

**ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL
ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NOGAL**

**CAPÍTULO 4 – DEMANDA, USO, APROVECHAMIENTO Y/O AFECTACIÓN
DE LOS RECURSOS NATURALES**

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
4. DEMANDA, USO, APROVECHAMIENTO Y/O AFECTACIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES.....	4-8
4.1 AGUAS SUPERFICIALES.....	4-9
4.1.1 CAPTACIÓN DE AGUA	4-10
4.1.2 CUERPO DE AGUA Y PUNTOS DE CAPTACIÓN	4-12
4.1.3 CAUDALES Y VOLÚMