiento.

Para el Medio Socioeconómico se realiza el seguimiento y cierre a los compromisos derivados del PMA y PBC, los cuales están orientados a mantener informados y atender las PQRS a los grupos de interés como: Autoridades locales, comunidades, asociaciones y agremiaciones, propietarios de predios, y los programas de capacitación y fortalecimiento institucional y comunitario en sectores distintos a hidrocarburos ejecutados durante la operación como alternativa de implementar nuevas prácticas económicas y reactivación o recuperación de la vocación económica del territorio.

- **Actividades transversales**

La descripción de las actividades transversales, son las utilizadas en todas las estrategias de desarrollo y de manera general, se describen en la Tabla 2.3 del subcapítulo 2.2.2 Estrategias de Desarrollo contempladas en el presente estudio de impacto Ambiental para el Área de Desarrollo Bucare.

2.2.2.6.1.5 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, las áreas de ubicación se buscarán 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 ubicación de estas instalaciones, se establecerán de acuerdo con los resultados y donde lo permita la zonificación ambiental del presente Estudio de Impacto ambiental y de acuerdo con las consideraciones que sean emitidas por parte de la Autoridad Ambiental.

2.2.2.6.1.6 Movimientos de tierra

Para la construcción de las líneas eléctricas se estima un movimiento de tierras tal como se observa en la **Tabla 2-59**. Donde se estima para el cálculo del descapote un espesor promedio de 0,20 m y para la excavación un espesor promedio en áreas de soportes de 2,50 m en un área promedio estimada por apoyo de 36 m2 (6m x 6m); 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 100% del volumen excavado; sin embargo, si existe algún excedente de material, este será dispuesto en los ZODME autorizados o distribuido en áreas aledañas que requieren nivelación o realizar adecuaciones paisajísticas. (Ver el anexo 4. Anexos Descripción del Proyecto/4.5 Movimiento de tierras).

Tabla 2-59 Movimiento de tierras estimado en la instalación de líneas eléctricas

TIPO DE ACTIVIDAD	LONGITUD MÁXIMA (km)	ANCHO DERECHO DE VÍA (m)	ÁREA (ha)	LONGITUD PROMEDIO ENTRE CADA ESTRUCUTRA DE APOYO (m)	CANTIDAD DE ESTRUCTURAS DE APOYO	AREA INTERVENCIÓN PROMEDIO POR ESTRUCTURA DE APOYO (6mX6m)	ESPESOR DESCAPOTE (m)	VOLUMEN DESCAPOTE (m3)	ESPESOR PROMEDIO DE EXCAVACIÓN (m)	VOLUMEN EXCAVACIÓN (m3)	ESPESOR PROMEDIO DE RELLENO (m)	VOLUMEN RELLENO (m3)
Construcción de líneas de distribución eléctrica para niveles de tensión entre 34,5 kV y 115 kV,	Hasta 28 km	Hasta 20 m	560000	100	280	36	0,20	2016	2,50	25200	2,50	25200
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 se reutilizará para relleno el 100% del volumen total de excavación; sin embargo, si existen sobrantes de excavación, estos excedentes podrán ser dispuesto en las ZODME autorizadas o distribuido en áreas aledañas que requieren nivelación.												

Fuente:4. Anexos Descripción del Proyecto/4.5 Movimiento de tierras. ECOPETROL S.A, 2025

En el caso en el cual el material obtenido del corte no sea suficiente para cubrir las necesidades de los llenos, 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.

2.2.2.6.1.7 Estimativos de maquinaria, equipos

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, grúas), 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 2-60**.

Tabla 2-60 Estimativo de maquinaria y equipos para la construcción e instalación de 1 Km de línea eléctrica

MAQUINARIA Y EQUIPOS	CANTIDAD
Retroexcavadoras.	2
Compactadores y Vibro compactadoras.	1
Compactadores manuales (Apisonador o canguro, placa vibradora o rana).	2
Grúas telescópicas	2
Bus o buseta y/o vans	1
Camioneta doble cabina	1
Carrotanque	1
Mezcladora (Trompo)	1

MAQUINARIA Y EQUIPOS	CANTIDAD
Tensores y cabrestantes (Winches)	1
Poleas	12-18
Tensionador de conductores	1
Torres/mástiles de montajes	2-3 juegos
Equipos de prueba (megohmetro, microhmetro)	1 juego completo
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: ECOPETROL S.A, 2025

2.2.2.6.1.8 Estimativo de mano de obra

En cuanto a la ejecución de las actividades de obra civil para el desarrollo del proyecto, es necesario contar con una cantidad de veintiséis (26) personas distribuidas entre mano de obra calificada (MOC) y mano de obra no calificada (MONC), cantidad que podrá variar de acuerdo con los requerimientos del proyecto. En la **Tabla 2-61**, se relaciona el personal estimado para la instalación y operación de líneas eléctricas. 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 2-61 Personal estimado para la instalación y operación de líneas eléctricas

CARGO	NO. DE PERSONAS	MANO DE OBRA
Ayudantes	10	MONC
Oficiales	3	MONC
Linieros	4	MONC
Supervisor	1	MOC
Topógrafo	1	MOC
Cadenero	1	MONC
Director de obra	1	MOC
Ingeniero residente	1	MOC
Técnico en líneas de distribución eléctrica	2	MOC
Conductores	2	MOC
Total	**26**	

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: ECOPETROL S.A, 2025

2.2.2.6.1.9 Asentamientos humanos e infraestructura social, económica y cultural a intervenir

El proyecto Área de Desarrollo Bucare, 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 (i.e: 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 Bucare) en el presente EIA se incluye medidas para su manejo.

2.2.2.6.1.10 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 Área de Desarrollo Bucare; en este sentido, fueron identificados y evaluados los impactos “Alteración a la concentración de contaminantes criterio y sustancias toxicas en el 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 de 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, generadas durante el desarrollo del proyecto.
- ✓ Formular las acciones de control para el manejo de los impactos sobre la calidad de aire enfocándose en la reducción del material particulado y gases provenientes de las fuentes fijas o dispersas y fuentes móviles.
- ✓ Garantizar el cumplimiento de la normativa ambiental vigente en materia de calidad del aire, a través del monitoreo, reporte y mejora continua de las medidas de control implementadas.

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.

2.2.2.6.1.11 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:

[1] Definido como: Cambio en las concentraciones de los contaminantes criterio y/o tóxicos en el aire producto de las emisiones generadas como consecuencia de un proyecto, obra o actividad.
[2] Definido como: Cambio en los niveles de ruido ambiental como consecuencia de la emisión de ruido de un proyecto, obra o actividad.

Es importante señalar que las actividades de mantenimiento necesarias dentro de la instalación y operación de líneas eléctricas se encuentran inmersas dentro de la etapa operativa, específicamente por medio de la actividad “Mantenimiento de infraestructura eléctrica (incluye el derecho de vía) (A 44)”.

2.2.2.6.1.12 Sistemas y fuentes de generación de energía

Los procesos constructivos que se requieren para la instalación de los sistemas que conforman la estrategia requerirán de energía eléctrica que podría ser suplida a través de generadores eléctricos en sitio o según lo proyectado en la estrategia de desarrollo. Por su parte, para la operación, el suministro de energía eléctrica será tomado a través de redes eléctricas en función del avance de la estrategia de desarrollo y de acuerdo con lo proyectado en la estrategia de desarrollo 2.2.2.6. Generación y operación de energía eléctrica.

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. Una vez llegue a las facilidades, podrá ser almacenado en tanques debidamente señalizados y se emplean todas acciones orientadas a prevenir derrames.

2.2.2.6.1.13 Desmantelamiento y restauración de las áreas intervenidas por la actividad constructiva

Todas las instalaciones construidas en función del suministro de energía serán retiradas una vez se decida abandonar el área, 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.

El alcance de las subactividades de desmantelamiento y restauración de áreas intervenidas fueron descritas anteriormente y se listan a continuación:

- ✓ Desmantelamiento de instalaciones, retiro de infraestructura y equipos, salida de maquinaria (A-46).
- ✓ Demolición y desmonte de infraestructura (A-49).
- ✓ Limpieza de áreas (A-50).
- ✓ Reconformación del terreno, empradización y/o revegetalización (A-51).
- ✓ Cierre de compromisos socio ambientales (A-52).

De otra parte, para el desmantelamiento de líneas eléctricas se plantean las siguientes alternativas:

- ✓ El comisionamiento de líneas de transmisión y/o distribución eléctrica a las empresas prestadoras de este servicio público.
- ✓ Desmantelamiento y retiro de los equipos, materiales y estructuras utilizadas para el desarrollo de la actividad de transporte y distribución de energía eléctrica, dejando la zona en condiciones iguales o mejores a las encontradas antes de su construcción.
- ✓ La gestión con empresas prestadoras de este servicio público para revisar la posibilidad de entregarse al Sistema de Trasmisión Nacional.

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”.

2.2.2.6.1.14 Duración de las obras, etapas y cronograma de actividades

A continuación, en la **Tabla 2-62** se estima el cronograma de actividades para la instalación y operación de 1 Km de línea eléctrica de 34,5 kV ó 115 kV, los tiempos en la ejecución de dichas actividades, podrán cambiar de acuerdo con las necesidades del proyecto y las condiciones particulares en cada trazado.

Tabla 2-62 Cronograma estimado en la construcción de 1 km de línea eléctrica

ETAPA	SUBETAPA	ID	ACTIVIDAD	TIEMPO (SEMANAS)							
				1	2	3	4	5	6	7	8
ETAPA PREOPERATIVA		A-01	Adquisición de predios y derechos de servidumbres								
CONSTRUCTIVA	INFRAESTRUCTURA ELÉCTRICA Y/O AUTOGENERACIÓN (LE, CM, CD, SE e infraestructura conexa)	A-21	*Despeje de servidumbre para instalación de la línea (incluye replanteo, desmonte, descapote y limpieza)*								
		A-22	*Adecuación de los sitios para el hincado, plomado y cimentación de estructuras de apoyo (Incluye sistema de puesta a tierra)*								
		A-23	*Instalación, izaje, montaje de infraestructura para líneas eléctricas (Incluye anclajes, templetes, cable de guarda, tendido y tensionado)*								
		A-25	*Operación de Generadores*								
OPERATIVA	MANTENIMIENTO	A-44	*Mantenimiento de infraestructura eléctrica (incluye el derecho de vía)*								
DESMANTELAMIENTO, ABANDONO Y RESTAURACIÓN		A-46	*Desmantelamiento de instalaciones, retiro de equipos e infraestructura y salida de maquinaria.*	Las actividades de desmantelamiento, abandono y restauración contemplan el desmantelamiento y restauración de todas las áreas intervenidas para la ejecución de las actividades correspondientes a la presente estrategia de desarrollo. Su principal objetivo es recuperar y mejorar ambientalmente dichas áreas, para esto se llevará a cabo un plan de acción que contemple el restablecimiento de las condiciones ambientales anteriores a la intervención							
		A-49	Demolición y desmonte de infraestructura								
		A-50	Limpieza de áreas								
		A-51	Reconformación del terreno, empradización y/o revegetalización								
		A-52	Cierre de compromisos socio ambientales								
ACTIVIDADES TRANSVERSALES		A-53	*Contratación de mano de obra*	Las actividades transversales son ejecutadas a lo largo de todas las etapas del proyecto, razón por la cual no cuentan con un cronograma de ejecución de actividades específico							
		A-54	*Adquisición de bienes y servicios*								
		A-55	*Transporte terrestre y/o aéreo de materiales, equipos,*								

ETAPA	SUBETAPA	ID	ACTIVIDAD	TIEMPO (SEMANAS)							
				1	2	3	4	5	6	7	8
			maquinaria, insumos y personal								
		A-56	*Instalación y operación de campamentos temporales*								
		A-58	Uso de productos químicos, lubricantes y combustibles								
		A-59	*Captación, transporte, almacenamiento y distribución de agua superficial para uso doméstico e industrial*								
		A-60	*Captación, transporte, almacenamiento y distribución de agua subterránea para uso doméstico e industrial*								
		A-61	*Gestión (Manejo, tratamiento y disposición final) de residuos líquidos domésticos y no domésticos*								
		A-62	*Gestión (Manejo, tratamiento y disposición final) de residuos sólidos*								
		A-63	*Manejo y disposición de residuos peligrosos*								
		A-64	Reubicación de infraestructura de servicios públicos								

Nota 1: Las actividades de ejecución y los tiempos estimados podrán variar en función de las necesidades y condiciones de cada proyecto (PMAE).
Nota 2: Las actividades de las etapas preoperativa y transversales, se deben ejecutar de acuerdo con los alcances específicos de cada PMAE
Nota 3: Las actividades de mantenimiento se ejecutarán de acuerdo con las necesidades del campo y desarrollo del mismo.
Fuente: SGI S.A.S, 2025

2.2.2.6.2 Instalación y operación de centros de Maniobra CM, Centros de distribución CD y/o subestaciones eléctricas SE. (ED17)

Una subestación eléctrica es aquella infraestructura que permite el recibo de energía eléctrica a un nivel de tensión y lo entrega a otro, mayor o menor, en función de las cargas, distancia de transporte, nivel de confiabilidad, entre otras consideraciones técnicas. Los Centros de Maniobra -CM- y los Centros de Distribución de Potencia -CD- son, de manera general, subestaciones de mayor envergadura y capacidad de manejo de energía eléctrica pero su principio de funcionamiento es el mismo.

El área de Desarrollo Bucare, contará además de los CM y CD, con subestaciones eléctricas -SE- ubicadas específica y estratégicamente en las áreas de infraestructura proyectada como son plataformas (Locaciones), facilidades y, en general, en toda aquella infraestructura cuyos procesos, áreas operativas y de apoyo, requieran energía eléctrica en un nivel de tensión específico.

2.2.2.6.2.1 Cantidades requeridas para el Área de Desarrollo Bucare

El área de Desarrollo Bucare estima la necesidad de construir un (1) centro de Distribución de potencia (CD), un (1) centro de maniobra para el recibo y entrega de potencia eléctrica (CM) y

subestaciones eléctricas al interior de cada Locación o facilidad de acuerdo con lo señalado a continuación en la **Tabla 2-63**.

Tabla 2-63 Solicitud de centros de maniobra, centros de distribución y subestaciones eléctricas

ESTRATEGIAS DE DESARROLLO	OBJETO SOLICITUD	CANTIDADES Y/O ÁREAS
Instalación y operación Centros de Maniobra -CM-, Centros de Distribución -CD- y/o Subestaciones Eléctricas -SE-	Centro de Distribución de Potencia - CD- para el recibo y entrega de potencia a 115 / 34,5 kV.	Número de CD: 1 Área: hasta 6 Ha
	Centro de Maniobra -CM- para el recibo y entrega de potencia a 115 / 34,5 kV.	Número de CM: 1 Área: hasta 3 Ha
	Subestaciones Eléctricas -SE	Una subestación por cada locación, facilidad y/o infraestructura que requiera suministro de energía eléctrica. Su área hace parte integral de cada locación, facilidad y/o infraestructura que requiera suministro de energía eléctrica, por lo tanto, no se requieren áreas adicionales.

Fuente: ECOPETROL S.A, 2025

2.2.2.6.2.2 Alternativas de ubicación y selección de sitios (Criterios técnicos, tecnológicos y ambientales)

El área de Desarrollo Bucare requiere, para una transmisión y/o distribución de potencia eficiente, segura y confiable, de la construcción y operación de un (1) Centro de Distribución de Potencia -CD, un (1) Centro de Maniobra -CM-; adicionalmente, requiere de la construcción y operación de subestaciones eléctricas -SE- en aquellas locaciones, facilidades y demás infraestructura que requiera suministro de energía eléctrica.

El Centro de Potencia -CD- se proyectará con una ubicación estratégica que permita el recibo de energía eléctrica procedente de los diferentes sistemas de generación y/o de conexión con redes y/o sistemas de campos aledaños (o del Sistema Interconectado Nacional -SIN-) y la entrega hacia los Centros de Maniobra -CM-, cargas y/o subestaciones de la infraestructura del Campo, tal que se logren las menores pérdidas de potencia tanto en recibo como en entrega en un punto de conexión de consumo. Así mismo, los Centros de Maniobra se ubicarán de forma tal que permitan tener una cobertura de las cargas del campo buscando lograr una equidistancia tanto física como eléctrica. Con la debida distribución del CD y los CM en el Área de Desarrollo Bucare se logrará tener cobertura de las cargas de manera eficiente y confiable buscando que los tramos de líneas eléctricas entre estos y las cargas sean lo más corto posibles en procura de la menor intervención en superficie.

Por su parte, las subestaciones eléctricas en los puntos de consumo serán parte integral de las áreas concebidas para cada una de las estrategias de desarrollo, ajustándose tanto a sus requerimientos técnicos de demanda como a las condiciones generales en materia de zonificación de manejo ambiental. Las condicionantes de zonificación de manejo ambiental aplican tanto para el CD como para los CM y las subestaciones eléctricas -SE-.

2.2.2.6.2.2.1 Criterios técnicos

- ✓ Mejora la confiabilidad del suministro de energía eléctrica; dado que es posible reconfigurar fácil y rápidamente una red eléctrica, transportando energía eléctrica a través de distancias significativas con bajas pérdidas, se reduce la probabilidad de interrupciones y el uso de generadores de soporte ante eventuales salidas del sistema.

- ✓ Las líneas de media y alta tensión tienen mayor capacidad de carga en comparación con líneas de menor voltaje, lo que las hace adecuadas para el transporte de grandes cantidades de carga utilizando menores elementos en la instalación.
- ✓ Las líneas de media y alta tensión experimentan menos pérdidas de energía durante la transmisión y/o distribución debido a las menores corrientes que circulan a través de ellas, lo que mejora la eficiencia del sistema.

2.2.2.6.2.2.2 Criterios tecnológicos

- ✓ 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.
- ✓ Las redes eléctricas de media y alta tensión permitirán la integración entre los centros de generación, subestaciones, CD, CM, existentes en campos y/o bloques operados por Ecopetrol S.A. (inclusive con el SIN), así como la integración de las diferentes fuentes de energía renovables previstas para el Área de Desarrollo Bucare y las de campos y/o bloques de la empresa.
- ✓ En el marco de la economía circular, en el Área de Desarrollo Bucare, 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.

2.2.2.6.2.2.3 Criterios ambientales

- ✓ El transporte de energía en media y alta tensión se hace a través de corredores de ancho moderado (en cumplimiento de la normatividad vigente), evitando, como en el caso de menores tensiones, la necesidad de implementar mayor número de corredores en paralelo para mover iguales cantidades de energía.
- ✓ La infraestructura de líneas eléctricas de media y alta tensión suele ser más compacta y vertical en comparación con redes de menores tensiones, lo que disminuye la interferencia en los movimientos de la fauna.

2.2.2.6.2.3 Procesos de producción y manejo de fluidos (Crudo, agua y gas, entre otros)

En los CD, CM y/o subestaciones eléctricas – SE, no se llevarán a cabo procesos de producción y de manejo de fluidos; no obstante, se aprovecha este apartado de los términos de referencia para describir los procesos, que, en este tipo de infraestructura, se llevan a cabo. Los CD, CM y/o subestaciones eléctricas - SE, están conformados básicamente por los siguientes equipos y sistemas, sin que implique que sean los únicos (los descritos solo representan el mínimo de equipos sobre los cuales recae el funcionamiento de este tipo de instalaciones). (Ver **Figura 2-35**).



Figura 2-35 Esquema de Subestación e infraestructura eléctrica para (CD y CM)
Fuente: ECOPETROL S.A, 2025

- ✓ Transformadores: Utilizados para elevar y/o disminuir los niveles de tensión según las necesidades (transmisión, distribución y/o consumo).
- ✓ Interruptores: Dispositivos de control que permiten el flujo o interrupción de la corriente eléctrica, facilitando la conexión y/o desconexión de secciones de la red para mantenimientos y/o controles de carga.
- ✓ Seccionadores: Dispositivos utilizados que permiten aislar secciones específicas de la red. A diferencia de los interruptores, los seccionadores operan para apertura y cierre en condiciones sin carga.
- ✓ Bancos de capacitores: Controlan la calidad y mejoran la eficiencia del sistema en general, compensando la energía reactiva.
- ✓ Barras y conductores: Elementos de conexión que permiten el flujo de energía entre los diferentes componentes de la subestación.
- ✓ Pórticos: Estructuras metálicas o de hormigón (típicamente construidos con columnas verticales unidas por vigas horizontales en la parte superior) que se utilizan para soportar y sostener los conductores de recibo / entrega de la energía eléctrica, dando soporte estructural y permitiendo el adecuado tendido y enrutamiento de la red.
- ✓ Sistema de apantallamiento: Conjunto de equipos que minimizan los efectos de eventuales descargas atmosféricas, protegiendo a las personas, instalaciones e infraestructura circundante.
- ✓ Sistema de puesta a tierra: Sistema que limita las elevaciones de potencial (aumento de tensiones) al momento de presentarse una falla, reduciendo las probabilidades de lesiones o daños y ajustando las tensiones de paso y de contacto a valores soportables y permisibles.

La energía eléctrica llega a estas instalaciones (CD, CM y/o subestaciones) a través de las líneas eléctricas 34,5/115 kV que se construyan y operen en el Área de Desarrollo. Esta energía, procedente de los sistemas de generación de energía eléctrica e ingresa a través de los pórticos de entrada haciendo la recepción de la energía; esta energía ingresa al transformador donde se eleva o disminuye el nivel de tensión según el requerimiento de salida (transmisión, distribución y/o alimentación de cargas).

La energía transformada sale a través del pórtico de salida donde se entrega a la red o cargas del sistema; si la entrega es para cargas, caso de subestaciones, podrá hacer una transición de red aérea a subterránea donde los conductores irán enterrados inmersos en tuberías que técnicamente se adecúen a las necesidades de la instalación. Se estima que el sistema en general opere a un nivel de tensión de hasta 115 kV, sin embargo, este podrá ser superado en función de los requerimientos del proyecto ajustándose a las áreas requeridas para los CD, CM y/o subestaciones.

Es importante reiterar que los equipos descritos son los básicos y que su cantidad, tecnología y demás podrá variar en función de las capacidades de transmisión, distribución y/o demanda. Además, se podrán instalar equipos adicionales que aseguren la operación segura y eficiente del sistema. Además, toda la infraestructura a ser ejecutada bajo esta estrategia de desarrollo, se ejecutará en cumplimiento con normatividad vigente establecida en el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas - RETIE.

- o Subestaciones eléctricas

Una subestación eléctrica es el conjunto de equipos y dispositivos necesarios para la transformación, medición, protección y/o seccionamiento de la energía eléctrica y sus cargas asociadas. Para el proceso de transformación los dispositivos utilizados son los “transformadores”, los cuales se encargan de convertir un nivel de tensión en otro conservando al máximo la potencia manejada. La **Fotografía 2-41**, presenta a manera de ejemplo una subestación tipo exterior con sus elementos de transformación y protección.



Fotografía 2-41 Subestación eléctrica
Fuente: ECOPETROL S.A, 2025

2.2.2.6.2.4 Métodos constructivos y operativos

En términos generales, las actividades y etapas para la instalación y operación de la infraestructura eléctricas incluyen la asociada para los dispositivos que permiten realizar las operaciones de transformación, protección, transmisión y/o distribución de la energía eléctrica, entre otros. Para dar alcance al desarrollo de esta estrategia de desarrollo, se van a realizar actividades constructivas, operativas; de desmantelamiento y abandono, tal como se presenta a continuación en la **Tabla 2-64**.

Tabla 2-64 Actividades a ejecutar para la instalación de infraestructura eléctrica

ETAPA	SUBETAPA	ID	ACTIVIDAD
ETAPA PREOPERATIVA		***A-01***	Adquisición de predios y derechos de servidumbres
CONSTRUCTIVA	***ADECUACIÓN Y/O CONSTRUCCIÓN DE OBRAS CIVILES (Vías, Locaciones, ZODMES, Facilidades de Producción, infraestructura eléctrica y/o autogeneración)***	***A-04***	*Movimiento de tierras (excavación, cortes y rellenos)*
		A-05	*Cuneteo, extendido, nivelación y compactación*
		A-07	*Construcción y/o adecuación de obras para manejo de aguas superficiales, lluvias y aceitosas*
		A-08	*Construcción y/o adecuación de estructuras en concreto*
		A-09	*Montaje e instalación de estructuras metálicas*
		A-10	*Estabilización y/o Revegetalización de taludes*
		A-11	*Operación de maquinaria y equipos*
	INFRAESTRUCTURA ELÉCTRICA Y/O AUTOGENERACIÓN (LE, CM, CD, SE e infraestructura conexa)	***A-22***	*Adecuación de los sitios para el hincado, plomado y cimentación de estructuras de apoyo (Incluye sistema de puesta a tierra)*
		A-24	*Montaje e instalación de facilidades de producción para sistema eléctrico (transformadores, centros de maniobra, centros de distribución y subestaciones)*
		A-25	*Operación de generadores*
OPERATIVA	***INFRAESTRUCTURA ELÉCTRICA Y/O GENERACIÓN Y OPERACIÓN DE ENERGÍAS RENOVABLES***	***A-39***	Operación de líneas eléctricas, transformadores, centros de maniobra, centros de distribución y subestaciones eléctricas
	MANTENIMIENTO	***A-45***	Mantenimiento de facilidades e infraestructura asociada a generación de energía eléctrica
DESMANTELAMIENTO, ABANDONO Y RESTAURACIÓN		***A-46***	*Desmantelamiento de instalaciones, retiro de equipos e infraestructura y salida de maquinaria.*
		A-49	Demolición y desmonte de infraestructura

ETAPA	SUBETAPA	ID	ACTIVIDAD
		A-50	Limpieza de áreas
		A-51	Reconformación del terreno, empradización y/o revegetalización
		A-52	Cierre de compromisos socio ambientales
ACTIVIDADES TRANSVERSALES		***A-53***	*Contratación de mano de obra*
		A-54	*Adquisición de bienes y servicios*
		A-55	*Transporte terrestre y/o aéreo de materiales, equipos, maquinaria, insumos y personal*
		A-56	*Instalación y operación de campamentos temporales*
		A-57	Operación de ZODME
		A-58	Uso de productos químicos, lubricantes y combustibles
		A-59	*Captación, transporte, almacenamiento y distribución de agua superficial para uso doméstico e industrial*
		A-60	*Captación, transporte, almacenamiento y distribución de agua subterránea para uso doméstico e industrial*
		A-61	*Gestión (Manejo, tratamiento y disposición final) de residuos líquidos domésticos y no domésticos*
		A-62	*Gestión (Manejo, tratamiento y disposición final) de residuos sólidos*
		A-63	*Manejo y disposición de residuos peligrosos*
		A-64	Reubicación de infraestructura de servicios públicos

Nota 1: El grupo de actividades transversales es necesario y complementario para la ejecución y el desarrollo de las diferentes estrategias del proyecto
Nota 2: 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: S.G.I S.A.S, 2025

- **Etapa Preoperativa**

✓ Adquisición de predios y derechos de servidumbres (A-01)

Actividad que se asocia a la negociación con los propietarios de los terrenos, donde se proyectan las áreas de intervención para la construcción de infraestructura como vías, locaciones, facilidades de producción, infraestructura eléctrica, líneas de flujo que son propuestas por el proyecto, con el fin de realizar la negociación o constitución de las servidumbres requeridas. La negociación se realiza en atención a la Ley 1274 de 2009 “Por la cual se establece el procedimiento de avalúo para las servidumbres petrolera” (o la que se encuentre vigente al momento de ejecución del proyecto).

- **Etapa constructiva**

Las actividades en la etapa constructiva relacionada con las construcciones y/o adecuaciones de obras civiles son similares a las descritas en la Estrategia de Desarrollo ED3 en el numeral 2.2.2.1.3. Construcción de locaciones y Facilidades Tempranas de producción (FTP).

✓ Adecuación de los sitios para el hincado, plomado y cimentación de estructuras de apoyo (Incluye sistema de puesta a tierra) (A-22)

Corresponde a las actividades necesarias para conformar el sitio donde quedará instalado cada poste o apoyo, e incluye la limpieza del área, la excavación, cimentación, hincado, plomado, relleno y compactación del material. La localización y replanteo permitirá verificar los ejes y puntos de referencia principales sobre el terreno.

la excavación se realizará de forma manual o mecánica, cuyas dimensiones serán verificadas por el técnico liniero el cual dará las instrucciones para ampliar o profundizar más las excavaciones, según los planos definidos en los diseños. El material de excavación se deberá disponer adecuadamente dentro del derecho de vía y se realizará señalización perimetral de la excavación mediante cinta de peligro sostenida con palos de madera o colombianas plásticas.

La instalación del Sistema de puesta a Tierra -SPT- representa la seguridad y rendimiento confiable de toda instalación eléctrica; esta proporciona una ruta segura para la descarga de corrientes de falla y sobretensiones hacia la tierra, protegiendo tanto a las personas como a los equipos contra los peligros asociados con las corrientes eléctricas no deseadas. Como cualquier obra o actividad requerida por las diferentes estrategias de desarrollo, el SPT responde a un diseño que se desarrolla en función de la normatividad y regulaciones técnicas aplicables, las características específicas del terreno y de las estructuras de apoyo para las líneas eléctricas, así como los equipos correspondientes a CD, CM y/o subestaciones. La instalación implica, entre otros, la excavación de pozos de puesta a tierra (cuya profundidad varía en relación con las condiciones del suelo, pero que podría llegar hasta los 5 m), la instalación vertical de barras y/o varillas de cobre o acero y la interconexión con cable enterrado entre barras y/o varillas y los equipos y estructuras objeto de protección.

Esta actividad se debe realizar de forma simultánea y coordinada con las tareas de cimentación, donde se realiza el montaje de la malla de puesta a tierra, instalando los conductores, electrodos y contrapesos necesarios para el funcionamiento adecuado del sistema de puesta a tierra. 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.

- ✓ Montaje e instalación de facilidades de producción para sistema eléctrico (transformadores, centros de maniobra, centros de distribución y subestaciones) (A-24)

    - Instalación y operación de frentes de obra temporales

Actividad que incluye la planeación, construcción y/o adecuación de las instalaciones temporales destinadas para oficinas de obra, talleres, almacenes y bodegas. El almacenamiento de materiales se realiza garantizando las condiciones óptimas y esquemas de seguridad de este siguiendo las instrucciones del fabricante y/o distribuidor.

En la zona dispuesta como almacén o taller (provisional y existente sólo durante la duración de construcción y puesta en funcionamiento del proyecto) se almacenan de manera organizada y cuidadosa todos los materiales requeridos y necesarios para la construcción. Desde este punto de acopio, se trasladan los materiales hasta el lugar donde se ubican las subestaciones, CD y/o CMT para proceder a su construcción y montaje.

En lo posible, equipos de grandes dimensiones son llevados directamente por el proveedor o distribuidor hasta el sitio de ubicación final, para lo cual se coordina adecuadamente con la obra tal que los espacios dispuestos para dichos equipos se encuentren debidamente construidos y acondicionados al momento de la llegada de dichos equipos.

- 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 Bucare.

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 (Ver **Figura 2-36**) Se procede entonces a la excavación de las franjas cuya profundidad es la determinada en diseño. Para los ramos 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.

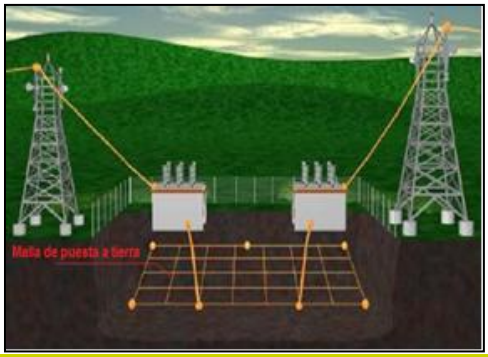


Figura 2-36 Esquema de sistema de puesta a tierra en subestaciones eléctricas
Fuente: ECOPETROL S.A, 2025

- Construcción de obras en concreto: Cimentaciones 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 2-42**) de no serlo, se debe replantear la cimentación de forma tal que se cumpla con el mínimo supuesto de diseño.



Fotografía 2-42 Cimentación y fundición de obras en concreto para subestaciones eléctricas
Fuente: ECOPETROL S.A, 2025

- Montaje de estructuras mecánicas, equipo electromecánico y cableado

Esta actividad corresponde al montaje de todos los equipos en las subestaciones, centros de distribución (CD) y/o centros de maniobra (CMT), tales como transformadores de potencia, pórticos, seccionadores, etc. (Ver **Fotografía 2-43** y **Fotografía 2-44**). 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).

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. Si el diseño lo contempla, se instalan los elementos propios del sistema de protección contra descargas atmosféricas.



Fotografía 2-43 Montaje de transformador en patio de subestación
Fuente: ECOPETROL S.A, 2025



Fotografía 2-44 Montaje de centros de distribución
Fuente: ECOPETROL S.A, 2025

✓ Operación de Generadores (A-25)

Un generador eléctrico funciona convirtiendo la energía mecánica en eléctrica. Esto es posible por la intervención de dos de sus elementos, el rotor (es la parte giratoria) y el estátor (es la parte estática). Con su interacción se genera un flujo magnético que se convierte en electricidad.

La principal característica de un generador eléctrico es la capacidad que tiene para convertir la energía mecánica en energía eléctrica. Esta conversión se realiza mediante un proceso en el que un movimiento mecánico, como el de un motor o turbina, genera un campo magnético que a su vez genera una corriente eléctrica.

Los generadores eléctricos industriales son máquinas que se utilizan para generar electricidad. Sobre todo, en sitios que no son capaces de hacerlo o en lugares que precisan de más energía, ya sea por falta de infraestructura o cortes constantes.

➢ **Etapa Operativa**

✓ Operación de líneas eléctricas, transformadores, centros de maniobra, centros de distribución y subestaciones eléctricas (A-39)

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 de facilidades e infraestructura asociada a generación de energía eléctrica (A-45)

Se realizarán reparaciones locativas o cercanas a las estructuras de apoyo (cuando así se requiera), mantenimiento de taludes (corte y relleno), mantenimiento de obras de arte, así como de sistemas de recolección de aguas lluvias entre otras.

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, 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 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, en el caso de las líneas eléctricas, se prevén (entre otros) recorridos periódicos a lo largo de las mismas tal que permitan determinar la necesidad de limpieza de los aisladores o cambio de alguna de las piezas del sistema. En la **Tabla 2-65**, se resumen las inspecciones mínimas a realizar y las actividades a desarrollar dada la inspección.

Tabla 2-65 Inspecciones y actividades mínimas a realizar para el mantenimiento de facilidades eléctricas

INSPECCIONES	ACTIVIDAD
Electromecánico	*Inspección, revisión y pruebas de todos los equipos electromecánicos existentes al interior de las subestaciones, CD y/o CMT. Estas actividades responden a un plan de mantenimiento predictivo y preventivo que debe incluir la operación en general de cada subestación, CD y/o CMT, transformadores asociados, interruptores, seccionadores, apantallamientos, puestas a tierra y todos aquellos equipos de patio instalados (en operación o en stand by), alumbrados y una caseta. Estos contarán con una rutina de mantenimiento para retirar los elementos extraños sobre ellos, realizar inspección visual de conexiones de puesta a tierra, y demás componentes que lo componen. Periodicidad anual.*
Obras civiles	*Inspecciones, revisiones, reparaciones y pruebas que conlleven a la conservación de las obras civiles. Este tipo de mantenimiento está enfocado en detectar y/o controlar problemas de erosión e inestabilidad de los terrenos en donde se encuentran ubicadas las*

INSPECCIONES	ACTIVIDAD
	subestaciones, CD y CMT y en sus áreas aledañas. De igual forma, se complementa con la estabilización de taludes, revegetalización, protección de fuentes de agua, revisión de cunetas de aguas lluvias, chequeo de tanques separadores de aceites, trampas de grasa, etc.
Aislador cerámico en equipos de maniobra	*Dentro de los componentes del sistema eléctrico existen equipos con elementos denominados Aisladores eléctricos ya sea en porcelana o poliméricos, los cuales deben tener una rutina de mantenimiento para retirar los contaminantes que se puedan depositar sobre ellos. Estos aisladores se pueden encontrar en los Interruptores de potencia, seccionadores, reconectadores y en transformadores. Periodicidad anual.*
Tableros de reconectadores/ Seccionadores en campo	*Dentro de los componentes del sistema eléctrico existen equipos de maniobra con tableros de control asociados, los cuales contienen relés de protección, cargadores de baterías, baterías y otros elementos deben tener una rutina de mantenimiento con el propósito de reducir la probabilidad de fallo, mantener condiciones seguras y preestablecidas de operación, prolongar la vida útil y evitar accidentes. Periodicidad anual.*
Zonas verdes	*Las actividades aquí involucradas se pueden resumir como aquellas que conlleven a la realización de un correcto manejo de la arborización y jardines tanto al interior de las subestaciones, CD y/o CMT como en sus alrededores, aseo y limpieza de zonas comunes y retiro de material vegetal en los patios de conexión y la correcta disposición de residuos*

Fuente: ECOPETROL S.A, 2025

- **Desmantelamiento, abandono y restauración**

✓ Desmantelamiento de instalaciones, retiro de equipos e infraestructura y salida de maquinaria (A-46)

En lo referente a procesos de generación de energía se realizará el desmantelamiento y retiro de equipos accesorios de los procesos de generación de energía, los mismos (en función de su estado) podrán ser utilizados en otros lugares donde se requieran y en el caso de haber cumplido con su vida operativa serán retirados y almacenados para su posterior chatarrización.

✓ Demolición y desmonte de infraestructura (A-49)

Cuando finaliza, o incluso en simultánea, el desmantelamiento de instalaciones y equipos que hubieran sido instalados en el CPF (mencionados anteriormente), se hará el retiro de materiales que pueden ser reutilizados o reciclados y se procederá a la demolición controlada a través del uso de equipos de corte o cizallas (o cualquier otro equipo que pueda servir en la demolición). Aquellas estructuras cuya remoción pueda implicar la generación de procesos erosivos o de inestabilidad, o cuyo retiro implique afectaciones a las corrientes de drenaje, se conservarán.

✓ Limpieza de áreas (A-50)

Una vez se ha desmontado la infraestructura, equipos y demoliciones se procede a dejar el sitio libre de escombros y residuos y en condiciones seguras para su uso futuro o para la restauración a sus condiciones iniciales. Se realiza entonces el retiro de escombros, residuos y materiales sobrantes producto del desmantelamiento (estructuras metálicas, cables, restos de equipos, etc.) y se hace la debida separación y clasificación de estos de acuerdo con su naturaleza, características y opciones de uso y/o reciclaje. Se finaliza con una limpieza del área garantizando el retiro de cualquier sobrante o residuo generado como tal en el desmantelamiento.

✓ Reconformación del terreno, empradización y/o revegetalización (A-51)

En algunos casos, es posible que se deba realizar una restauración del área para devolverla a su estado original o para prepararla para un nuevo uso. Esto puede incluir la nivelación del terreno, la siembra de vegetación, la reparación de estructuras circundantes, o cualquier otra acción necesaria para asegurar que el sitio esté en buenas condiciones.

La reconformación del terreno se inicia con la nivelación y restauración del área inicialmente intervenida (zonas excavadas y/o rellenadas durante la construcción y operación de la instalación); una vez se cuenta con un terreno conformado, se procede a la empradización (siembra de césped u otro en el área de intervenida) que ayuda a estabilizar el suelo, prevenir la erosión y mejorar la apariencia del sitio. Además de la empradización, es posible realizar la siembra de árboles o plantas que permitan la restauración del paisaje (revegetalización).

Cabe precisar que, si bien anteriormente se describió una empradización y revegetalización inducida, es posible que, por las condiciones ambientales del área, estas se den de manera natural ante lo cual no sería necesario el forzar la restauración más allá de la reconformación del terreno.

✓ Cierre de compromisos socio ambientales (A-52)

Esta actividad se realizará al finalizar la totalidad de las operaciones en el Campo. Su principal objetivo es de realizar el seguimiento y la entrega de las áreas intervenidas donde se valida el cumplimiento de la gestión ambiental, buscando que la entrega de las áreas intervenidas se encuentre en condiciones iguales o mejores a las que se identificaron en la línea base del proyecto, lo cual debe ser soportado con las evidencias documentarles como actas, informes y registros fílmicos y fotográficos.

El uso final del suelo de las vías de acceso y facilidades será el mismo que se tenía antes de la intervención. Para el caso de las vías, se establecerá con el propietario, previa aprobación por parte de ANLA si este considera dejar tal como están (haciendo responsable de su mantenimiento al propietario por medio de acta) o ser devueltas a su condición original en cuanto a uso del suelo se refiere.

Se cumplirá con el programa de compensación para el medio biótico, mediante las actividades de reforestación, buscando la regeneración natural y promover la vocación de conservación de los ecosistemas sensibles como de las especies de fauna asociadas a estos ecosistemas. Este proceso se lleva a cabo una vez que se han cumplido todas las condiciones y requisitos establecidos en el acto administrativo de licenciamiento.

Para el Medio Socioeconómico se realiza el seguimiento y cierre a los compromisos derivados del PMA y PBC, los cuales están orientados a mantener informados y atender las PQRS a los grupos de interés como: Autoridades locales, comunidades, asociaciones y agremiaciones, propietarios de predios, y los programas de capacitación y fortalecimiento institucional y comunitario en sectores distintos a hidrocarburos ejecutados durante la operación como alternativa de implementar nuevas prácticas económicas y reactivación o recuperación de la vocación económica del territorio.

➢ **Actividades Transversales**

La descripción de las actividades transversales, son las utilizadas en todas las estrategias de desarrollo y de manera general, se describen en la Tabla 2.3 del subcapítulo 2.2.2 Estrategias de Desarrollo contempladas en el presente estudio de impacto Ambiental para el Área de Desarrollo Bucare.

2.2.2.6.2.5 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)

Respecto a la ubicación, referida en este apartado se establecerán sus de equipos dentro de cada CD, CM y/o subestación eléctrica, en la **Figura 2-37** se presenta el típico de Centro de Distribución de Potencia (CD), (Ver el anexo 4. Anexos Descripción del Proyecto/4.2 Diseños Tipo/ Diseño tipo

centro de distribución elect), en la **Figura 2-38** se presenta el diseño tipo del Centro de Maniobra (CM) (Ver el anexo 4. Anexos Descripción del Proyecto/4.2 Diseños Tipo/ Diseño tipo centro de maniobra elect.) y en la **Figura 2-39** la subestación eléctrica respectivamente (Ver el anexo 4. Anexos Descripción del Proyecto/4.2 Diseños Tipo/ Diseño tipo Subestación eléctrica); por su parte, en la **Tabla 2-66**, se presenta la distribución estimada de áreas de cada una de estas instalaciones. Cabe precisar que esta distribución corresponde a planos tipo y que una vez se conciba efectivamente la necesidad de una u otra instalación se realizarán los diseños que corresponda en cada caso sin superar las áreas máximas estimadas para cada infraestructura de la presente estrategia de Desarrollo.

La ubicación de estas instalaciones, se establecerán de acuerdo con los resultados y donde lo permita la zonificación ambiental del presente Estudio de Impacto ambiental y de acuerdo con las consideraciones que sean emitidas por parte de la Autoridad Ambiental.

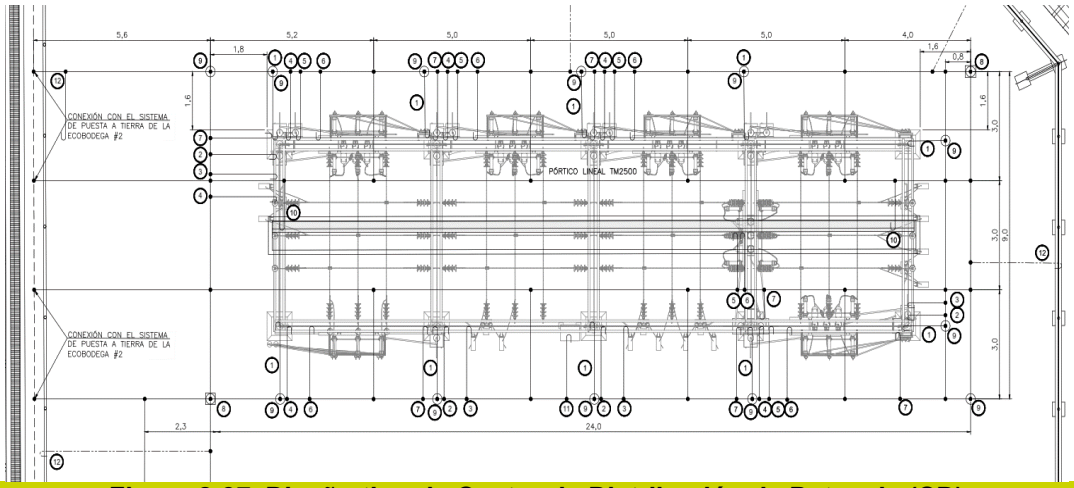


Figura 2-37 Diseño tipo de Centro de Distribución de Potencia (CD)
Fuente: 4. Anexos Descripción del Proyecto/4.2 Diseños Tipo/ Diseño tipo centro de distribución elect. ECOPETROL S.A, 2025

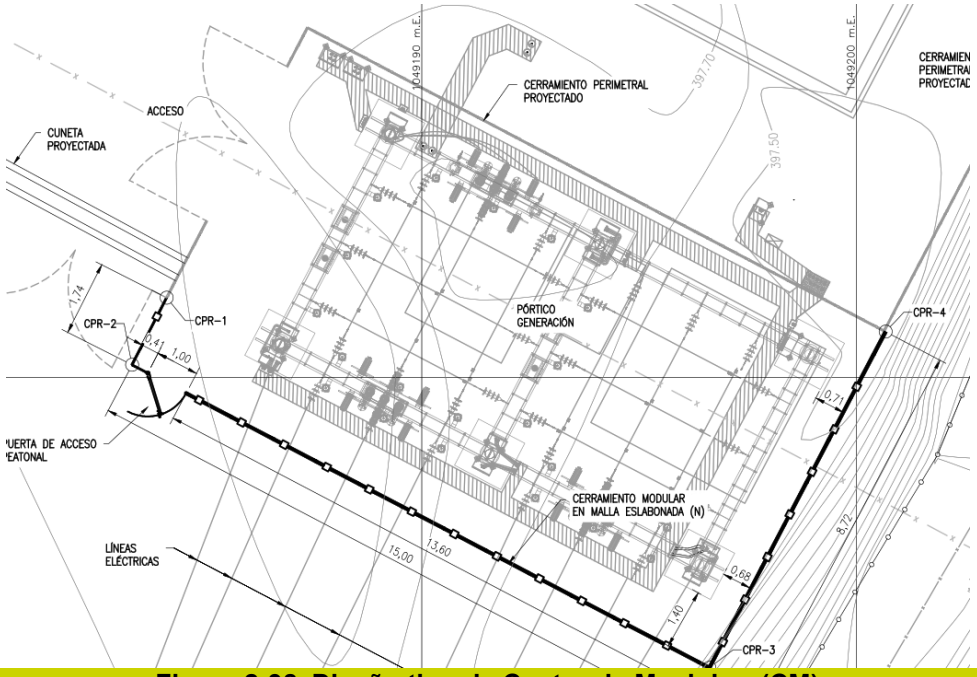


Figura 2-38 Diseño tipo de Centro de Maniobra (CM)
Fuente: 4. Anexos Descripción del Proyecto/4.2 Diseños Tipo/ Diseño tipo centro de maniobra elect. ECOPETROL S.A, 2025

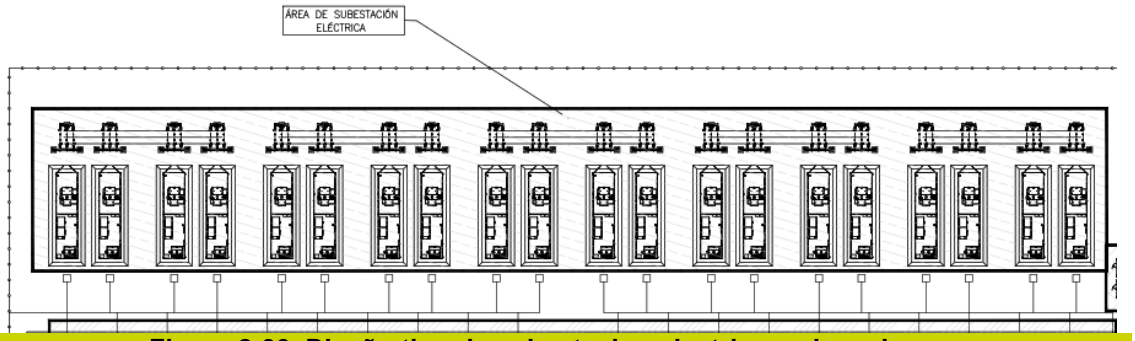


Figura 2-39 Diseño tipo de subestacion electrica en locaciones
Fuente: 4. Anexos Descripción del Proyecto/4.2 Diseños Tipo/ Diseño tipo Subestación eléctrica. ECOPETROL S.A, 2025

Tabla 2-66 Distribución de áreas estimadas para el CD y CM

INSTALACIÓN	ÁREA REQUERIDA POR CADA INSTALACIÓN	ÁREAS ESTIMADA EN Ha
CENTRO DE DISTRIBUCIÓN DE POTENCIA - CD	Pórtico de 115 kV	0,72
	Pórtico de 34,5 kV	0,12
	Franja para desarrollo de taludes y relleno, cuneta perimetral de aguas lluvias y cerramiento.	0,77
	Administrativa	0,75
	Circulación	3,23
	Rack de canalizaciones	0,07
	Cuarto de control	0,06

INSTALACIÓN	ÁREA REQUERIDA POR CADA INSTALACIÓN	ÁREAS ESTIMADA EN Ha
	Transformadores	0,10
	Turbogenerador	0,14
	Switchgear 34,5 kV	0,04
TOTAL CD		**6,00**
CENTRO DE MANIOBRA - CM	Cuarto de Control	0,12
	Expansión Futura	0,48
	Franja para desarrollo de taludes y relleno, cuneta perimetral de aguas lluvias y cerramiento.	0,40
	Pórtico de entrada - salida	0,40
	Centro de Maniobra	0,60
	Circulación	1,00
TOTAL CM		**3,00**
SUBESTACIÓN ELÉCTRICA -SE *	Equipos eléctricos	1,27
*La subestación hace referencia a la requerida por cada estrategia de desarrollo; sin embargo, como se ha indicado, las áreas quedan contenidas dentro de las áreas de Locaciones y facilidades de cada estrategia de desarrollo y su extensión dentro de estas podrá variar en función de la capacidad de potencia, nivel de tensión, cargas a alimentar, etc.		

Fuente: ECOPETROL S.A, 2025

2.2.2.6.2.6 Movimientos de tierra

Para la construcción de los centros de maniobra, centros de distribución, se estima un movimiento de tierras tal como se observa en la **Tabla 2-67**. (Ver el Anexo 4. Anexos Descripción del Proyecto/4.5 Movimiento de tierras), donde se estima para el cálculo del descapote un espesor promedio de 0,20 m Para áreas de hasta 6 Ha y en la conformación de terraplenes se estima una altura de hasta 1,50 m; así mismo se plantea, que el material producto de la excavación de las zonas de corte, se conformará el terraplén para las áreas de intervención, por lo cual se contempla reutilizar el 60% del volumen excavado; sin embargo, si existe algún excedente de material, este será dispuesto en los ZODME autorizados o distribuido en áreas aledañas que requieren nivelación o realizar adecuaciones paisajísticas. Los movimientos de tierras para las subestaciones eléctricas van incluidos dentro de los movimientos estimados para la estrategia de desarrollo ED3 en su numeral 2.2.2.1.3. Construcción de Locaciones y Facilidades de producción.

Tabla 2-67 Movimiento de tierras estimado en la construcción del centro de distribución y subestación eléctrica

TIPO DE ACTIVIDAD	CANTIDAD DE ÁREAS	ÁREA TOTAL (ha)	ÁREA TOTAL QUE 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)
Centro de distribución de Potencia (CD)	1	6	60000	0,20	1,50	2,00	12000	90000	120000
Centro de Maniobra (CM)	1	3	30000	0,20	1,50	2,00	6000	45000	60000
TOTAL							**18000**	**135000**	**180000**

TIPO DE ACTIVIDAD	CANTIDAD DE ÁREAS	ÁREA TOTAL (ha)	ÁREA TOTAL QUE 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)
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: Anexo 4. Anexos Descripción del Proyecto/4.5 Movimiento de tierras. ECOPETROL S.A, 2025

2.2.2.6.2.7 Estimativos de maquinaria, equipos

Los equipos presentados son estimados toda vez que, en el proceso constructivo u operativo de las instalaciones (CD, CM y/o subestaciones eléctricas) estos podrán variar tanto en cantidad como en tecnología dependiendo de las condiciones de ejecución del proyecto (Ver **Tabla 2-68**). La maquinaria estimada para la construcción de subestaciones eléctricas hace parte de la que se identifica en la estrategia de desarrollo ED3 en su numeral 2.2.2.1.3. Construcción de Locaciones y Facilidades de producción.

Tabla 2-68 Estimativo de maquinaria y equipos por instalación

MAQUINARIA Y/O EQUIPOS (POR INSTALACIÓN)	CANTIDAD ESTIMADA
Retroexcavadora	2
Vibrocompactador	2
Buldócer	2
Motoniveladora	2
Grúa	2
Camabajas	2
Camiones / Volquetas	---
Herramientas menores	---

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

Fuente: ECOPETROL S.A, 2025

2.2.2.6.2.8 Estimativo de mano de obra

En cuanto a la ejecución de las actividades de obra civil para el desarrollo del proyecto, es necesario contar con una cantidad de (23) personas distribuidas entre mano de obra calificada (MOC) y mano de obra no calificada (MONC), cantidad que podrá variar de acuerdo con los requerimientos del proyecto. En la **Tabla 2-69**, se relaciona el personal estimado para la instalación y operación de los CD y CM. 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. La maquinaria estimada para la construcción de subestaciones eléctricas hace parte de la que se identifica en la estrategia de desarrollo ED3 en su numeral 2.2.2.1.3. Construcción de Locaciones y Facilidades de producción.

Tabla 2-69 Personal estimado para la construcción y operación de CD y CM

CARGO	NO. DE PERSONAS	MANO DE OBRA
Ayudantes	10	MONC
Oficiales	3	MONC
Maestro de obra	1	MONC
Supervisor	1	MOC
Topógrafo	1	MOC
Cadenero	1	MONC
Director de obra	1	MOC
Ingeniero residente	1	MOC
Técnico en sistemas eléctricos	2	MOC
Conductores	2	MOC
TOTAL	**23**	

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

Fuente: ECOPETROL S.A, 2025

2.2.2.6.2.9 Asentamientos humanos e infraestructura social, económica y cultural a intervenir

El proyecto Área de Desarrollo Bucare, 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 Bucare) en el presente EIA se incluye, como parte del Programa de Compensación Social, la ficha PM-SE6 Manejo de la infraestructura social y comunitaria potencialmente afectada, cuyo objetivo es el de *"Implementar acciones preventivas, correctivas y/o de compensación ante potenciales afectaciones a la infraestructura socioeconómica, cultural, comunitaria, equipamientos, vías y prestación de servicios públicos y sociales por las actividades asociadas al desarrollo del POA Área de Desarrollo Bucare"* y para ello cuenta las acciones tendientes a implementar las medidas necesarias para que la infraestructura social y comunitaria eventualmente afectada sea restablecida.

2.2.2.6.2.10 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 Área de Desarrollo Bucare; en este sentido, fueron identificados y evaluados los impactos "Alteración a la concentración de

contaminantes criterio y sustancias toxicas en el 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 de 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, generadas durante el desarrollo del proyecto.
- ✓ Formular las acciones de control para el manejo de los impactos sobre la calidad de aire enfocándose en la reducción del material particulado y gases provenientes de las fuentes fijas o dispersas y fuentes móviles.
- ✓ Garantizar el cumplimiento de la normativa ambiental vigente en materia de calidad del aire, a través del monitoreo, reporte y mejora continua de las medidas de control implementadas.

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.

2.2.2.6.2.11 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.).

Es importante señalar que las actividades de mantenimiento necesarias dentro de la instalación y operación de líneas eléctricas se encuentran inmersas dentro de la etapa operativa, específicamente por medio de la actividad "Mantenimiento de facilidades e infraestructura asociada a generación de energía eléctrica (A-44)".

2.2.2.6.2.12 Sistemas y fuentes de generación de energía

Como se ha indicado, los CD, CM y/o subestaciones eléctricas corresponden a los sistemas e infraestructura necesarios para el recibo y/o entrega de energía eléctrica; sin embargo, los procesos constructivos requieren de fuentes de energía que en principio podría ser suministrada por generadores eléctricos en sitio cuyo combustible sería gestionado según lo indicado en la actividad Uso de productos químicos, lubricantes y combustibles (A-58).

Por su parte, durante la operación, e incluso durante la construcción, dependiendo de las actividades a realizar, del estado o avance de la instalación, de la disponibilidad eléctrica (en el caso que los CD, CM y/o subestaciones ya se encuentren operativos) y en general de las condiciones técnicas tanto de la fuente de suministro como de la demanda, podrá suplirse la energía eléctrica a través de acometidas provenientes de alguno de los sistemas eléctricos existentes; adicionalmente, en las instalaciones (CD, CM y/o subestaciones eléctricas) se contará con generadores de respaldo que permitan un suministro de energía a la instalación ante eventuales mantenimientos y/o salidas del sistema que impliquen un corte del suministro.

[1] Definido como: Cambio en las concentraciones de los contaminantes criterio y/o tóxicos en el aire producto de las emisiones generadas como consecuencia de un proyecto, obra o actividad.
[2] Definido como: Cambio en los niveles de ruido ambiental como consecuencia de la emisión de ruido de un proyecto, obra o actividad.

2.2.2.6.2.13 Desmantelamiento y restauración de las áreas intervenidas por la actividad constructiva

Todas las instalaciones construidas en función del suministro de energía serán retiradas una vez se decida abandonar el área, 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.

El alcance de las subactividades de desmantelamiento y restauración de áreas intervenidas fueron descritas anteriormente y se listan a continuación:

- ✓ Desmantelamiento de instalaciones, retiro de infraestructura y equipos, salida de maquinaria (A-46).
- ✓ Demolición y desmonte de infraestructura (A-49).
- ✓ Limpieza de áreas (A-50).
- ✓ Reconformación del terreno, empradización y/o revegetalización (A-51).
- ✓ Cierre de compromisos socio ambientales (A-52).

De otra parte, para el desmantelamiento de líneas eléctricas se plantean las siguientes alternativas:

- ✓ El comisionamiento de líneas de transmisión y/o distribución eléctrica a las empresas prestadoras de este servicio público.
- ✓ Desmantelamiento y retiro de los equipos, materiales y estructuras utilizadas para el desarrollo de la actividad de transporte y distribución de energía eléctrica, dejando la zona en condiciones iguales o mejores a las encontradas antes de su construcción.
- ✓ La gestión con empresas prestadoras de este servicio público para revisar la posibilidad de entregarse al Sistema de Trasmisión Nacional.

Es de particular importancia identificar si al momento de realizar las actividades de desmantelamiento se tiene conexión con redes que sean propiedad de empresas prestadoras del servicio o que se interconecten con otros sistemas de Ecopetrol que deban continuar en operación; si alguna de estas situaciones se presenta, se deberá establecer un plan de maniobras de desconexión coordinado con el propietario u operador de la red con la se tiene la conexión.

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”.

2.2.2.6.2.14 Duración de las obras, etapas y cronograma de actividades

A continuación, en la **Tabla 2-70**, se estima el cronograma de actividades para la instalación y operación del Centro de Distribución de Potencia CD y el Centro de maniobra CM, los tiempos en la ejecución de dichas actividades, podrán cambiar de acuerdo con las necesidades del proyecto y las condiciones particulares en cada infraestructura.

Tabla 2-70 Cronograma estimado en la construcción de CD y CM eléctricos

ETAPA	SUBETAPA	ID	ACTIVIDAD	TIEMPO (SEMANAS)											
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ETAPA PREOPERATIVA		*A-01*	Adquisición de predios y derechos de servidumbres												

ETAPA	SUBETAPA	ID	ACTIVIDAD	TIEMPO (SEMANAS)											
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
CONSTRUCTIVA	***ADECUACIÓN Y/O CONSTRUCCIÓN DE OBRAS CIVILES (Vías, Locaciones, ZODMES, Facilidades de Producción, infraestructura eléctrica y/o autogeneración)***	***A-04***	*Movimiento de tierras (excavación, cortes y rellenos)*												
		A-05	*Cuneteo, extendido, nivelación y compactación*												
		A-07	*Construcción y/o adecuación de obras para manejo de aguas superficiales, lluvias y aceitosas*												
		A-08	*Construcción y/o adecuación de estructuras en concreto*												
		A-09	*Montaje e instalación de estructuras metálicas*												
		A-10	*Estabilización y/o Revegetalización de taludes*												
		A-11	*Operación de maquinaria y equipos*												
	INFRAESTRUCTURA ELÉCTRICA Y/O AUTOGENERACIÓN (LE, CM, CD, SE e infraestructura conexa)	***A-22***	*Adecuación de los sitios para el hincado, plomado y cimentación de estructuras de apoyo (Incluye sistema de puesta a tierra)*												
		A-24	*Montaje e instalación de facilidades de producción para sistema eléctrico (transformadores, centros de maniobra, centros de distribución y subestaciones)*												
		A-25	*Operación de generadores*												
OPERATIVA	***INFRAESTRUCTURA ELÉCTRICA Y/O GENERACIÓN Y OPERACIÓN DE ENERGÍAS RENOVABLES***	***A-39***	Operación de líneas eléctricas, transformadores, centros de maniobra, centros de distribución y subestaciones eléctricas												
	MANTENIMIENTO	***A-45***	Mantenimiento de facilidades e infraestructura asociada a generación de energía eléctrica												
DESMANTELAMIENTO, ABANDONO Y RESTAURACIÓN		***A-46***	*Desmantelamiento de instalaciones, retiro de equipos e infraestructura y salida de maquinaria.*	Las actividades de desmantelamiento, abandono y restauración contemplan el desmantelamiento y restauración de todas las áreas intervenidas para la ejecución de las actividades correspondientes a la presente estrategia de desarrollo. Su principal objetivo es recuperar y mejorar ambientalmente dichas áreas, para esto se llevará a cabo un plan de acción que contemple el restablecimiento de las condiciones ambientales anteriores a la intervención											
		A-49	Demolición y desmonte de infraestructura												
		A-50	Limpieza de áreas												
		A-51	Reconformación del terreno, empradización y/o revegetalización												
		A-52	Cierre de compromisos socio ambientales												

ETAPA	SUBETAPA	ID	ACTIVIDAD	TIEMPO (SEMANAS)
				1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12
ACTIVIDADES TRANSVERSALES		***A-53***	*Contratación de mano de obra*	Las actividades transversales son ejecutadas a lo largo de todas las etapas del proyecto, razón por la cual no cuentan con un cronograma de ejecución de actividades específico
		A-54	*Adquisición de bienes y servicios*	
		A-55	*Transporte terrestre y/o aéreo de materiales, equipos, maquinaria, insumos y personal*	
		A-56	*Instalación y operación de campamentos temporales*	
		A-57	Operación de ZODME	
		A-58	Uso de productos químicos, lubricantes y combustibles	
		A-59	*Captación, transporte, almacenamiento y distribución de agua superficial para uso doméstico e industrial*	
		A-60	*Captación, transporte, almacenamiento y distribución de agua subterránea para uso doméstico e industrial*	
		A-61	*Gestión (Manejo, tratamiento y disposición final) de residuos líquidos domésticos y no domésticos*	
		A-62	*Gestión (Manejo, tratamiento y disposición final) de residuos sólidos*	
		A-63	*Manejo y disposición de residuos peligrosos*	
		A-64	Reubicación de infraestructura de servicios públicos	

Nota 1: Las actividades de ejecución y los tiempos estimados podrán variar en función de las necesidades y condiciones de cada proyecto (PMAE).
Nota 2: Las actividades de las etapas preoperativa y transversales, se deben ejecutar de acuerdo con los alcances específicos de cada PMAE
Nota 3: Las actividades de mantenimiento se ejecutarán de acuerdo con las necesidades del campo y desarrollo del mismo.
Fuente: SGI S.A.S, 2025

2.2.2.6.3 Construcción y operación de parques fotovoltaicos (ED18)

Esta estrategia agrupa todas las actividades necesarias para la construcción y puesta en marcha de una planta solar fotovoltaica (parque 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 a niveles entre Vc.a.= 4.16 kV y 34,5 kV 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.

A continuación, en la **Figura 2-40** se presenta el esquema y proceso general de la generación de energía fotovoltaica

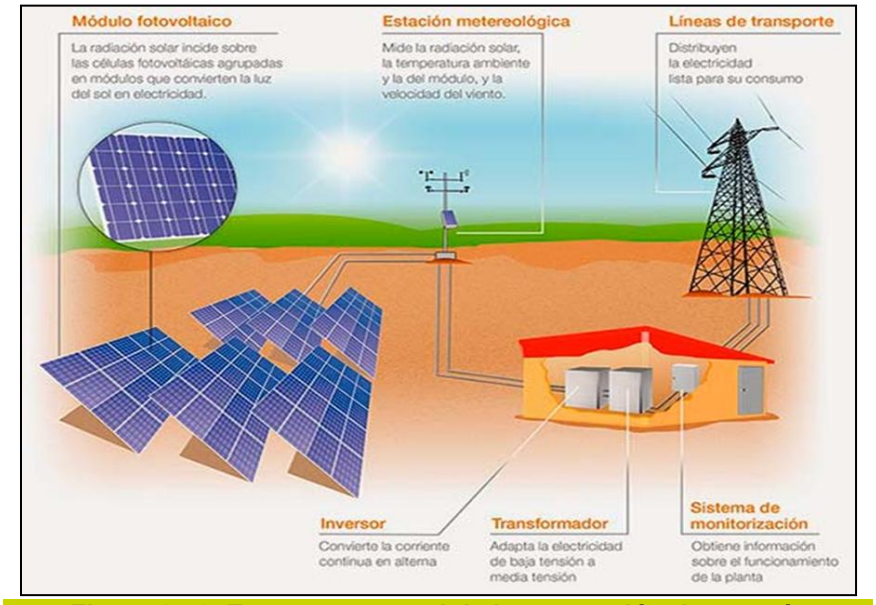


Figura 2-40 Esquema general de la generación de energía Fotovoltaica
Fuente: https://www.idbinvest.org/es, 2025

2.2.2.6.3.1 Cantidades requeridas para el Área de Desarrollo Bucare

Para el Área de Desarrollo Bucare, se proyecta un área de construcción de hasta 42,00 ha, para el desarrollo de un parque Fotovoltaico, el cual podría ser desarrollado de forma secuencial en función avance o necesidades de la operación del campo, lo anterior, de acuerdo con lo establecido en la zonificación ambiental de manejo; sin superar el área total solicitada. En la **Tabla 2-71** se relaciona el área requerida para la construcción y operación del Parque Fotovoltaico del Área de Desarrollo Bucare.

Tabla 2-71 Área para la construcción del parque fotovoltaico

ESTRATEGIA DE DESARROLLO	ALCANCE	ÁREA TOTAL (Ha)
Construcción y operación de Parques Fotovoltaicos	1 polígono de un área total de hasta 42,00 ha con una capacidad de generación de 42 MW como infraestructura de apoyo para suplir la demanda energética en el Área de Desarrollo Bucare	42,00

Fuente: ECOPETROL S.A, 2025

2.2.2.6.3.2 Alternativas de ubicación y selección de sitios (Criterios técnicos, tecnológicos y ambientales)

Para la localización del parque Fotovoltaico, es importante precisar que estas se proyectarán en aquellas áreas donde no se presenten elementos excluyentes, es decir, de acuerdo con la zonificación ambiental y su geometría se adaptará a las áreas que dentro del campo queden disponibles para así hacerlo sin superar la extensión estimada (42,00 ha). Además, la ubicación del parque fotovoltaico se proyectará en función del crecimiento del campo y de la ubicación cronológica que se vaya teniendo de las diversas locaciones multipozo y de acuerdo con los requerimientos de energía eléctrica que se vayan generando en el desarrollo del proyecto.

La información de la ubicación exacta del parque Fotovoltaico se detallará en el Plan de Manejo Ambiental específico que se elabore previamente a la ejecución de las actividades constructivas y operacionales, la construcción de esta actividad se puede realizar por medio de fases, las cuales se van determinando de acuerdo con las necesidades del campo y desarrollo del mismo. La ubicación final del parque Fotovoltaico tendrá en cuenta además de la zonificación ambiental, los criterios técnicos, tecnológicos y ambientales que se presentan a continuación.

2.2.2.6.3.2.1 Criterios técnicos

- ✓ Potencial solar: Se evalúa la disponibilidad de la luz y la irradiancia solares en el sitio. Herramientas como mapas solares y datos satelitales pueden ayudar a identificar las áreas con exposición solar óptima.
- ✓ Adecuación del Terreno: Se evalúa la estabilidad del suelo y las condiciones topográficas para las áreas del proyecto se cuenta con terrenos óptimos al ser planos o de baja pendiente.
- ✓ Acceso Terrestre: El área se ubica en lo posible en zonas cercanas a las vías existentes de acuerdo con la zonificación ambiental buscando las zonas que tengan facilidad de acceso vehicular y que, en lo posible, la vía no requiera actividades significativas de rehabilitación.
- ✓ Acceso a la Infraestructura eléctrica: Se consideran los sitios donde haya cercanía a la infraestructura eléctrica existente o proyectada como complemento por el proyecto como son subestaciones, centros de maniobra y redes de líneas eléctricas.

2.2.2.6.3.2.2 Criterios tecnológicos

- ✓ Opciones de paneles solares: Se compara los diferentes tipos de paneles solares (monocristalinos, policristalinos o de película delgada) considerando su eficiencia, durabilidad, garantía y costo.
- ✓ Selección de inversores: De acuerdo con el tipo de panel solar a instalar en el parque fotovoltaico se seleccionará el tipo de inversor compatible con la tecnología de los paneles.
- ✓ Sistema de montaje: Se eligen los soportes o montajes duraderos y robustos de acuerdo con las alternativas que suministre el fabricante y que permita la mayor facilidad de instalación.

2.2.2.6.3.2.3 Criterios ambientales

Los criterios ambientales estarán encaminados a los resultados de la zonificación ambiental del estudio de impacto ambiental, de manera genera se seleccionan los sitios de baja inundación y respetando las rondas hídricas de los cuerpos de agua cercanos, además se evitarán las zonas donde se pueda requerir alto volumen de aprovechamiento forestal.

2.2.2.6.3.3 Métodos constructivos y operativos

En términos generales, las actividades y etapas para la instalación, operación y mantenimiento de un parque fotovoltaico para autogeneración de energía eléctrica a partir de la conversión de la radiación solar, 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. A continuación, en la **Tabla 2-72** se presenta el listado de las actividades identificadas en la construcción y operación del parque fotovoltaico.

Tabla 2-72 Actividades en la construcción y operación del parque fotovoltaico

ETAPA	SUBETAPA	ID	ACTIVIDAD
ETAPA PREOPERATIVA		***A-01***	*Adquisición de predios y derechos de servidumbres*
CONSTRUCTIVA	***ADECUACIÓN Y/O CONSTRUCCIÓN DE OBRAS CIVILES (Vías, Locaciones, ZODMES, Facilidades de Producción, infraestructura eléctrica y/o autogeneración)***	***A-02***	*Localización y replanteo*
		A-03	*Desmonte, descapote, rocería y limpieza*
		A-04	*Movimiento de tierras (excavación, cortes y rellenos)*
		A-05	*Cuneteo, extendido, nivelación y compactación*
		A-07	*Construcción y/o adecuación de obras para manejo de aguas superficiales, lluvias y aceitosas*
		A-08	*Construcción y/o adecuación de estructuras en concreto*
		A-09	*Montaje e instalación de estructuras metálicas*
		A-10	*Estabilización y/o Revegetalización de taludes*
		A-11	*Operación de maquinaria y equipos*
	INFRAESTRUCTURA ELÉCTRICA Y/O AUTOGENERACIÓN (LE, CM, CD, SE e infraestructura conexa)	***A-25***	*Operación de generadores*
		A-26	*Montaje e instalación de infraestructura y equipos para energía fotovoltaica*
OPERATIVA	***INFRAESTRUCTURA ELÉCTRICA Y/O GENERACIÓN Y OPERACIÓN DE ENERGÍAS RENOVABLES***	***A-40***	*Generación de energía eléctrica asociada a fuente fotovoltaica*
	MANTENIMIENTO	***A-45***	*Mantenimiento de facilidades e infraestructura asociada a generación de energía eléctrica*
DESMANTELAMIENTO, ABANDONO Y RESTAURACIÓN		***A-46***	*Desmantelamiento de instalaciones, retiro de equipos e infraestructura y salida de maquinaria.*
		A-49	*Demolición y desmonte de infraestructura*
		A-50	*Limpieza de áreas*
		A-51	*Reconformación del terreno, empradización y/o revegetalización*
		A-52	*Cierre de compromisos socio ambientales*
ACTIVIDADES TRANSVERSALES		***A-53***	*Contratación de mano de obra*
		A-54	*Adquisición de bienes y servicios*
		A-55	*Transporte terrestre y/o aéreo de materiales, equipos, maquinaria, insumos y personal*
		A-56	*Instalación y operación de campamentos temporales*
		A-57	*Operación de ZODME*
		A-58	*Uso de productos químicos, lubricantes y combustibles*
		A-59	*Captación, transporte, almacenamiento y distribución de agua superficial para uso doméstico e industrial*
		A-60	*Captación, transporte, almacenamiento y distribución de agua subterránea para uso doméstico e industrial*

ETAPA	SUBETAPA	ID	ACTIVIDAD
		A-61	*Gestión (Manejo, tratamiento y disposición final) de residuos líquidos domésticos y no domésticos*
		A-62	*Gestión (Manejo, tratamiento y disposición final) de residuos sólidos*
		A-63	*Manejo y disposición de residuos peligrosos*
		A-64	*Reubicación de infraestructura de servicios públicos*

Nota 1: El grupo de actividades transversales es necesario y complementario para la ejecución y el desarrollo de las diferentes estrategias del proyecto
Nota 2: 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: S.G.I S.A.S, 2025

- **Etapa preoperativa**

✓ Adquisición de predios y derechos de servidumbres (A-01)

Actividad que se asocia a la negociación con los propietarios de los terrenos, donde se proyectan las áreas de intervención para la construcción de infraestructura como vías, locaciones, facilidades de producción, infraestructura eléctrica, líneas de flujo que son propuestas por el proyecto, con el fin de realizar la negociación o constitución de las servidumbres requeridas. La negociación se realiza en atención a la Ley 1274 de 2009 “Por la cual se establece el procedimiento de avalúo para las servidumbres petrolera” (o la que se encuentre vigente al momento de ejecución del proyecto).

- **Etapa constructiva**

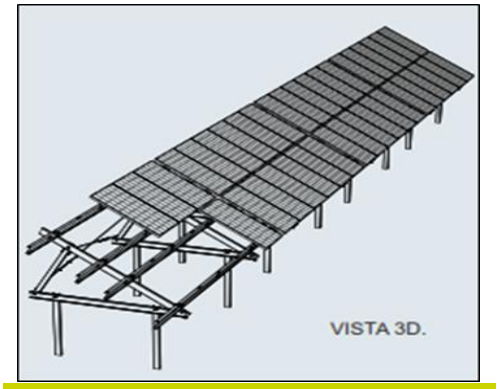
Las actividades en las etapas constructivas, Desmantelamiento, abandono y restauración y las actividades transversales, relacionadas con las construcciones y/o adecuaciones de obras civiles, son similares a las descritas en la Estrategia de Desarrollo ED3 en el numeral 2.2.2.1.3. Construcción de Locaciones y Facilidades Tempranas de Producción (FTP)

✓ Montaje e instalación de estructuras metálicas (A-09)

Esta actividad corresponde a la instalación de los soportes y estantería metálica para el apoyo de los paneles solares, estas estructuras se instalan de manera general por hincado con ayuda de la maquina hincadora que por sus especificaciones y trabajos a presión o por percusión, no requieren ningún tipo de cimentación. A continuación, en la **Fotografía 2-45** se identifica la instalación de las estructuras metálicas a través de la maquinaria hincadora y en la **Fotografía 2-46** se identifica la configuración ejemplo de las estructuras metálicas de soporte que podrán ser fijos o tipo tracker que permiten la rotación de acuerdo con la posición del sol.



Fotografía 2-45 Hincado de estructuras metálicas
Fuente: ECOPETROL S.A, 2025



Fotografía 2-46 Soportes metálicos para paneles fotovoltaicos
Fuente: ECOPETROL S.A, 2025

- Instalación de Cerramientos

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 (Ver **Figura 2-41**).

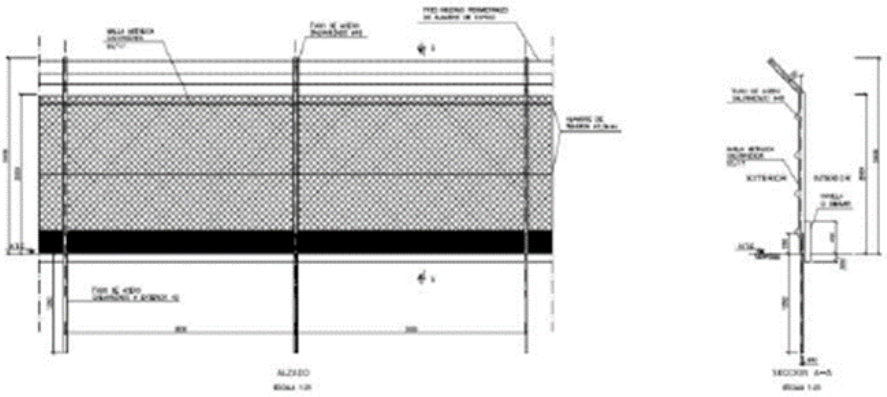


Figura 2-41 Diseños tipo de cerramiento perimetral en parque fotovoltaico
Fuente: ECOPETROL S.A, 2025

✓ Operación de generadores (A-25)

Un generador eléctrico funciona convirtiendo la energía mecánica en eléctrica. Esto es posible por la intervención de dos de sus elementos, el rotor (es la parte giratoria) y el estátor (es la parte estática). Con su interacción se genera un flujo magnético que se convierte en electricidad.

La principal característica de un generador eléctrico es la capacidad que tiene para convertir la energía mecánica en energía eléctrica. Esta conversión se realiza mediante un proceso en el que un movimiento mecánico, como el de un motor o turbina, genera un campo magnético que a su vez genera una corriente eléctrica.

Los generadores eléctricos industriales son máquinas que se utilizan para generar electricidad. Sobre todo, en sitios que no son capaces de hacerlo o en lugares que precisan de más energía, ya sea por falta de infraestructura o cortes constantes.

- ✓ Montaje e instalación de infraestructura y equipos para energía fotovoltaica (A-26)
  - Paneles Solares

Los paneles solares, están construidos 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 42 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 2000 x 1000 x 40 mm y 22 kg de peso cada uno, como se muestra en la **Figura 2-42**.

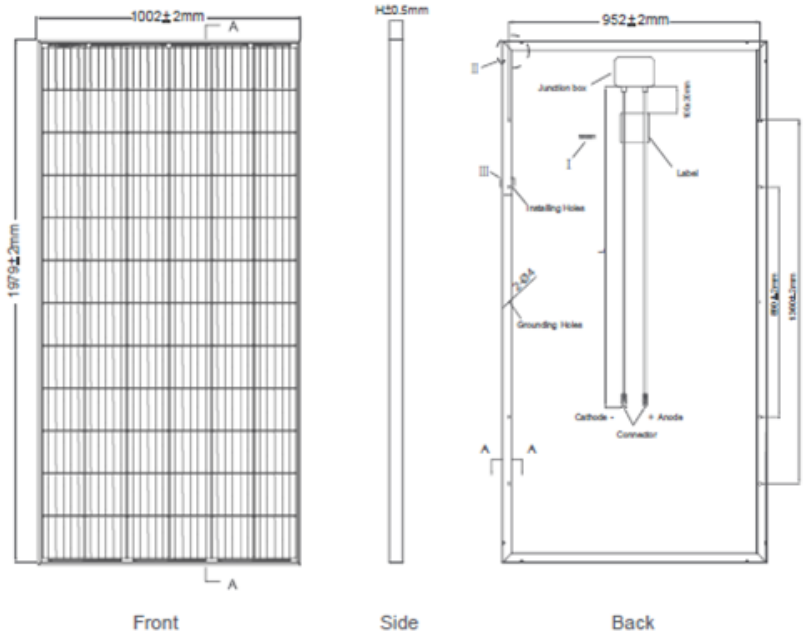


Figura 2-42 Diseños tipo de un panel solar
Fuente: ECOPETROL S.A, 2025

  - 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 m por 2,25 m y peso aproximado de 25 toneladas cada uno. Se ubicarán en plataformas de concreto reforzado de

aproximadamente, 3500 psi con longitud de 15 m por 4 m y espesor de 25 cm aproximadamente. (Ver **Figura 2-43**)

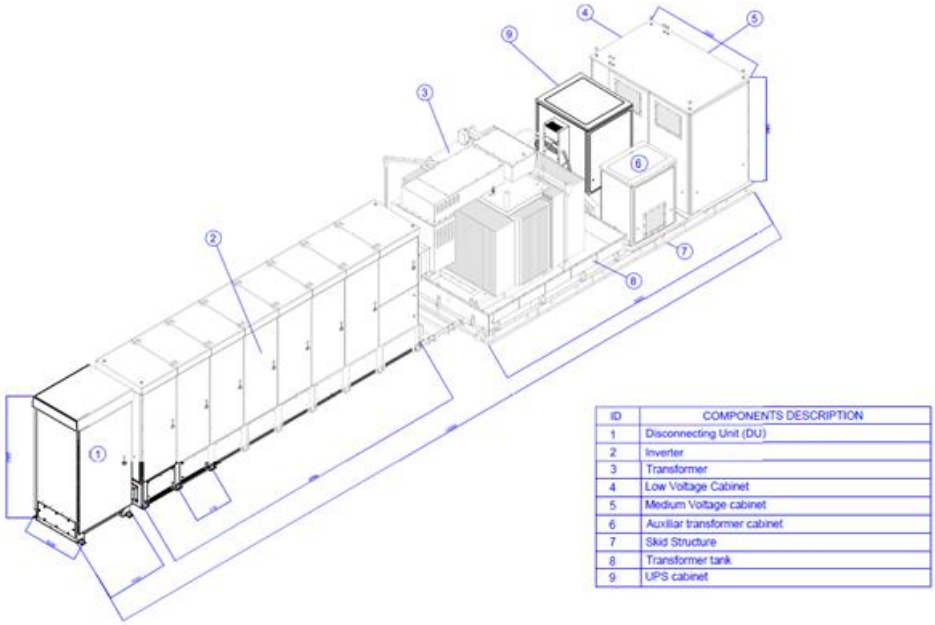


Figura 2-43 Diseños tipo de Inversores
Fuente: ECOPETROL S.A, 2025

- Instalación de sistemas 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 mm2 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 m. de longitud, para obtener una resistencia inferior a 20 ohmios. Existirá un borne de tierra registrable en cada seguido.

- Cableado y conexión entre paneles e 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

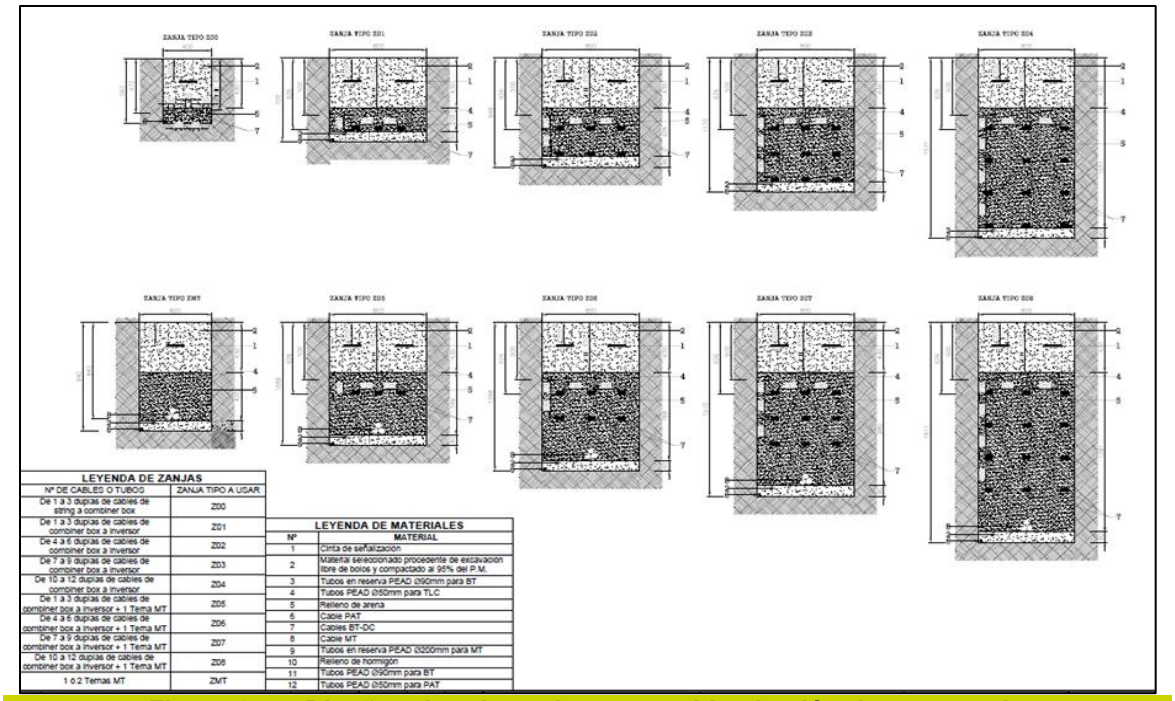
Se hará las instalaciones eléctricas a la derivación desde los inversores al sistema, mediante tubería enterrada. En primer lugar, se colocará el cable de tierra en la parte inferior de la zanja y se colocará una capa de arena de altura definida según plano correspondiente. La arena deberá ser extendida 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.

- Tendido de cableado entre estaciones y puntos 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 des bobinado. En caso contrario, el cable avanzaría con el camión y se desplazaría sobre la zanja.

- Conexión de acometidas al sistema eléctrico de Ecopetrol S.A

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 (Ver **Figura 2-44**), las cuales irán cambiando de acuerdo con el grupo de mesas que se interconectaran 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.



LEYENDA DE ZANJAS

Nº DE CABLES O TUBOS	ZANJA TIPO A USAR
De 1 a 3 duplas de cables de string a combiner box	Z00
De 1 a 3 duplas de cables de combiner box a inversor	Z01
De 4 a 6 duplas de cables de combiner box a inversor	Z02
De 7 a 9 duplas de cables de combiner box a inversor	Z03
De 10 a 12 duplas de cables de combiner box a inversor	Z04
De 1 a 3 duplas de cables de combiner box a inversor + 1 Terna MT	Z05
De 4 a 6 duplas de cables de combiner box a inversor + 1 Terna MT	Z06
De 7 a 9 duplas de cables de combiner box a inversor + 1 Terna MT	Z07
De 10 a 12 duplas de cables de combiner box a inversor + 1 Terna MT	Z08
1 ó 2 Ternas MT	ZMT

LEYENDA DE MATERIALES

Nº	MATERIAL
1	Cinta de señalización
2	Material seleccionado procedente de excavación libre de bolos y compactado al 95% del P.M.
3	Tubos en reserva PEAD Ø90mm para BT
4	Tubos PEAD Ø50mm para TLC
5	Relleno de arena
6	Cable PAT
7	Cables BT-DC
8	Cable MT
9	Tubos en reserva PEAD Ø200mm para MT
10	Relleno de hormigón
11	Tubos PEAD Ø90mm para BT
12	Tubos PEAD Ø50mm para PAT

Figura 2-44 Diseños tipo de zanjas para cableado eléctrico enterrado
Fuente: ECOPETROL S.A, 2025

- 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 (Ver **Fotografía 2-47**)



Fotografía 2-47 Sistema de vigilancia
Fuente: ECOPETROL S.A, 2025

➢ **Etapa operativa**

✓ Generación de energía eléctrica asociada a fuente fotovoltaica (A-40)

Una vez finaliza todas las actividades constructivas e instalaciones eléctricas, se procede a realizar 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 se 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

Y se verifica el correcto funcionamiento en la captación de la radiación solar, conversión a energías eléctrica y conexiones a las redes el área de Desarrollo.

✓ Mantenimiento de facilidades e infraestructura asociada a generación de energía eléctrica (A-45)

El mantenimiento se realizará de acuerdo con las necesidades del proyecto y de acuerdo con los periodos que se establezcan por los encargados del correcto funcionamiento del parque, entre los mantenimientos se realiza la Inspección de los principales equipos e instalaciones:

- Tuberías de P. V. C.
- Inversores
- Transformadores
- Celdas de media tensión
- Bloque de potencia
- Cuadros eléctricos principales y cuadros secundarios
- Paneles de control
- Instrumentación

2.2.2.6.3.4 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)

El parque fotovoltaico contara con una extensión máxima de 42 Ha y contará con unas zonas o áreas de configuración de los paneles solares la cuales estarán divididas por áreas de circulación o carreteables internos que permitan el fácil desplazamiento entre las instalaciones, el área para la instalación de inversores, transformadores y cuartos de control. A continuación, en la **Figura 2-45** se identifica el diseño tipo de un parque fotovoltaico y su distribución interna de manera esquemática. (Ver el anexo 4. Anexos Descripción del Proyecto/4.2 Diseños Tipo/Diseño tipo Parque Fotovoltaico)

La ubicación de estas instalaciones, se establecerán de acuerdo con los resultados y donde lo permita la zonificación ambiental del presente Estudio de Impacto ambiental y de acuerdo con las consideraciones que sean emitidas por parte de la Autoridad Ambiental.

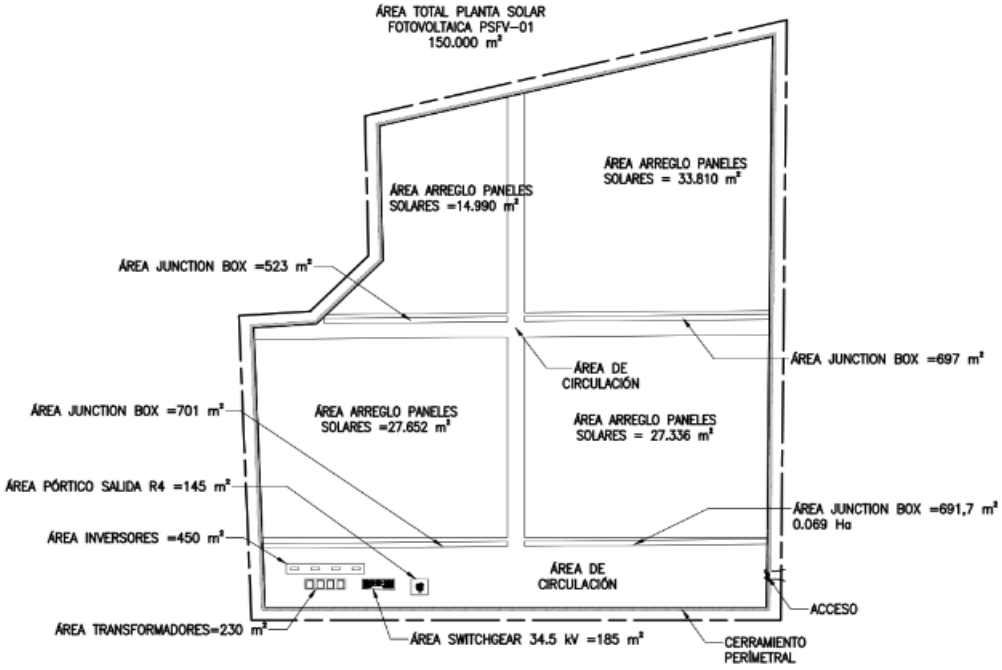


Figura 2-45 Diseños tipo para el parque fotovoltaico
Fuente: 4. Anexos Descripción del Proyecto/4.2 Diseños Tipo/Diseño tipo Parque Fotovoltaico. ECOPETROL S.A, 2025

Tabla 2-73 Distribución de áreas estimadas para el parque fotovoltaico

DESCRIPCIÓN	ÁREA (HA)	ÁREA (m2)
Arreglo de paneles solares (Zona 1)	9,00	90000
Arreglo de paneles solares (Zona 2)	9,00	90000
Arreglo de paneles solares (Zona 3)	9,00	90000
Arreglo de paneles solares (Zona 4)	9,00	90000
Área de circulación	5,00	50000
Área pórtico de salida	0,02	200
Área de transformadores	0,10	1000

DESCRIPCIÓN	ÁREA (HA)	ÁREA (m2)
Área Switchgear	0,08	800
Área de inversores	0.10	1000
Área caja de conexiones	0.70	7000
TOTAL	42,00	420000

Fuente: ECOPETROL S.A, Adaptado por SGI S.A.S, 2025

2.2.2.6.3.5 Movimientos de tierra

Para la construcción del parque fotovoltaico, se espera un movimiento de tierras tal como se observa en la **Tabla 2-74**, donde se estima, para el cálculo del descapote, un espesor promedio de 0,20 m y para la excavación un espesor promedio de 1,50 m; 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 40% del volumen excavado y que hasta un 60% del material de corte será dispuesto en los ZODME autorizados. (Ver el anexo 4. Anexos Descripción del Proyecto/4.5 Movimiento de tierras). Para la construcción del parque fotovoltaico, se toma las condiciones promedio de terraplén hasta 2,00 m, donde se estima un volumen de material para conformar del mismo de 840000 m3, 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 del área del tratamiento de los cortes de perforación y proporcionar la capacidad portante que requiere la infraestructura, 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 planee 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 42,00 ha.

Tabla 2-74 Movimiento de tierras estimado en la construcción del parque fotovoltaico

TIPO DE ACTIVIDAD	ÁREA TOTAL (ha)	ÁREA TOTAL (ha)	ÁREA TOTAL QUE 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)	VOLUMEN DE CORTE CON FACTOR DE EXPANSIÓN DEL (20%)	VOLUMEN DE RELLENO CON FACTOR DE COMPACTACIÓN DEL (30%)
Construcción y operación de parques Fotovoltaicos	1 polígono hasta de un área total de 42 ha	42	420000	0,20	1,50	2,00	84000	630000	840000	**756,000**	**1092000**
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: 4. Anexos Descripción del Proyecto/4.5 Movimiento de tierras ECOPETROL S.A, adaptado por SGI S.A.S, 2025

2.2.2.6.3.6 Estimativos de maquinaria, equipos

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 2-75**, se exponen los estimados de maquinaria y equipo para las obras civiles.

Tabla 2-75 Estimativo de mano de obra para la construcción del parque fotovoltaico

MAQUINARIA Y EQUIPOS	CANTIDAD
Retroexcavadoras	2
Motoniveladora	2
Buldócer	2
Vibrocompactador	1
Volquetas	3
Mezcladora de concreto	3
Hincadoras	3

Nota: La maquinaria indicada es estimada, 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: ECOPETROL S.A, 2025

2.2.2.6.3.7 Estimativo de mano de obra

A continuación, en la **Tabla 2-76** se relaciona la cantidad de personal estimado, para la construcción de parque fotovoltaico de acuerdo con las principales fases constructivas en este listado se incluye tanto la mano de obra calificada (MOC) como la no calificada (MONC). Este estimativo podrá variar de acuerdo con las necesidades del proyecto y las cantidades finales se presentarán en el respectivo Plan de Manejo Ambiental especifico.

Tabla 2-76 Estimativo de mano de obra para la construcción del parque fotovoltaico

CARGO	NO. DE PERSONAS	MANO DE OBRA
Adecuaciones, patio, oficina, cuartos, eléctricos y de control	15	MONC
Montaje de paneles y estructuras	4	MONC
Montaje equipos de patio	22	MONC
Montaje de tableros de control y sw	7	MOC
Precomisionamiento y comisionamiento	4	MOC
Sistema contra incendios y fire & gas	4	MOC
Montaje y configuración de cada eléctrico y coordinación	3	MOC
Administración y otros	5	MOC
Vigilancia	3	MONC
Operación	1	MOC
TOTAL	**68**	

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: ECOPETROL S.A, 2025

2.2.2.6.3.8 Asentamientos humanos e infraestructura social, económica y cultural a intervenir

Las actividades que 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 redunda 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.

2.2.2.6.3.9 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 Área de Desarrollo Bucare; en este sentido, fueron identificados y evaluados los impactos “Alteración a la concentración de contaminantes criterio y sustancias toxicas en el 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 de 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, generadas durante el desarrollo del proyecto.
- ✓ Formular las acciones de control para el manejo de los impactos sobre la calidad de aire enfocándose en la reducción del material particulado y gases provenientes de las fuentes fijas o dispersas y fuentes móviles.
- ✓ Garantizar el cumplimiento de la normativa ambiental vigente en materia de calidad del aire, a través del monitoreo, reporte y mejora continua de las medidas de control implementadas.

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.

2.2.2.6.3.10 Relación de las actividades de mantenimiento, incluyendo insumos, residuos y tratamiento

[1] Definido como: Cambio en las concentraciones de los contaminantes criterio y/o tóxicos en el aire producto de las emisiones generadas como consecuencia de un proyecto, obra o actividad.
[2] Definido como: Cambio en los niveles de ruido ambiental como consecuencia de la emisión de ruido de un proyecto, obra o actividad.

Dentro de las instalaciones y operación de campamentos temporales para la ejecución de la fase constructiva, se pueden adecuar sitios de almacenamiento de insumos, sustancias y combustibles de manera temporal de acuerdo con las necesidades del proyecto y teniendo en cuenta la aplicación de las medidas de manejo requeridas.

Los posibles tipos de residuos que se generarán para instalación y operación líneas eléctricas en las diferentes etapas del proyecto serían los siguientes:

- **Residuos industriales peligrosos**

✓ Contenedores vacíos de combustibles y pinturas entre otros
✓ Residuos de material contaminado con combustibles.

- **Residuos industriales no peligrosos**

✓ Residuos de madera de los guacales en los que vendrán los diferentes insumos para la instalación de los diferentes sistemas de generación; esta madera contará con licencia fitosanitaria.
✓ Residuos de plásticos.
✓ Residuos de retales metálicos
✓ Residuos de aparatos eléctricos y electrónicos.
✓ Residuos ordinarios.

La distribución de áreas al interior de estas facilidades se presentará en los planes de manejo específicos, donde se establecen las zonas para adecuar sitios de almacenamiento de insumos, sustancias y combustibles. Los tratamientos de cada insumo que sea almacenado se llevaran de acuerdo con el estricto cumplimiento por el establecido por el fabricante y los protocolos de Ecopetrol para el manejo de dichos insumos

Es importante señalar que las actividades de mantenimiento necesarias dentro de la construcción y operación de parques Fotovoltaicos, se encuentran inmersas dentro de la etapa operativa, específicamente por medio de la actividad (A-45) Mantenimiento de facilidades e infraestructura asociada a generación de energía eléctrica.

2.2.2.6.3.11 Sistemas y fuentes de generación de energía

En la agrupación de la estrategia de desarrollo correspondientes a la Generación y operación de sistemas de energía eléctrica, se describen todos los procesos y sistemas de generación de energía, los cuales representan las principales fuentes de energía para el área de Desarrollo Bucare.

Se podrán emplear sistemas de generación de energía convencional para el abastecimiento de energía requerida durante la construcción y montaje de la infraestructura asociada a cada estrategia.

Los procesos constructivos que se requieren para la instalación de los sistemas que conforman la estrategia requerirán de energía eléctrica que podría ser suplida a través de generadores eléctricos en sitio o según lo proyectado en la estrategia de desarrollo. Por su parte, para la operación, el suministro de energía eléctrica será tomado a través de redes eléctricas en función del avance de la estrategia de desarrollo y de acuerdo con lo proyectado en la estrategia de desarrollo ED16.

La energización a través de redes procedentes de campos y/o bloques aledaños y/o del Sistema Interconectado Nacional (SIN) o regional no corresponde a una estrategia de generación, sin embargo, como primera alternativa para la alimentación general de las cargas proyectadas en el campo (para cualquiera de las estrategias de desarrollo), 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.

Para esta alimentación, será necesaria la construcción y operación de líneas, subestaciones (SE), centros de maniobra (CM) y/o de distribución (CD), según se describe en las estrategias de desarrollo ED17.

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. Una vez llegue a las facilidades, podrá ser almacenado en tanques debidamente señalizados y se emplean todas acciones orientadas a prevenir derrames.

2.2.2.6.3.12 Desmantelamiento y restauración de las áreas intervenidas por la actividad constructiva

El abandono del área implica en lo especifico a infraestructura eléctrica instalada, la ejecución de cuatro acciones principales:

- ✓ Desmantelamiento de instalaciones, retiro de equipos e infraestructura y salida de maquinaria (A-46)
- ✓ Demolición y desmonte de infraestructura (A-49)
- ✓ Limpieza de áreas (A-50)
- ✓ Reconformación del terreno, empradización y/o revegetalización (A-51)
- ✓ Cierre de compromisos socio ambientales (A-52)

Una vez se cumpla con la vida útil del proyecto y sea desmantelado y reconformado el terreno, se verificará con el equipos social y ambiental de Ecopetrol S.A, que se cumplan las condiciones para la entrega del terreno al propietario y que, por medio de registros fotográficos y actas, se haga la entrega a satisfacción de las partes involucradas.

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”.

2.2.2.6.3.13 Duración de las obras, etapas y cronograma de actividades

El cronograma general presentado en la tabla 2.5 del subcapítulo 2.1 “Características del Proyecto”, reúne las diferentes estrategias de desarrollo contempladas para el Área de Desarrollo Bucare y corresponde a una proyección de tiempos estimados de ejecución de las mismas, estos tiempos pueden 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 en la construcción del parque fotovoltaico se irán ajustando de acuerdo al desarrollo del Área y necesidades del proyecto.

A continuación, en la **Tabla 2-77** se presenta las actividades y tiempos estimados en la construcción del parque fotovoltaico

Tabla 2-77 Duración estimada en la construcción del parque fotovoltaico

ETAPA	SUBETAPA	ID	ACTIVIDAD	TIEMPO (MESES)											
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ETAPA PREOPERATIVA		*A-01*	*Adquisición de predios y derechos de servidumbres*												

ETAPA	SUBETAPA	ID	ACTIVIDAD	TIEMPO (MESES)											
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
CONSTRUCTIVA	ADECUACIÓN Y/O CONSTRUCCIÓN DE OBRAS CIVILES (Vías, Locaciones, ZODMES, Facilidades de Producción, infraestructura eléctrica y/o autogeneración)	A-02	Localización y replanteo												
		A-03	Desmonte, descapote, rocería y limpieza												
		A-04	Movimiento de tierras (excavación, cortes y rellenos)												
		A-05	Cuneteo, extendido, nivelación y compactación												
		A-07	Construcción y/o adecuación de obras para manejo de aguas superficiales, lluvias y aceitosas												
		A-08	Construcción y/o adecuación de estructuras en concreto												
		A-09	Montaje e instalación de estructuras metálicas												
		A-10	Estabilización y/o Revegetalización de taludes												
		A-11	Operación de maquinaria y equipos												
	INFRAESTRUCTURA ELÉCTRICA Y/O AUTOGENERACIÓN (LE, CM, CD, SE e infraestructura conexa)	A-25	Operación de generadores												
		A-26	Montaje e instalación de infraestructura y equipos para energía fotovoltaica												
OPERATIVA	INFRAESTRUCTURA ELÉCTRICA Y/O GENERACIÓN Y OPERACIÓN DE ENERGÍAS RENOVABLES	A-40	Generación de energía eléctrica asociada a fuente fotovoltaica												
	MANTENIMIENTO	A-45	Mantenimiento de facilidades e infraestructura asociada a generación de energía eléctrica												
DESMANTELAMIENTO, ABANDONO Y RESTAURACIÓN		A-46	Desmantelamiento de instalaciones, retiro de equipos e infraestructura y salida de maquinaria.	Las actividades de desmantelamiento, abandono y restauración contemplan el desmantelamiento y restauración de todas las áreas intervenidas para la ejecución de las actividades correspondientes a la presente estrategia de desarrollo. Su principal objetivo es recuperar y mejorar ambientalmente dichas áreas, para esto se llevará a cabo un plan de acción que contemple el restablecimiento de las condiciones ambientales anteriores a la intervención											
		A-49	Demolición y desmonte de infraestructura												
		A-50	Limpieza de áreas												
		A-51	Reconformación del terreno, empradización y/o revegetalización												
		A-52	Cierre de compromisos socio ambientales												
ACTIVIDADES TRANSVERSALES		A-53	Contratación de mano de obra	Las actividades transversales son ejecutadas a lo largo de todas las etapas del proyecto, razón por la cual no cuentan con un cronograma de ejecución de actividades específico											
		A-54	Adquisición de bienes y servicios												
		A-55	Transporte terrestre y/o aéreo de materiales,												

ETAPA	SUBETAPA	ID	ACTIVIDAD	TIEMPO (MESES)											
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
			equipos, maquinaria, insumos y personal												
		A-56	*Instalación y operación de campamentos temporales*												
		A-57	*Operación de ZODME*												
		A-58	*Uso de productos químicos, lubricantes y combustibles*												
		A-59	*Captación, transporte, almacenamiento y distribución de agua superficial para uso doméstico e industrial*												
		A-60	*Captación, transporte, almacenamiento y distribución de agua subterránea para uso doméstico e industrial*												
		A-61	*Gestión (Manejo, tratamiento y disposición final) de residuos líquidos domésticos y no domésticos*												
		A-62	*Gestión (Manejo, tratamiento y disposición final) de residuos sólidos*												
		A-63	*Manejo y disposición de residuos peligrosos*												
		A-64	*Reubicación de infraestructura de servicios públicos*												

Nota 1: Las actividades de ejecución y los tiempos estimados podrán variar en función de las necesidades y condiciones de cada proyecto (PMAE).
Nota 2: Las actividades de las etapas preoperativa y transversales, se deben ejecutar de acuerdo con los alcances específicos de cada PMAE
Nota 3: Las actividades de mantenimiento se ejecutarán de acuerdo con las necesidades del campo y desarrollo del mismo.
Fuente: SGI S.A.S, 2025

2.2.2.6.4 Generación de energía por medio de aprovechamiento de calor (ED19)

Del análisis de la cuenca Llanos y del documento "*EVALUACIÓN DEL RECURSO CALÓRICO DE BAJA Y MEDIA ENTALPIA EN YACIMIENTOS DE CUENCAS SEDIMENTARIAS"* (López. E., 2020). Se sugiere el aprovechamiento del calor de los fluidos de producción para generar energía eléctrica en coproducción con hidrocarburos dadas las condiciones de caudales esperados y temperatura del yacimiento en esta zona.

Con base en lo anterior, y teniendo en cuenta el potencial en la cuenca Llanos, se da inicio al estudio regional realizado por (Beicip., 2021) para Ecopetrol S.A., mediante modelos estáticos avanzados con la simulación de la evolución espacio temporal en cinturones estructuralmente deformados, el llenado, distribución de sedimentos y la reconstrucción termal de la cuenca Llanos, permitiendo construir escenarios probabilísticos para determinar la energía extractable teóricamente en los reservorios regionales de donde se explotan hidrocarburos y guían la estrategia de exploración y explotación del recurso geotérmico integrando la información de cuenca, bloque, campo y superficie.

La generación de energía eléctrica asociada al aprovechamiento en superficie del calor natural del subsuelo para generar energía eléctrica corresponde a una tecnología que aprovecha la energía térmica almacenada en el subsuelo, la cual proviene de fuentes naturales como el calor residual de la formación de la tierra. Este calor se encuentra disponible de manera constante y se puede utilizar para generar electricidad de manera sostenible.

Este proceso se lleva a cabo o bien a través de la perforación de los pozos que logre alcanzar una unidad donde las temperaturas sean significativamente más altas que en superficie o por medio de la disipación de calor que se tenga en los procesos de tratamiento y separación que lleven a cabo en superficie. Esto se traduce en dos sistemas: uno donde el agua se extrae y se utiliza directamente o se convierte en vapor para generar energía eléctrica; este mismo sistema puede ser a través de la extracción de vapor seco a media y baja presión obtenido del pozo. El vapor extraído o producido se utiliza para impulsar algún tipo de turbina de generación eléctrica. El segundo, fácilmente se intuye, utiliza el vapor en superficie para impulsar alguna turbina y generar energía eléctrica.

Esta generación tiene una serie de ventajas ambientales como son:

- ✓ Energía renovable y sostenible: utiliza una fuente renovable y continua como es el calor del subsuelo, prácticamente inagotable en escalas humanas de tiempo.
- ✓ Cero emisiones de gases de efecto invernadero: la generación en específico no emite gases de efecto invernadero.
- ✓ Eficiencia energética: La generación geotérmica puede presentar una alta eficiencia energética en buenas condiciones de entalpia debido a su capacidad para aprovechar directamente el calor geotérmico, contribuyendo a una mayor eficiencia del sistema eléctrico en general.

La alternativa de generación de energía por aprovechamiento de calor incluye la posibilidad del aprovechamiento del gas de proceso y/o de formación, planteándose como una opción de generación limpia para el Área de Desarrollo Bucare, la cual se fundamenta principalmente en el aprovechamiento del calor del agua de producción, gas 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 (Ver **Figura 2-46**):

1. A profundidad el agua gana temperatura por acción del gradiente geotérmico.
2. Se produce agua caliente (Pozo con potencial térmico y en proceso de abandono).
3. Un intercambiador de calor pasa la energía calórica a un fluido de trabajo.
4. El fluido de trabajo llega a la turbina y convierte energía calórica en energía mecánica.
5. La energía mecánica se convierte en energía eléctrica.
6. Se dispone en pozo para reinyección del agua.

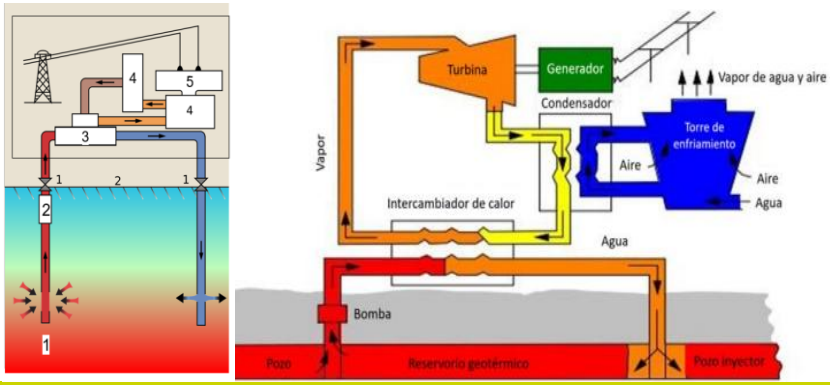


Figura 2-46 Esquema típico de generación de energía por aprovechamiento de calor
Fuente: ECOPETROL S.A, 2025

Se estima la implementación de tres tipos de generación de energía por aprovechamiento de calor para el Área de Desarrollo Bucare, para lo cual se requiere inicialmente comprender el término entalpia.

La entalpía es la cantidad de energía que un sistema puede intercambiar con su entorno, 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**

El aprovechamiento de calor de baja entalpía en pozos de hidrocarburos es un proceso que implica la extracción de calor del subsuelo a través de la circulación de fluidos geotérmicos por los pozos de producción de petróleo o gas. Este método se utiliza en yacimientos de hidrocarburos que tienen temperaturas de inferiores a los 100°C.

En este proceso, se utilizan intercambiadores de calor para transferir el calor del fluido geotérmico al fluido de producción de hidrocarburos. El fluido geotérmico se bombea a través de un circuito cerrado, que incluye un intercambiador de calor y un sumidero, donde el fluido se enfría y se devuelve al subsuelo, este sistema se utiliza cuando se requiere en superficie de fuentes de calor externas al yacimiento para calentar el agua y producir energía eléctrica (Ver **Figura 2-47**).

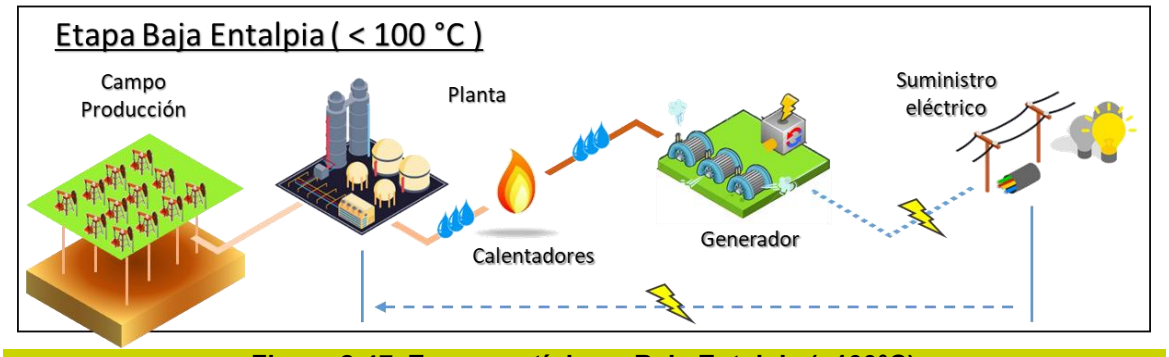


Figura 2-47 Esquema típico – Baja Entalpia (<100°C)
Fuente: ECOPETROL S.A, 2025

De manera que se emplea el uso de energía renovable no convencional mediante el aprovechamiento de calor del fluido calentado por gradiente geotérmico (geotermia), para la generación de energía eléctrica a partir del aprovechamiento del calor del agua de producción y de gases de exhosto, sistema híbrido - ORC; con la consecuente reducción de gases de efecto invernadero (GEI), reducción de la compra de energía de la red y ciclo cerrado con el aprovechamiento de los volúmenes de agua del subsuelo. (Ver **Figura 2-48**)

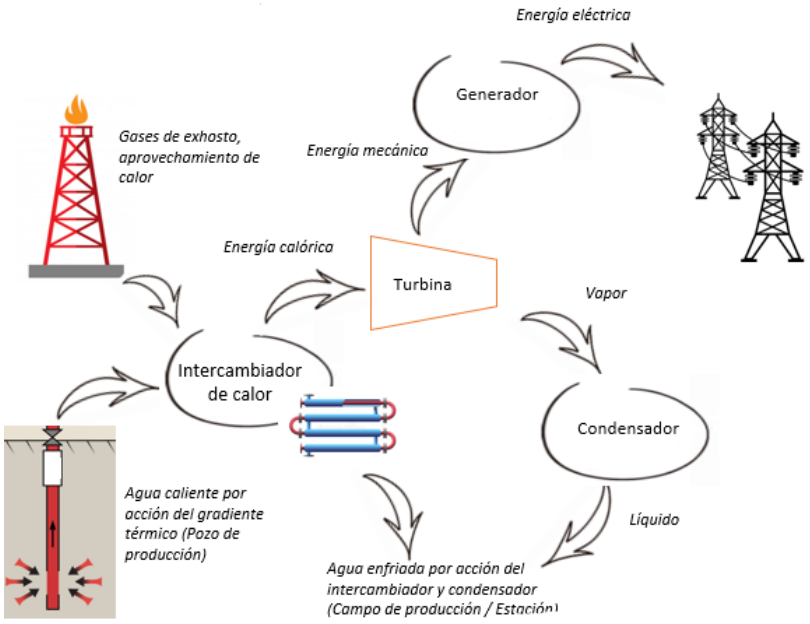


Figura 2-48 Proceso sistema – ORC – Baja Entalpia
Fuente: ECOPETROL S.A, 2025

- **Media Entalpia**

Cuando se aprovecha el fluido caliente en cercanía a la boca de pozo antes de entrar a la planta de producción evitando enfriamiento (Ver **Figura 2-49**)

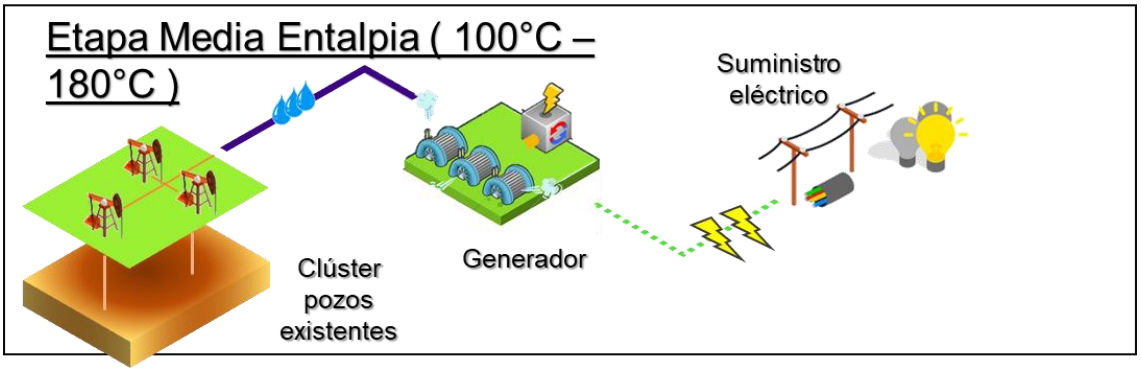


Figura 2-49 Esquema típico – Media Entalpia (120° - 180°)
Fuente: ECOPETROL S.A, 2025

De manera que se emplea el uso de energía renovable no convencional mediante geotermia, para la generación de energía eléctrica a partir del aprovechamiento del calor del agua de producción con la consecuente reducción de gases de efecto invernadero (GEI) y ciclo cerrado con el aprovechamiento de los volúmenes de agua del subsuelo.

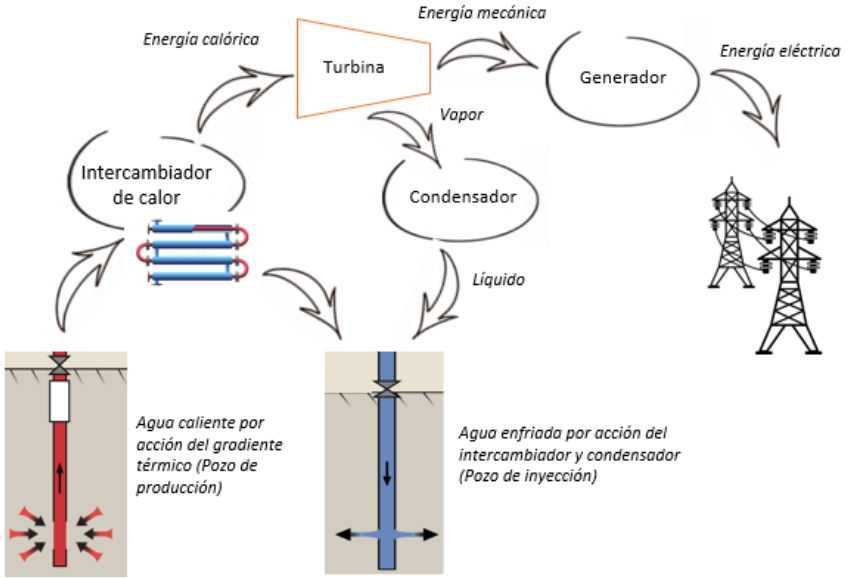


Figura 2-50 Proceso sistema – ORC – Media Entalpia
Fuente: ECOPETROL S.A, 2025

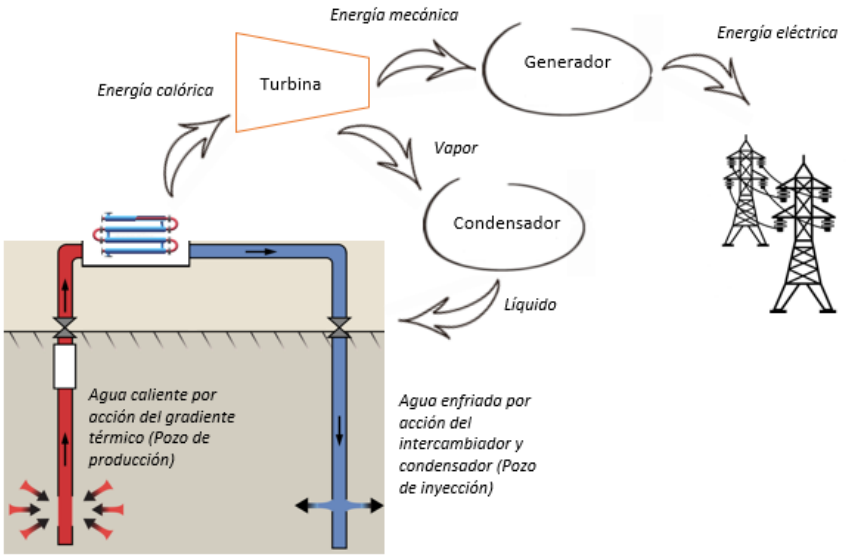


Figura 2-51 Proceso sistema – ORC – Media Entalpia
Fuente: ECOPETROL S.A, 2025

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 (Ver **Figura 2-47**).

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, o incluso en los CPF siempre que la pérdida de calor así lo permita, evitando enfriamiento (Ver **Figura 2-49**).

En el área de Desarrollo Bucare, se tiene la intención de aprovechar el calor de las aguas de formación de las unidades Formación San Fernando también conocida como Formación Mirador, dichas formaciones también se constituyen como el objetivo primario de inyección. En la **Figura 2-52**, se muestra la columna estratigráfica generalizada de la cuenca donde se ubican las diferentes formaciones geológicas y su comportamiento en el yacimiento.

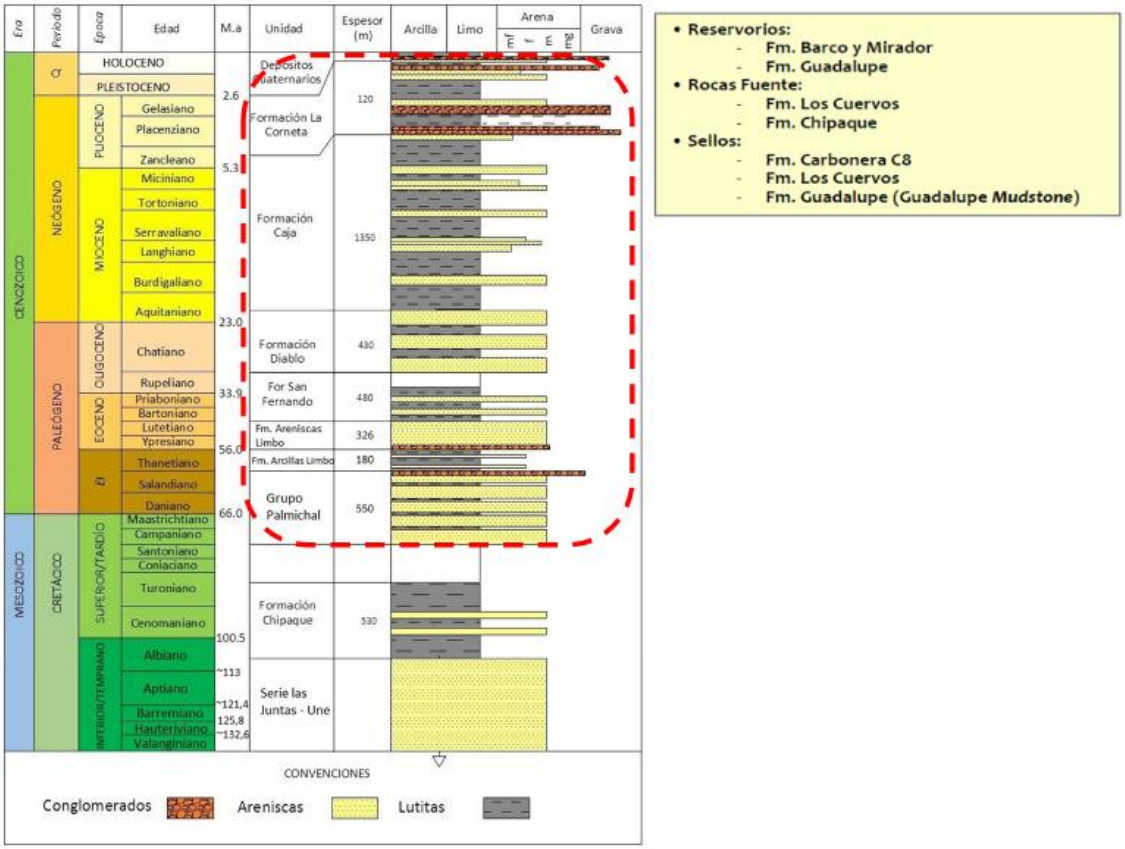


Figura 2-52 Columna estratigráfica del área de influencia
Fuente: ECOPETROL S.A, 2025

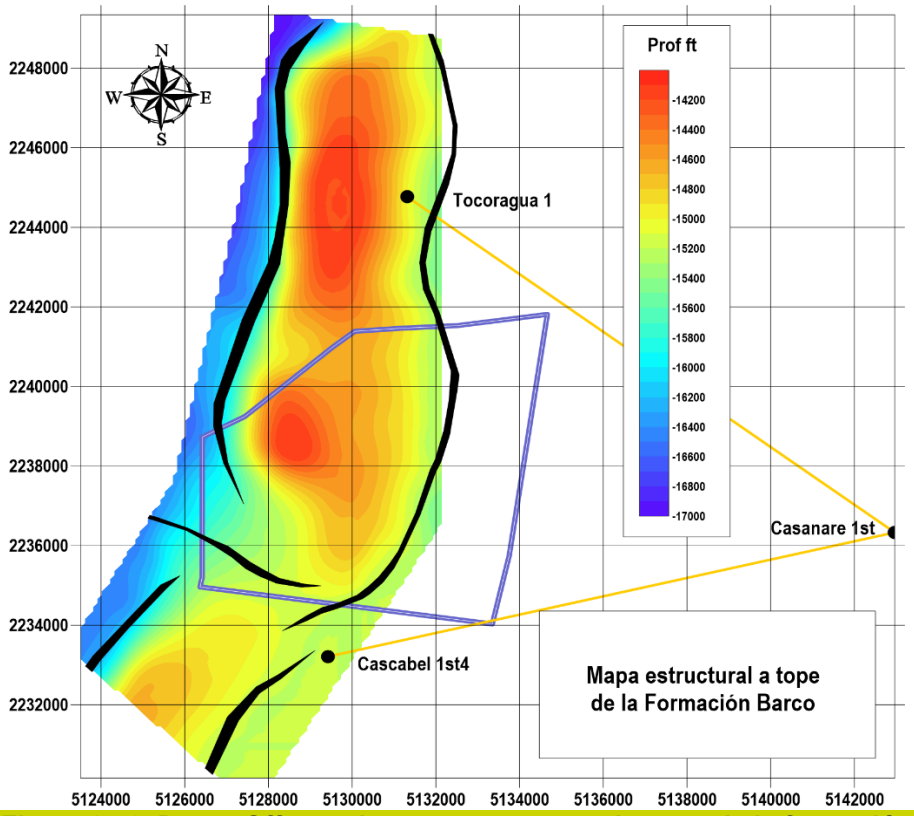


Figura 2-53 Pozos Offset sobre mapa estructural a tope de la formación
Fuente: ECOPETROL S.A, 2025

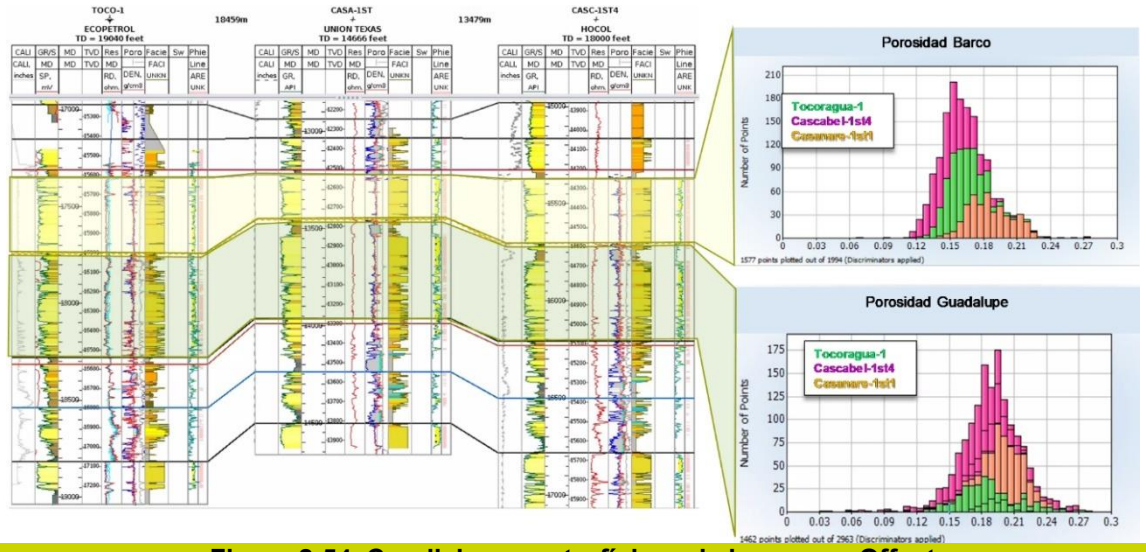


Figura 2-54 Condiciones petrofísicas de los pozos Offset
Fuente: ECOPETROL S.A, 2025

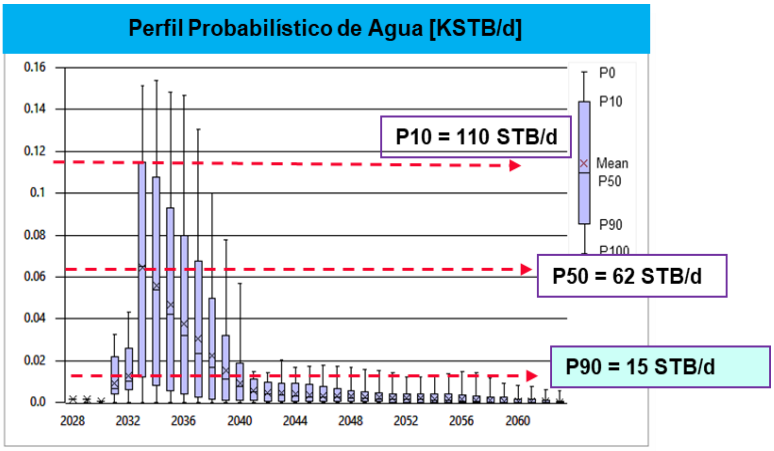
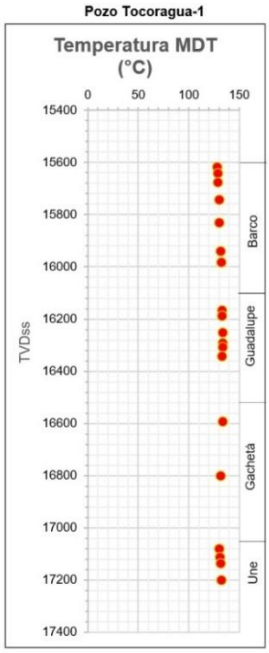


Figura 2-55 Perfil probabilístico de agua en los objetivos
Fuente: ECOPETROL S.A, 2025

Tomando como referencia el pozo análogo Tocorgagua 1 (Ver **Figura 2-56**) en las formaciones objetivo Barco y Guadalupe, se calcula un promedio de temperatura en el agua 132°C con un gradiente geotérmico de 22°C/Km, de esta manera se prevén unas condiciones similares en el yacimiento del área de Desarrollo Bucare.



GG (desde superficie) °C/km	GG (desde superficie) °F/100ft
22	1.19

En el pozo Tocoragua-1 las formaciones Barco y Guadalupe se encuentran a una temperatura por debajo de 150°C, con un valor promedio de 132 °C

Figura 2-56 Temperatura de agua de formación en los objetivos
Fuente: ECOPETROL S.A, 2025

En el Área de Desarrollo Bucare, se proyecta el aprovechamiento de calor usando el agua de formación de los 105 pozos proyectados (15 pozos, en 16 plataformas), además de contar con una infraestructura robusta (CPF, pozos, etc.) en conjunto con la disponibilidad de tener otros campos cercanos operados por Ecopetrol, lo que permite una integralidad y sinergia para la implementación de alternativas de generación de energía eléctrica extendiendo la vida útil de los activos de la empresa, el uso del potencial geotérmico y la maximización de esfuerzos en la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero de la empresa.

✓ Plantas de ciclo binario o ciclo orgánico de Tankine (ORC)

El proceso para la generación de energía eléctrica a partir de las fuentes de calor de media entalpía empleando el principio de la geotermia está constituido por dos elementos principales:

- Fuente de calor: Es el medio que transfiere el calor. Para el desarrollo de esta ingeniería, corresponde a los fluidos provenientes de los pozos de producción seleccionados en cada campo.
- Fluido de trabajo: Es el fluido que recibe el calor de la fuente de calor, usualmente de carácter orgánico, caracterizado por presentar un bajo punto de ebullición y una alta presión de vapor a bajas temperaturas en comparación con el vapor de agua.

La **Figura 2-57**, muestra un ciclo tipo ORC, 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.

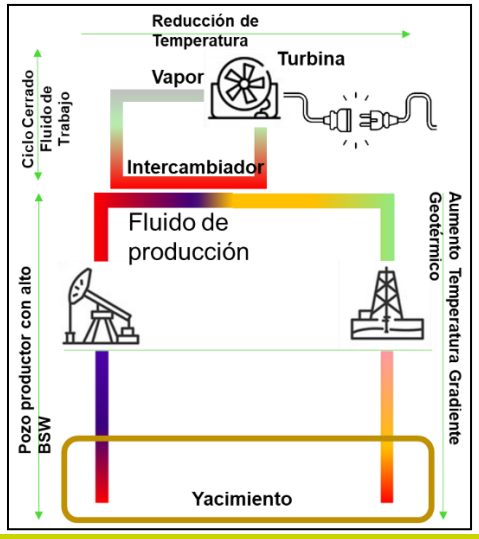


Figura 2-57 Ciclo de Rankine Orgánico (OCR)
Fuente: ECOPETROL S.A, 2025

2.2.2.6.4.1 Cantidades requeridas para el Área de Desarrollo Bucare

Para el Área de Desarrollo Bucare, se proyecta la instalación de infraestructura necesaria para la generación de energía con el aprovechamiento de calor producto de los pozos perforados, el cual podría ser desarrollado de forma secuencial en función avance o necesidades de la operación del campo, lo anterior, de acuerdo a lo establecido en la zonificación ambiental de manejo, donde dichas instalaciones se realizaran dentro del CPF y no se generará solicitud de áreas adicionales a las 42 ha, del CPF. En la **Tabla 2-78**, se relaciona la solicitud de la estrategia de Desarrollo para el aprovechamiento de calor en el Área de Desarrollo Bucare:

Tabla 2-78 Solicitud de la estrategia de desarrollo

ESTRATEGIA DE DESARROLLO	ALCANCE	UBICACIÓN
Generación de energía por medio de	Se solicita el permiso para la generación de energía a través del aprovechamiento de calor, prueba tecnológica, de aprovechamiento de calor, en tres líneas:	Se tiene proyectado la implementación de esta estrategia al interior del

ESTRATEGIA DE DESARROLLO	ALCANCE	UBICACIÓN
aprovechamiento de calor	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.	CPF, por tal razón, no se requiere de áreas adicionales para este fin.

Fuente: ECOPETROL S.A, 2025

2.2.2.6.4.2 Alternativas de ubicación y selección de sitios (Criterios técnicos, tecnológicos y ambientales)

La selección del sitio para la instalación de equipos en el aprovechamiento de calor se proyecta dentro del CPF a construir bajo los parámetros establecidos en la estrategia de desarrollo ED10 en su numeral 2.2.2.5.1 “Instalación y operación de facilidades Centrales de Producción CPF, no se proyectan nuevas áreas a solicitar en esta estrategia.

- **Monitoreo y vigilancia Tecnológica**

En las fases iniciales del dimensionamiento del potencial y para establecer la tecnología adecuada, es necesario realizar el monitoreo y vigilancia tecnológica, las cuales incluyen a parte de una revisión bibliográfica extensa, la entrevista con diferentes actores de la industria geotérmica a nivel mundial, para lo cual se interactúo con empresas líderes en producción de equipos y en exploración geotérmica como por ejemplo las japonesas Mitsubishi, Toshiba y Fuji Electronics junto con la israelí Ormat las cuales encabezan el top 5 de las empresas líderes a nivel mundial en la industria geotérmica.

La etapa de monitoreo y vigilancia tecnológica permiten conocer el estado del arte en términos de co-producción a nivel mundial, localizando los proyectos, probados y en desarrollo que se adelantan en otros países, y esto permite comparar los potenciales identificados en los activos de Ecopetrol S.A con los que se observan a nivel mundial.

Los potenciales identificados en temperaturas de superficie en campos de la cuenca Llanos Orientales en Colombia, se sitúan sobre los 80°C, lo cual se compara con casos a nivel mundial que se encuentran probados y funcionando en generación de energía eléctrica.

El avance tecnológico en plantas que permiten aprovechar el fluido de un pozo para producción de energía eléctrica ha permitido reducir los rangos de temperaturas necesarios, revelando resultados con temperaturas incluso de 70°C con una tecnología portátil como se observa en la imagen.



Fotografía 2-48 Tecnología portátil
Fuente: ECOPETROL S.A, 2025

2.2.2.6.4.3 Métodos constructivos y operativos

La filosofía de operación del proceso de generación de energía por aprovechamiento de calor consiste en recuperar la energía de los fluidos de pozos (fluido geotérmico) en forma de calor mediante el intercambio de calor con el fluido de trabajo, el fluido geotérmico cede calor al fluido de trabajo (isopentano o refrigerante) a través del intercambiador de calor, donde el fluido de trabajo se calienta y se vaporiza a través de un ciclo orgánico de Rankine. 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.

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 las locaciones multipozos que cuenten con la generación geotérmica cesen la producción y la generación supere la demanda de la locación multipozo, el excedente de energía podrá ser entregado a la red, aprovechando el sistema de sincronismo, transformadores, interruptores, seccionadores, y re-conectadores, lo que permitirá reducir el consumo de energía que utiliza combustibles fósiles. Lo anterior se hará empleando un sistema de transferencia en el nivel de tensión que corresponda (34,5 kV y/o 115 kV).

Tabla 2-79 Actividades para la estrategia para el aprovechamiento de calor

ETAPA	SUBETAPA	ID	ACTIVIDAD
CONSTRUCTIVA	***INFRAESTRUCTURA ELÉCTRICA Y/O AUTOGENERACIÓN (LE, CM, CD, SE e infraestructura conexa)***	***A-27***	*Montaje e instalación de infraestructura y equipos para generar energía eléctrica asociada a fuente de aprovechamiento de calor*
OPERATIVA	***INFRAESTRUCTURA ELÉCTRICA Y/O GENERACIÓN Y OPERACIÓN DE ENERGÍAS RENOVABLES***	***A-41***	Generación de energía eléctrica asociada al aprovechamiento de calor
	MANTENIMIENTO	***A-45***	Mantenimiento de facilidades e infraestructura asociada a generación de energía eléctrica
DESMANTELAMIENTO, ABANDONO Y RESTAURACIÓN		***A-46***	*Desmantelamiento de instalaciones, retiro de equipos e infraestructura y salida de maquinaria.*

ETAPA	SUBETAPA	ID	ACTIVIDAD
		A-49	Demolición y desmonte de infraestructura
		A-50	Limpieza de áreas
		A-51	Reconformación del terreno, empradización y/o revegetalización
		A-52	Cierre de compromisos socio ambientales
ACTIVIDADES TRANSVERSALES		***A-53***	*Contratación de mano de obra*
		A-54	*Adquisición de bienes y servicios*
		A-55	*Transporte terrestre y/o aéreo de materiales, equipos, maquinaria, insumos y personal*
		A-58	Uso de productos químicos, lubricantes y combustibles
		A-59	*Captación, transporte, almacenamiento y distribución de agua superficial para uso doméstico e industrial*
		A-60	*Captación, transporte, almacenamiento y distribución de agua subterránea para uso doméstico e industrial*
		A-61	*Gestión (Manejo, tratamiento y disposición final) de residuos líquidos domésticos y no domésticos*
		A-62	*Gestión (Manejo, tratamiento y disposición final) de residuos sólidos*
		A-63	*Manejo y disposición de residuos peligrosos*

Fuente: SGI S.A.S, 2025

➢ **Etapa Constructiva**

✓ Montaje e instalación de infraestructura y equipos para generar energía eléctrica asociada a fuente de aprovechamiento de calor (A-27)

Corresponde a la ubicación de equipos y ensamblaje del sistema como son las conexiones entre calderas, torres de enfriamiento, intercambiadores de calor, condensadores, turbinas y generadores y puesta en marcha del todo el sistema para la generación de energía eléctrica a partir de este aprovechamiento calorífico.

➢ **Etapa Operativa**

✓ Generación de energía eléctrica asociada al aprovechamiento de calor (A-41)

- Generación de energía con combustibles fósiles

Las diferentes estrategias de desarrollo en el Área de Desarrollo Bucare, como se ha indicado anteriormente, tendrán unas actividades constructivas, perforación, pruebas y mantenimiento, así como determinados arranques de operación inicial en donde existe la posibilidad de carecer del sistema de suministro de energía. En este sentido, se hace necesario considerar, para las actividades que así lo requieran, una alimentación convencional a partir de generadores en sitio que utilizan combustibles fósiles (caso de obras civiles, perforación, operación de pozos y facilidades, etc.), no obstante, si existen redes y sistemas que permitan suplir la alimentación eléctrica a las cargas en las diferentes etapas del campo, se podrán hacer los tendidos y conexiones necesarias.

Adicionalmente, los inicios de operación de las diferentes estrategias de desarrollo podrán ser suplidos a través de combustibles fósiles hasta la entrada en servicio o interconexión con sistemas eléctricos dispuestos para ello.

Para una generación con base en combustibles fósiles más centralizada, 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 capacidad de generación y estarían sujetos a la disponibilidad en el mercado; estos también 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). En este sentido, es importante señalar, que para el desarrollo del proyecto se seleccionarán tecnologías que propendan por la disminución de emisiones.

Dentro del sistema de generación eléctrica se incluyen las calderas, turbogeneradores, motores reciprocantes, turbinas de vapor, entre otros. A continuación, se presenta una descripción de algunos de los procesos que se implementarán para la generación de energía con combustibles fósiles, aclarando que son estimaciones de proceso y de equipos que podrán variar en función de las necesidades y/o requerimientos del proyecto y de la disponibilidad tecnológica al momento de llevar a cabo alguno de los subsistemas de generación.

- Generación a través de Calderas

La caldera (Ver **Figura 2-58**) 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.

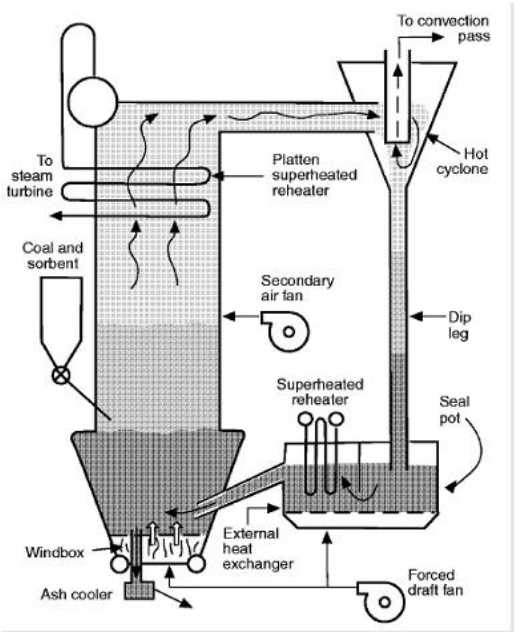


Figura 2-58 Caldera para aprovechamiento energético de crudo
Fuente: ECOPETROL S.A, 2025

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 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 reciprocantes

El proceso se basa en el calentamiento, filtrado y activado del combustible, con el objeto de garantizar que, al ingreso de este al sistema de inyección de los motores, conserve 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; por lo tanto, 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 (SOx, NOx y COx) 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 NOx, debido a las temperaturas de operación más bajas con respecto a las calderas convencionales.
- Control en sitio de las emisiones de SO2, al utilizar la piedra caliza en el lecho durante la combustión del combustible (asfalteno o crudo).

2.2.2.6.4.4 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)

Para la estrategia del aprovechamiento de calor, se proyecta la ubicación de equipos dentro del CPF por tal razón no se solicitan nuevas áreas a las ya mencionadas en las estrategias de Desarrollo del presente estudio EIA.

La ubicación de estas instalaciones, se establecerán de acuerdo con los resultados y donde lo permita la zonificación ambiental del presente Estudio de Impacto ambiental y de acuerdo con las consideraciones que sean emitidas por parte de la Autoridad Ambiental.

2.2.2.6.4.5 Movimientos de tierra

Los movimientos de tierra para la estrategia del aprovechamiento de calor para la generación de energía eléctrica, está asociada a los movimientos de tierra estimados en la estrategia de desarrollo ED10 “Instalación y operación de Facilidades Centrales de Producción -CPF” como parte de estas instalaciones no se generan movimientos de tierras adicionales.

2.2.2.6.4.6 Estimativos de maquinaria, equipos

La Maquinaria requerida para la adecuación de cimentaciones e instalación de equipos para el aprovechamiento de calor dentro del CPF se identifican a continuación en la **Tabla 2-80** donde el listado corresponde a una cantidad que podrá variar de acuerdo con las necesidades del proyecto.

Tabla 2-80 Maquinaria y equipos para la estrategia para el aprovechamiento de calor

MAQUINARIA	CANTIDAD
Retroexcavadoras.	1
Grúa	1
Compactadores manuales (apisonador o canguro, placa vibradora o rana).	1
Bus o buseta	1
Camioneta doble cabina	1
Carrotanque	1
Mezcladora (Trompo)	1
Motobombas 6”	1
Motobombas 4”	1
Herramientas menores	-
Calderas	5
Equipos de monitoreo y vigilancia	1
Turbinas	5
Generadores	5
Intercambiador de calor	3
Torre de Enfriamiento	3

Nota: Estas cantidades son estimadas y podrán variar de conformidad con los requerimientos del proyecto y de las actividades a desarrollar
Fuente: ECOPETROL S.A, 2025

2.2.2.6.4.7 Estimativo de mano de obra

En la **Tabla 2-81**, se incluye el listado de la mano de obra estimada de acuerdo con los trabajos de instalación en el proceso de aprovechamiento de calor, esta cantidad estimada de personal se relaciona para la mano de obra calificada (MOC), mano de obra no calificada (MONC), podrá variar de acuerdo con el dimensionamiento final de las instalaciones y de acuerdo con las necesidades del proyecto.

Tabla 2-81 Estimativo de mano de obra para la construcción y operación del sistema de aprovechamiento de calor

ETAPA DE CONSTRUCCIÓN	CANTIDAD	MANO DE OBRA
Adecuaciones, patio, oficina, cuartos, eléctricos y de control	10	MOC
Montaje de paneles y estructuras	4	MOC
Montaje equipos de patio	20	MOC
Montaje de tableros de control y sw	7	MOC
Precomisionamiento y comisionamiento	4	MOC
Sistema contra incendios y fire & gas	4	MOC
Montaje y configuración de cada eléctrico y coordinación	3	MOC
Administración y otros	5	MOC
Vigilancia	3	MONC
Operación	1	MOC
TOTAL	**61**	

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: ECOPETROL S.A, 2025

2.2.2.6.4.8 Asentamientos humanos e infraestructura social, económica y cultural a intervenir

El proyecto Área de Desarrollo Bucare 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 Bucare) en el presente EIA se incluye medidas para su manejo.

2.2.2.6.4.9 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 Área de Desarrollo Bucare; en este sentido, fueron identificados y evaluados los impactos “Alteración a la concentración de contaminantes criterio y sustancias toxicas en el aire[1]” y “Alteración en los niveles de presión

[1] Definido como: Cambio en las concentraciones de los contaminantes criterio y/o tóxicos en el aire producto de las emisiones generadas como consecuencia de un proyecto, obra o actividad.

sonora[2]" y, en consecuencia, se planteó en el presente EIA el Programa de manejo del recurso de 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, generadas durante el desarrollo del proyecto.
- ✓ Formular las acciones de control para el manejo de los impactos sobre la calidad de aire enfocándose en la reducción del material particulado y gases provenientes de las fuentes fijas o dispersas y fuentes móviles.
- ✓ Garantizar el cumplimiento de la normativa ambiental vigente en materia de calidad del aire, a través del monitoreo, reporte y mejora continua de las medidas de control implementadas.

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.

2.2.2.6.4.10 Relación de las actividades de mantenimiento, incluyendo insumos, residuos y tratamiento

Las actividades de mantenimiento de las facilidades de producción se efectuarán periódicamente a fin de garantizar el correcto funcionamiento de los equipos y las instalaciones que mantienen los procesos productivos y los residuos generados por estas actividades se manejarán de acuerdo con la normativa correspondiente. Estas subactividades se encuentran dentro del desarrollo de la estrategia ED10 "Construcción y operación de Facilidades Centrales de Producción -CPF- (ED10)" en su numeral 2.2.2.5.1.11 "Relación de las actividades de mantenimiento, incluyendo insumos, residuos y tratamiento".

2.2.2.6.4.11 Sistemas y fuentes de generación de energía

Se podrán emplear sistemas de generación de energía convencional para el abastecimiento de energía requerida durante la construcción y montaje de la infraestructura asociada a esta estrategia.

Los procesos constructivos que se requieren para la instalación de los sistemas que conforman la estrategia requerirán de energía eléctrica que podría ser suplida a través de generadores eléctricos en sitio o según lo proyectado en la estrategia de desarrollo. Por su parte, para la operación, el suministro de energía eléctrica será tomado a través de redes eléctricas en función del avance del grupo de estrategias de desarrollo relacionada con la Generación de operación de sistemas de energía eléctrica descritas en el presente estudio EIA.

La energización a través de redes procedentes de campos y/o bloques aledaños y/o del Sistema Interconectado Nacional (SIN) o regional no corresponde a una estrategia de generación, sin embargo, como primera alternativa para la alimentación general de las cargas proyectadas en el campo (para cualquiera de las estrategias de desarrollo), 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] Definido como: Cambio en los niveles de ruido ambiental como consecuencia de la emisión de ruido de un proyecto, obra o actividad.

Para esta alimentación, será necesaria la construcción y operación de líneas, subestaciones (SE), centros de maniobra (CM) y/o de distribución (CD), según se describe en las estrategias de desarrollo Instalación y operación de líneas eléctricas de 34,5 / 115 kV.

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. Una vez llegue a las facilidades, podrá ser almacenado en tanques debidamente señalizados y se emplean todas acciones orientadas a prevenir derrames.

2.2.2.6.4.12 Desmantelamiento y restauración de las áreas intervenidas por la actividad constructiva

El abandono del área implica en lo especifico a infraestructura eléctrica instalada, la ejecución de cuatro acciones principales:

- ✓ Desmantelamiento de instalaciones, retiro de equipos e infraestructura y salida de maquinaria (A-46)
- ✓ Demolición y desmonte de infraestructura (A-49)
- ✓ Limpieza de áreas (A-50)
- ✓ Reconformación del terreno, empradización y/o revegetalización (A-51)
- ✓ Cierre de compromisos socio ambientales (A-52)

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”.

2.2.2.6.4.13 Duración de las obras, etapas y cronograma de actividades

A continuación, en la **Tabla 2-82**, se presenta las actividades y tiempos estimados en la instalación de la infraestructura para el aprovechamiento de calor.

Tabla 2-82 Cronograma estimado en la instalación y operación de la estrategia para el aprovechamiento de calor

ETAPA	SUBETAPA	ID	ACTIVIDAD	TIEMPO (SEMANAS)											
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
CONSTRUCTIVA	***INFRAESTRUCTURA ELÉCTRICA Y/O AUTOGENERACIÓN (LE, CM, CD, SE e infraestructura conexa)***	***A-27***	*Montaje e instalación de infraestructura y equipos para generar energía eléctrica asociada a fuente de aprovechamiento de calor*												
OPERATIVA	***INFRAESTRUCTURA ELÉCTRICA Y/O GENERACIÓN Y OPERACIÓN DE ENERGÍAS RENOVABLES***	***A-41***	Generación de energía eléctrica asociada al aprovechamiento de calor												
	MANTENIMIENTO	***A-45***	Mantenimiento de facilidades e infraestructura asociada a generación de energía eléctrica												
DESMANTELAMIENTO, ABANDONO Y RESTAURACIÓN		***A-46***	*Desmantelamiento de instalaciones, retiro de equipos e*	Las actividades de desmantelamiento, abandono y restauración contemplan el desmantelamiento y restauración de											

ETAPA	SUBETAPA	ID	ACTIVIDAD	TIEMPO (SEMANAS)
				1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12
			infraestructura y salida de maquinaria.	todas las áreas intervenidas para la ejecución de las actividades correspondientes a la presente estrategia de desarrollo. Su principal objetivo es recuperar y mejorar ambientalmente dichas áreas, para esto se llevará a cabo un plan de acción que contemple el restablecimiento de las condiciones ambientales anteriores a la intervención
		A-49	Demolición y desmonte de infraestructura	
		A-50	Limpieza de áreas	
		A-51	Reconformación del terreno, empradización y/o revegetalización	
		A-52	Cierre de compromisos socio ambientales	
ACTIVIDADES TRANSVERSALES		***A-53***	*Contratación de mano de obra*	Las actividades transversales son ejecutadas a lo largo de todas las etapas del proyecto, razón por la cual no cuentan con un cronograma de ejecución de actividades específico
		A-54	*Adquisición de bienes y servicios*	
		A-55	*Transporte terrestre y/o aéreo de materiales, equipos, maquinaria, insumos y personal*	
		A-58	Uso de productos químicos, lubricantes y combustibles	
		A-59	*Captación, transporte, almacenamiento y distribución de agua superficial para uso doméstico e industrial*	
		A-60	*Captación, transporte, almacenamiento y distribución de agua subterránea para uso doméstico e industrial*	
		A-61	*Gestión (Manejo, tratamiento y disposición final) de residuos líquidos domésticos y no domésticos*	
		A-62	*Gestión (Manejo, tratamiento y disposición final) de residuos sólidos*	
		A-63	*Manejo y disposición de residuos peligrosos*	

Nota 1: Las actividades de ejecución y los tiempos estimados podrán variar en función de las necesidades y condiciones de cada proyecto (PMAE).
Nota 2: Las actividades de las etapas preoperativa y transversales, se deben ejecutar de acuerdo con los alcances específicos de cada PMAE
Nota 3: Las actividades de mantenimiento se ejecutarán de acuerdo con las necesidades del campo y desarrollo del mismo.
Fuente: SGI S.A.S, 2025

2.2.2.7 Optimización de procesos

En el área de Desarrollo Bucare, es preponderante la sinergia operativa que se pueda establecer con campos vecinos que tengan un grado de madurez considerable. Esto es clave toda vez que las sinergias o relaciones que se establezcan con otros campos permitirán optimizar los procesos que se lleven a cabo aprovechando las capacidades, instalaciones y recursos existentes en campo maduros, mejorando la producción, reduciendo los costos operativos y en términos generales, disminuyendo las demandas energéticas y las intervenciones en área. También, al contar con

terceros autorizados, se tendrá un respaldo operativo completo e integral que potencialice las ventajas y oportunidades operativas del campo en función de los apoyos con los que pueda contar.

La optimización de procesos se agrupa en dos estrategias de desarrollo como se expone en la **Tabla 2-83**.

Tabla 2-83 Estrategias de desarrollo contempladas dentro de la etapa de facilidades de producción

ESTRATEGIAS DEFINIDAS EN LOS TÉRMINOS DE REFERENCIA HI-TER-1-03		ESTRATEGIAS DE DESARROLLO DEFINIDAS EN EL EIA ÁREA DE DESARROLLO BUCARE	
ID	**Estrategia de Desarrollo Generales**	**Estructura del documento (Numeral 2.2.2) para la presentación de las Estrategia de Desarrollo**	**ED**
5	***Facilidades de producción***	***2.2.2.5.4 Optimización de procesos***	
		2.2.2.5.4.1. Entrega y/o recibo de fluidos con otros bloques o campos operados por Ecopetrol S.A. y/o terceros autorizados.	***ED20***
		2.2.2.5.4.2. 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. y/o con terceros autorizados.	***ED21***

Fuente: ECOPETROL S.A, 2025

Las descripciones y especificaciones de esta optimización de procesos se presentan a continuación:

2.2.2.7.1 Entrega y/o recibo de fluidos con otros bloques o campos operados por Ecopetrol S.A y/o terceros autorizados (ED20)

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 Bucare 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.

2.2.2.7.1.1 Cantidades requeridas para el Área de Desarrollo Bucare

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; la ubicación de esta facilidad se proyecta dentro del CPF descrito en la estrategia de Desarrollo Instalación y operación de Facilidades Centrales de Producción (ED10) y cuya ubicación, se realizará acorde a la Zonificación de Manejo Ambiental del presente EIA (Ver **Tabla 2-84**).

Tabla 2-84 Alcance de la solicitud para la actividad de entrega y/o recibo de fluidos con otros bloques operados por Ecopetrol S.A

ESTRATEGIA DE DESARROLLO	ED	ALCANCES
Facilidades de Producción	***ED20***	*Se solicita autorizar la entrega y/o recibo de fluidos con otros bloques por medio de las siguientes alternativas.* *1. A través de líneas de flujo que se construyan en el campo.* *2. Por medio de carrotanques para lo cual se requiere la construcción y operación de cargaderos / descargaderos que podrán hacer parte de las infraestructuras proyectadas (Locaciones, facilidades satélites, CPF, entre otros) o ubicados en áreas independientes que permitan optimizar la entrega y/o recibo de fluidos de varias infraestructuras aledañas*

Fuente: ECOPETROL S.A, 2025

2.2.2.7.1.2 Alternativas de ubicación y selección de sitios (Criterios técnicos, tecnológicos y ambientales)

Como se indicó anteriormente, la estrategia cuenta básicamente con dos alternativas para la entrega y/o recibo de fluidos, las cuales son: a través de líneas de flujo y por medio de carrotanques. Cuando se trate de líneas de flujo, estas corresponderán a las estimadas en la estrategia de desarrollo Construcción y operación de líneas de flujo (ED9); por su parte, para la alternativa de carrotanques, se realizará la construcción y operación de cargaderos / descargaderos que podrán hacer parte de las infraestructuras proyectadas (locaciones multipozos, CPF, entre otros) o ubicados en áreas independientes que permitan optimizar la entrega y/o recibo de fluidos de varias infraestructuras aledañas. En todos los casos, la intervención para la infraestructura requerida atenderá lo establecido en la zonificación de manejo ambiental.

- **Transporte mediante líneas de flujo**

Por el sistema de las líneas de flujo (Ver **Fotografía 2-49**) 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 ED9.



Fotografía 2-49 Transporte de fluidos por líneas de flujo
Fuente: ECOPETROL S.A, 2025

- **Transporte Terrestre**

Este tipo de transporte se hace a través de carrotanques (Ver **Fotografía 2-50**), 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 al CAP 7.1_ABIOTICO_PMA_EIA_BUCARE.



Fotografía 2-50 Transporte de fluidos por medio de carrotanques
Fuente: ECOPETROL S.A, 2025

2.2.2.7.1.3 Métodos constructivos y operativos

En este apartado se describe todo lo concerniente al proceso constructivo de la infraestructura necesaria para la "Entrega y/o recibo de fluidos con otros bloques o campos operados por Ecopetrol S.A. y/o con terceros autorizados" que, como se indicó anteriormente, corresponde con Cargaderos / Descargaderos toda vez que lo relacionado con líneas de flujo se encuentra descrito en la estrategia de desarrollo Construcción y operación de líneas de flujo (ED9).

2.2.2.7.1.4 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)

Las instalaciones corresponden a las instalaciones tipo Los cargaderos / descargaderos dentro de las áreas de facilidades de producción 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. A continuación, en la **Figura 2-59** se identifica el diseño tipo para un cargadero para el lleno de 2 vehículos simultáneamente.

La ubicación de estas instalaciones, se establecerán de acuerdo con los resultados y donde lo permita la zonificación ambiental del presente Estudio de Impacto ambiental y de acuerdo con las consideraciones que sean emitidas por parte de la Autoridad Ambiental.

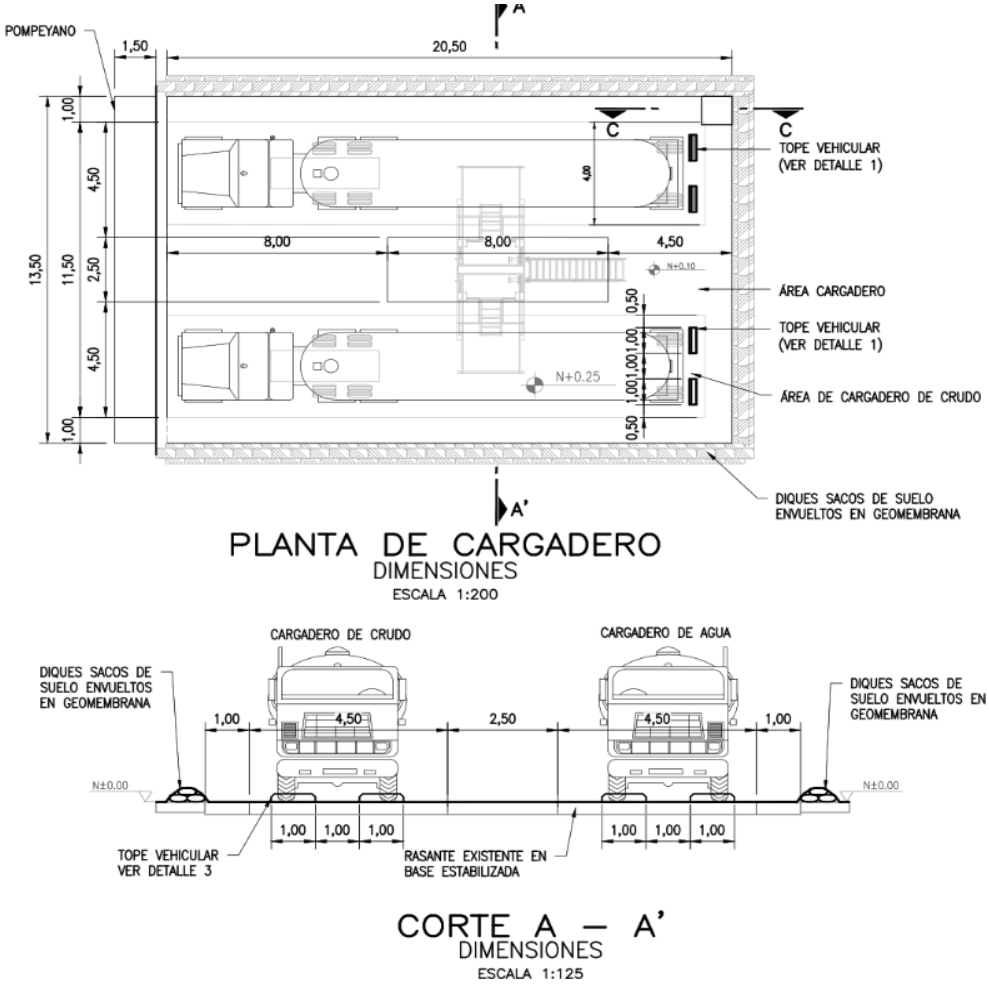


Figura 2-59 Diseños tipo de Cargadero
Fuente: ECOPETROL S.A, 2025

2.2.2.7.1.5 Movimientos de tierra

Los cargaderos / descargaderos requeridos para la operación de esta estrategia de desarrollo, se ubicarán dentro de las áreas estimadas para las demás estrategias en el proyecto Área de Desarrollo Bucare y sus diseños como especificaciones técnicas, estarán incluidos dentro de los Planes de Manejo Ambiental específicos de las áreas de intervención correspondientes a Locaciones y CPF.

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.

2.2.2.7.1.6 Estimativos de maquinaria, equipos

Los equipos presentados son estimados toda vez que, en el proceso constructivo u operativo de las instalaciones (Cargaderos / Descargaderos) estos podrán variar tanto en cantidad como en tecnología dependiendo de las condiciones de ejecución del proyecto (Ver **Tabla 2-85**). Con respecto a la operación, la estrategia precisará básicamente de carrotanques cuya cantidad dependerá de las condiciones y necesidades del proyecto.

Tabla 2-85 Estimativo e maquinaria y equipos por cada cargadero a construir

MAQUINARIA	CANTIDAD
Retroexcavadora	*1*
Vibro compactador	*1*
Buldócer	*1*
Grúa	*1*
Camabaja	*2*
Carrotanque / Volquetas	*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*

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

Fuente: ECOPETROL S.A, 2025

2.2.2.7.1.7 Estimativo de mano de obra

Con respecto a la mano de obra, tal como en el caso de maquinaria y equipos, se presenta un estimativo toda vez que este podrá variar dependiendo de las condiciones y necesidades del proyecto y de la instalación. Este personal estará conformado por personal especializado con conocimientos en las diferentes actividades requeridas por la estrategia de desarrollo; en este sentido, la distribución de personal incluye, entre otros, ingenieros de diferentes especialidades, operarios calificados (supervisores, jefes de cuadrilla, electricistas, técnicos y operarios de maquinaria, entre otros) que conformarán cuadrillas para la ejecución de actividades (Ver **Tabla 2-86**).

Tabla 2-86 Estimativo de mano de obra por instalación

ETAPA DE CONSTRUCCIÓN	CANTIDAD
Profesionales o mano de obra calificada	1
Mano no obra no calificada	1
TOTAL	**2**

Nota: variable según las necesidades del proyecto y de acuerdo con determinaciones del contratista constructor

Fuente: ECOPETROL S.A, 2025

Durante la etapa de operación, se tendrá personal permanente, así como se contará con personal para los mantenimientos que se realicen. El personal formado o calificado está conformado por profesionales y operarios, así como por personal directivo o staff que está compuesto primordialmente por ingenieros, tecnólogos y demás trabajadores técnicos que poseen un grado de conocimiento y experiencia específica en la implementación de este tipo de proyectos, y que suelen estar vinculados a las empresas contratistas.

De igual forma se requiere de personal no formado que se contrata del área de influencia donde se desarrollará el proyecto, el cual, generalmente no cuenta con un entrenamiento previo, ni experiencia especifica en las actividades a realizar. Dicho personal se emplea en labores como construcción de obras civiles, vigilancia, limpieza, aseo y apoyo para las tareas a cargo de las diferentes cuadrillas que son dirigidas por personal especializado.

La incorporación del personal tanto no formado como formado, se realizará de acuerdo con el examen de aptitudes del personal, siguiendo los lineamientos de los estándares fijados para tal fin. Para la contratación de personal, Ecopetrol S.A. y las empresas contratistas involucradas en la construcción se acogerán a la normatividad relacionada con el servicio público de empleo Decreto 1668 de 2016.

2.2.2.7.1.8 Asentamientos humanos e infraestructura social, económica y cultural a intervenir

El proyecto Área de Desarrollo Bucare, 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 Bucare) en el presente EIA se incluye medidas para su manejo.

2.2.2.7.1.9 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 Área de Desarrollo Bucare; en este sentido, fueron identificados y evaluados los impactos “Alteración a la concentración de contaminantes criterio y sustancias toxicas en el 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 de aire con las correspondientes fichas de manejo de fuentes de emisiones atmosférica y manejo de fuentes de ruido, cuyos objetivos son:

[1] Definido como: Cambio en las concentraciones de los contaminantes criterio y/o tóxicos en el aire producto de las emisiones generadas como consecuencia de un proyecto, obra o actividad.
[2] Definido como: Cambio en los niveles de ruido ambiental como consecuencia de la emisión de ruido de un proyecto, obra o actividad.

- ✓ Establecer las medidas de manejo ambiental que permitan prevenir y mitigar las emisiones de contaminantes a la atmósfera, generadas durante el desarrollo del proyecto.
- ✓ Formular las acciones de control para el manejo de los impactos sobre la calidad de aire enfocándose en la reducción del material particulado y gases provenientes de las fuentes fijas o dispersas y fuentes móviles.
- ✓ Garantizar el cumplimiento de la normativa ambiental vigente en materia de calidad del aire, a través del monitoreo, reporte y mejora continua de las medidas de control implementadas.

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.

2.2.2.7.1.10 Relación de las actividades de mantenimiento, incluyendo insumos, residuos y tratamiento

El mantenimiento es un conjunto de actividades esenciales que garantizan el rendimiento óptimo y la vida útil prolongada de un sistema (en este caso, para la optimización de procesos del Área de Desarrollo Bucare). Las actividades generales se relacionan con inspecciones regulares (visuales) periódicas, limpieza, revisión de estructuras, equipos, conexiones (eléctricas y/o mecánicas), mediciones, monitoreos, cambios, reparaciones, etc. La frecuencia y tipos de mantenimiento atenderán las directrices y procesos de Ecopetrol S.A. en función de las fichas técnicas de los equipos que conforman el sistema.

Es importante señalar que las actividades de mantenimiento necesarias para el desarrollo de esta estrategia se encuentran inmersas dentro de la etapa operativa, específicamente por medio de la actividad “Mantenimiento de vías de acceso, locaciones, facilidades (Incluye infraestructura, equipos y maquinaria) (A-42)” y “Mantenimiento de los derechos de vía de las líneas de flujo, válvulas, accesorios y modificación de diámetros de tubería (A-43)”.

2.2.2.7.1.11 Sistemas y fuentes de generación de energía

Los procesos constructivos que se requieren para la instalación de los sistemas que conforman la estrategia requerirán de energía eléctrica que podría ser suplida a través de generadores eléctricos en sitio o según lo proyectado en la estrategia de desarrollo. Por su parte, para la operación, el suministro de energía eléctrica será tomado a través de redes eléctricas en función del avance de la estrategia de desarrollo y de acuerdo con lo proyectado en las estrategias de desarrollo que agrupan todo el sistema de energía eléctrica descrita en el numeral 2.2.2.6 del presente capitulo.

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. Una vez llegue a las facilidades, podrá ser almacenado en tanques debidamente señalizados y se emplean todas acciones orientadas a prevenir derrames.

2.2.2.7.1.12 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 área, 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 y retiro de los baños portátiles.

Respecto al desmantelamiento del sector acondicionado como campamentos temporales, instalaciones de apoyo, y la zona de ejecución de actividades constructivas para cada locación y sus facilidades tempranas. 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 las locaciones y sus facilidades tempranas FTP.

El alcance de las subactividades de desmantelamiento y restauración de áreas intervenidas fueron descritas anteriormente y se listan a continuación:

- ✓ Desmantelamiento de instalaciones, retiro de infraestructura y equipos, salida de maquinaria (A-46).
- ✓ Demolición y Desmonte de infraestructura (A-49).
- ✓ Limpieza de áreas (A-50).
- ✓ Reconformación del terreno, empradización y/o revegetalización (A-51).
- ✓ Cierre de compromisos socio ambientales (A-52).

Todas las actividades necesarias para el adecuado desmantelamiento y restauración de las áreas intervenidas se presentan de forma detallada en el Capítulo 10 Plan de Abandono y Restauración Final del presente EIA.

2.2.2.7.1.13 Duración de las obras, etapas y cronograma de actividades

La duración de los procesos en la entrega y/o recibo de fluidos con otros bloques o campos operados por Ecopetrol S.A y/o terceros autorizados, estarán sujetos a la duración de la operación del área de Desarrollo especialmente lo relacionado a la operación de las facilidades de producción, donde su estimación general se identifica en el subcapítulo 2.2 “Características del Proyecto” en la tabla 2-5, Cronograma general de la operación del Área de Desarrollo Bucare.

2.2.2.7.2 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. y/o con terceros autorizados. (ED21)

Con el objeto de promover una gestión efectiva y eficiente de los residuos en el Área de Desarrollo Bucare, en el marco de la economía circular, como pilar de soluciones innovadoras para abordar los diferentes desafíos ambientales, se visualiza la oportunidad estratégica para llevar a cabo la recepción y/o entrega de cortes de perforación, lodos de producción y/o material biorremediado con otros bloques o campos operados por Ecopetrol S.A. y/o con terceros autorizados.

Esta estrategia de desarrollo tiene como objetivo, entre otros, lograr sinergias con otros campos o bloques operados por Ecopetrol S.A., tal que se optimicen los procesos relacionados con la gestión y/o uso de estos cortes, lodos y/o material biorremediado, entre otros materiales susceptibles de aprovechamiento, permitiendo el desarrollo del Área de Desarrollo Bucare en el marco de la economía circular.

La estrategia cubre la entrega y/o recibo de cortes de perforación, lodos de producción, material biorremediado y/o residuos de construcción y demolición, con otros bloques o campos que requieran o bien entregar estos materiales para su aprovechamiento o los demanden para su uso en los procesos particulares que posean. Adicionalmente, la entrega podrá hacerse a terceros autorizados (entendidos estos como aquellos que cuenten con las autorizaciones vigentes, otorgadas por las autoridades competentes, para la gestión de este tipo de materiales).

Las acciones que conforman la estrategia de desarrollo (ED21) buscan maximizar el aprovechamiento de residuos, manejar adecuadamente los no aprovechables y prevenir y/o mitigar, en función de la Jerarquía de la Mitigación, la generación de residuos en la fuente.

2.2.2.7.2.1 Cantidades requeridas para el Área de Desarrollo Bucare

La 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., está interrelacionada con la construcción y operación de centros de acopio. En este sentido, la infraestructura y procesos requeridos se llevarían a cabo dentro las áreas estimadas para los centros de acopio. Por lo cual, y de conformidad con el modelo de economía circular para el grupo Ecopetrol S.A., la Estrategia Nacional de Economía Circular y la normatividad vigente, para el alcance de esta Estrategia de desarrollo se establecen las alternativas que se presentan en la **Tabla 2-87**.

Tabla 2-87 Alcance de la solicitud para la actividad de entrega y/o recibo de sólidos con otros bloques operados por Ecopetrol S.A

ESTRATEGIA DE DESARROLLO	ED	ALCANCES
Facilidades de Producción	*ED21*	*Se solicita autorizar la entrega y/o recibo de cortes de perforación, lodos de producción y/o material biorremediado con otros bloques o campos operados por Ecopetrol por medio de las siguientes alternativas:* *1. Entrega y/o recibo de cortes de perforación, lodos de producción y/o material biorremediado a otros bloques o campos operados por Ecopetrol S.A.* *2. Entrega de cortes de perforación, lodos de producción y/o material biorremediado a terceros autorizados.* *3. Entrega y/o recibo, transporte, aprovechamiento, reúso, tratamiento y/o disposición de residuos de construcción y demolición -RCD-, material sobrante de excavación, madera, geomembranas, tubería, entre otros, para el desarrollo de iniciativas circulares en el Área de Desarrollo Bucare y/o en otros bloques y/o campos operados por Ecopetrol S.A.*

Fuente: ECOPETROL S.A, 2025

De manera general, la entrega y/o recibo del material indicado presenta las siguientes particularidades:

- ✓ Los cortes de perforación, lodos de producción, residuos de construcción y demolición, material sobrante de excavación, madera, geomembranas, tuberías, entre otros, podrán ser entregados y/o recibidos en función de las oportunidades de uso, manejo y aprovechamiento de estos como materia prima para otros procesos, actividades industriales o aplicaciones dentro de las operaciones de Ecopetrol S.A. o de sus aliados.
- ✓ Los residuos de construcción y demolición, material sobrante de excavación, cortes de perforación, lodos de producción, madera, geomembranas, tuberías, entre otros, serán entregados y/o recibidos para su aprovechamiento, reúso, tratamiento, disposición en búsqueda de prolongar su vida útil en las operaciones de Ecopetrol S.A. o de sus aliados.
- ✓ Los residuos de cortes de perforación que cumplan con la Norma Loussiana 29B, residuos de construcción y demolición, material sobrante de excavación, madera, geomembranas, tuberías, entre otros, serán entregados y/o recibidos con la opción de ser utilizados como

aprovechamiento en obras civiles, uso en procesos de Ecopetrol S.A o de sus aliados o entregados a terceros autorizados.

- ✓ Los residuos aceitosos serán entregados y/o recibidos con la opción de ser utilizados como ligantes asfálticos, impermeabilizantes, entre otros, y/o ser entregados a terceros autorizados para su manejo, gestión y disposición final.
- ✓ Utilizar los cortes tratados en mezclas con materiales de excavación para rellenos en obras y actividades del campo.
- ✓ Entregar los cortes, tratados o sin tratar, a otros campos y/o bloques operados por Ecopetrol S.A. donde sea posible su tratamiento e incorporación en procesos constructivos a través de la mezcla con material de excavación que vaya a ser utilizado como relleno.
- ✓ Trasladar los cortes tratados y estabilizados, que no sean objeto de utilización como material de relleno, las áreas de ZODME (tanto las que se proyectan dentro de la infraestructura relacionada con las estrategias de desarrollo como las ZODME generales del campo según la ED13).

2.2.2.7.2.2 Alternativas de ubicación y selección de sitios (Criterios técnicos, tecnológicos y ambientales)

Como se indicó anteriormente, los cortes de perforación y lodos de producción serían recibidos y/o entregados en los centros de acopio del Área de Desarrollo Bucare, según lo descrito en la construcción y operación de centros de acopio. Sin embargo, dado el alcance de los residuos a entregar y/o recibir y las posibilidades de uso de estos (como oportunidad de aprovechamiento en obras y/o procesos de Ecopetrol S.A. o de sus aliados), los materiales podrán ser entregados y/o recibidos en los puntos donde se generen y no tengan oportunidad de aprovechamiento inmediato.

Cabe precisar que las adecuaciones necesarias para la entrega y/o recibo de estos materiales objeto de aprovechamiento, se realizarán en las áreas contenidas de las estrategias de desarrollo que en particular los requieran o los generen sin que impliquen áreas adicionales (a excepción de las áreas específicas descritas para la construcción y operación de centros de acopio). Es importante precisar, que, la intervención para la infraestructura requerida atenderá lo establecido en la zonificación de manejo ambiental.

2.2.2.7.2.3 Métodos constructivos y operativos

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 las siguientes fases:

- ➢ **Generación de los cortes en cada locación**

Los cortes base agua generados en Área de Desarrollo Bucare, 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 bbls 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 centrífugas 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 centrífugas 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 2-60** se muestra el esquema general del proceso primario.

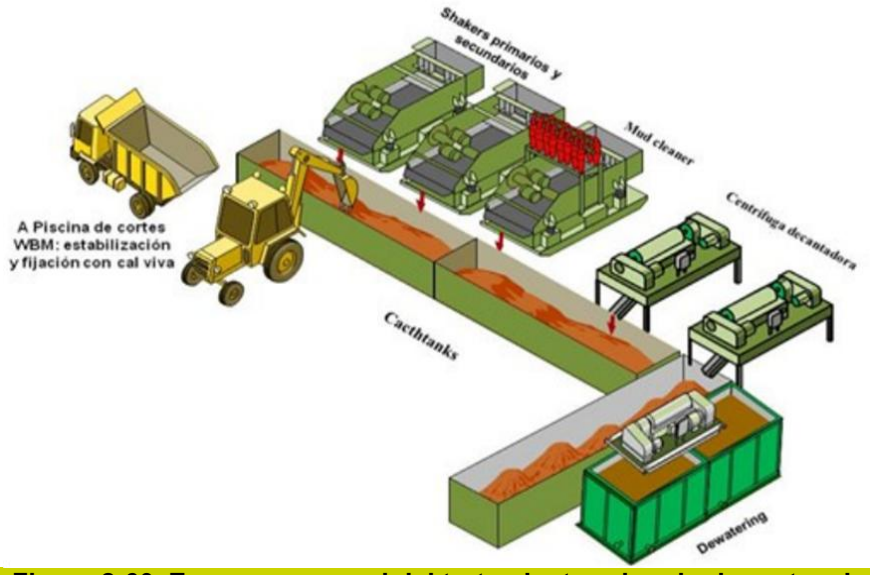


Figura 2-60 Esquema general del tratamiento primario de cortes de perforación
Fuente: ECOPETROL S.A, 2025

- **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 que implementar**

✓ 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 liquida 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 que utilizar es de alta confiabilidad, con alta capacidad de proceso y una reducción de la fase liquida en los cortes hasta del 50%, es decir, si se recibe un corte con un porcentaje volumétrico del 60% en la fase liquida, después del proceso Q DRILING KILN se obtendría un corte con un porcentaje en volumen de la fase liquida 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

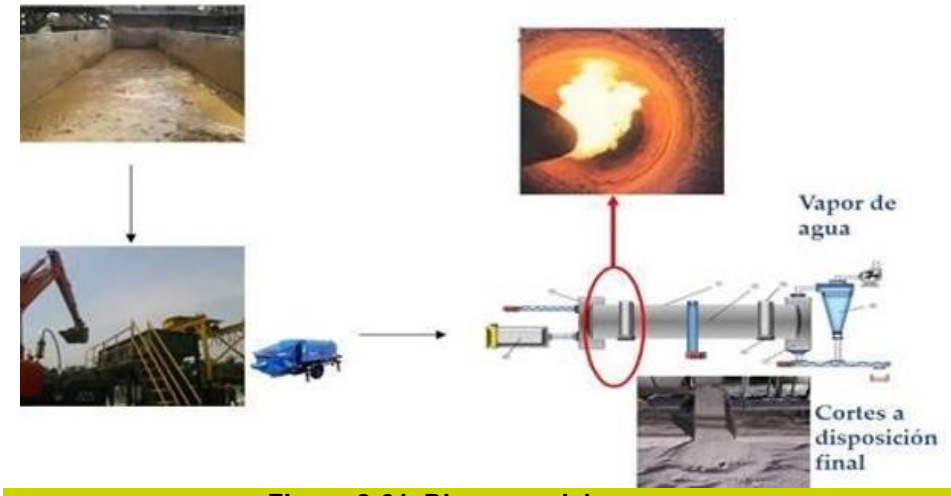


Figura 2-61 Diagrama del proceso
Fuente: ECOPETROL S.A, 2025

- Transferencia de cortes

Los cortes producidos por el hueco y separados por el equipo de control de solidos 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 trasferencia es un equipo diseñado para mover partículas hasta de 1.5 pulgadas de diámetro con capacidad de bombeo de 40 m3/hr y 1200 psi (Ver **Fotografía 2-51**)



Fotografía 2-51 Sistema de alimentación: Tolva, Bomba de transferencia de cortes
Fuente: ECOPETROL S.A, 2025

- Sistema de calentamiento de cortes

Los cortes transferidos por la bomba son recibidos en el cilindro giratorio (Ver **Fotografía 2-52**) 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 liquida del 80% en volumen.



Fotografía 2-52 Sistema de transporte de cilindro rotatorio
Fuente: ECOPETROL S.A, 2025

Este sistema está compuesto por un cilindro (Ver **Fotografía 2-53**) 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 2-53 Quemador y válvula de control
Fuente: ECOPETROL S.A, 2025

- Tratamiento de gases

Para garantizar la emisión de gases en el proceso el sistema cuenta con dos medidas de control:

- Hidrociclón

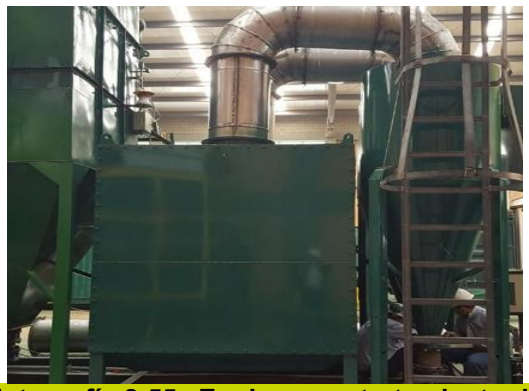
Se utiliza para remover las partículas sólidas que puedan existir en el sistema de evacuación de gases. Las partículas sólidas de mayor tamaño debido a la fuerza ejercida en el hidrociclón son precipitadas y descargadas por la parte inferior del mismo. (Ver **Fotografía 2-54**).



Fotografía 2-54 Hidrociclón
Fuente: ECOPETROL S.A, 2025

- Tratamiento de vapor

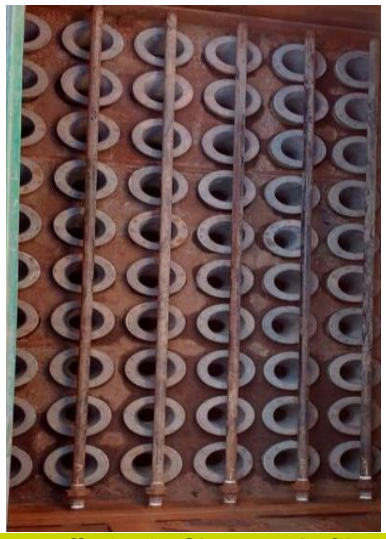
Circuito cerrado de recirculación para reducir los componentes SOx, COx y NOx generados por los gases de combustión y vapores, productos de la ebullición del agua (Ver **Fotografía 2-55**).



Fotografía 2-55 Equipo para tratamiento de vapor
Fuente: ECOPETROL S.A, 2025

- 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. (Ver **Fotografía 2-56**).



Fotografía 2-56 Sistema de filtrado
Fuente: ECOPETROL S.A, 2025

- 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 2-57**, se puede observar la apariencia de los cortes previo al tratado en el proceso Q-DRYING-KILN mientras en la **Fotografía 2-58**, se presenta la apariencia de los cortes una vez tratados mediante el proceso de deshidratación Q-DRYING-KILN.



Fotografía 2-57 Lodos previo al proceso Q-DRYNG-KILN
Fuente: ECOPETROL S.A, 2025



Fotografía 2-58 Lodos tardados mediante proceso Q-DRYNG-KILN
Fuente: ECOPETROL S.A, 2025

- Ventajas

- Una reducción de la fase liquida 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 Loussiana 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 Loussiana 29B.

Tabla 2-88 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); adaptado por SGI S.A.S, 2025

2.2.2.7.2.4 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)

La ubicación de las instalaciones, están sujetas a las especificaciones de la estrategia de desarrollo ED14 “Construcción y operación de áreas para el tratamiento de lodos y/o cortes de perforación y áreas de acopio y disposición final y los resultados de la zonificación ambiental, en los Planes de Manejo Ambiental, se definirán las ubicaciones específicas de estas instalaciones.

2.2.2.7.2.5 Movimientos de tierra

Las facilidades requeridas para el manejo de lodos y cortes de perforación asociados con esta estrategia de desarrollo se ubicarían dentro de las áreas estimadas para las demás estrategias de desarrollo del Área de Desarrollo Bucare.

La estimación de los volúmenes o movimientos de tierras hacen parte de los movimientos en la conformación de las ZODMEs que se describen en el numeral 2.2.2.5.4 y en la conformación del área de acopio de lodos y cortes de perforación, descritas en el numeral 2.2.2.5.5 del presente capítulo.

2.2.2.7.2.6 Estimativos de maquinaria, equipos

Los equipos y maquinaria para esta Estrategia de Desarrollo, hacen parte de los estimados para la construcción de las áreas de ZODMEs que se describen en el numeral 2.2.2.5.4.7 Estimativos de maquinaria y equipos, además de los equipos asociados a la estrategia de Desarrollo (ED14) Construcción y operación de áreas para el tratamiento de lodos y/o cortes de perforación y áreas de acopio y disposición final, identificadas en el numeral 2.2.2.5.5.7 Estimativos de maquinaria y equipos.

2.2.2.7.2.7 Estimativo de mano de obra

El estimativo de la mano de obra en la construcción de las áreas que harán parte de la entrega y recibo de solidos en el área de Desarrollo Bucare, hacen parte del personal necesario para la construcción de las áreas de ZODMEs que se identifican en el numeral 2.2.2.5.4.8 Estimativo de mano de obra y el personal para el área de acopio de lodos y cortes de perforación descritas en el numeral 2.2.2.5.5.8 Estimativo de mano de obra.

Durante la etapa de operación se tendrá personal permanente, así como se contará con personal para los mantenimientos que se realicen. El personal calificado está conformado por profesionales y operarios, así como por personal directivo o staff que está compuesto primordialmente por ingenieros, tecnólogos y demás trabajadores técnicos que poseen un grado de conocimiento y experiencia específica en la implementación de este tipo de proyectos y que suelen estar vinculados a las empresas contratistas y la mano de obra no calificada que corresponde al personal auxiliar sin experiencia que serán contratados en lo posible de la misma región dentro del área de influencia del proyecto.

2.2.2.7.2.8 Asentamientos humanos e infraestructura social, económica y cultural a intervenir

El proyecto Área de Desarrollo Bucare 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 Bucare) en el presente EIA se incluye medidas para su manejo.

2.2.2.7.2.9 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 Área de Desarrollo Bucare; en este sentido, fueron identificados y evaluados los impactos “Alteración a la concentración de contaminantes criterio y sustancias toxicas en el 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 de aire con las correspondientes fichas de manejo de fuentes de emisiones atmosférica y manejo de fuentes de ruido, cuyos objetivos son:

[1] Definido como: Cambio en las concentraciones de los contaminantes criterio y/o tóxicos en el aire producto de las emisiones generadas como consecuencia de un proyecto, obra o actividad.
[2] Definido como: Cambio en los niveles de ruido ambiental como consecuencia de la emisión de ruido de un proyecto, obra o actividad.

- ✓ Establecer las medidas de manejo ambiental que permitan prevenir y mitigar las emisiones de contaminantes a la atmósfera, generadas durante el desarrollo del proyecto.
- ✓ Formular las acciones de control para el manejo de los impactos sobre la calidad de aire enfocándose en la reducción del material particulado y gases provenientes de las fuentes fijas o dispersas y fuentes móviles.
- ✓ Garantizar el cumplimiento de la normativa ambiental vigente en materia de calidad del aire, a través del monitoreo, reporte y mejora continua de las medidas de control implementadas.

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.

2.2.2.7.2.10 Relación de las actividades de mantenimiento, incluyendo insumos, residuos y tratamiento

El mantenimiento es un conjunto de actividades esenciales que garantizan el rendimiento óptimo y la vida útil prolongada de un sistema (en este caso, el de generación eléctrica del Área de Desarrollo Bucare). Las actividades generales se relacionan con inspecciones regulares (visuales) periódicas, limpieza, revisión de estructuras, equipos, conexiones (eléctricas y/o mecánicas), mediciones, monitoreos, cambios, reparaciones, etc. La frecuencia y tipos de mantenimiento atenderán las directrices y procesos de Ecopetrol S.A. en función de las fichas técnicas de los equipos que conforman el sistema.

Es importante señalar que las actividades de mantenimiento necesarias para el desarrollo de esta estrategia se encuentran inmersas dentro de la etapa operativa, específicamente por medio de la actividad “Mantenimiento de vías de acceso, locaciones y facilidades (incluye infraestructura, equipos y maquinaria) (A-42)”.

2.2.2.7.2.11 Sistemas y fuentes de generación de energía

Los procesos constructivos que se requieren para la instalación de los sistemas que conforman la estrategia requerirán de energía eléctrica que podría ser suplida a través de generadores eléctricos en sitio o según lo proyectado en la estrategia de desarrollo. Por su parte, para la operación, el suministro de energía eléctrica será tomado a través de redes eléctricas en función del avance de la estrategia de desarrollo y de acuerdo con lo proyectado en las estrategias de desarrollo que agrupan todo el sistema de energía eléctrica descrita en el numeral 2.2.2.6 del presente capitulo.

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. Una vez llegue a las facilidades, podrá ser almacenado en tanques debidamente señalizados y se emplean todas acciones orientadas a prevenir derrames.

2.2.2.7.2.12 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 área, 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 y retiro de los baños portátiles.

Respecto al desmantelamiento del sector acondicionado como campamentos temporales, instalaciones de apoyo, y la zona de ejecución de actividades constructivas para cada locación y sus facilidades tempranas. 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 las locaciones y sus facilidades tempranas FTP.

El alcance de las subactividades de desmantelamiento y restauración de áreas intervenidas fueron descritas anteriormente y se listan a continuación:

- ✓ Desmantelamiento de instalaciones, retiro de infraestructura y equipos, salida de maquinaria (A-46).
- ✓ Demolición y Desmonte de infraestructura (A-49).
- ✓ Limpieza de áreas (A-50).
- ✓ Reconformación del terreno, empradización y/o revegetalización (A-51).
- ✓ Cierre de compromisos socio ambientales (A-52).

Todas las actividades necesarias para el adecuado desmantelamiento y restauración de las áreas intervenidas se presentan de forma detallada en el Capítulo 10 Plan de Abandono y Restauración Final del presente EIA.

2.2.2.7.2.13 Duración de las obras, etapas y cronograma de actividades

La duración de los procesos en la 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 y/o terceros autorizados, estarán sujetos a la duración de la operación del área de Desarrollo especialmente lo relacionado a la operación de las facilidades de producción, donde su estimación general se identifica en el subcapítulo 2.2 “Características del Proyecto” en la tabla 2-5, Cronograma general de la operación del Área de Desarrollo Bucare.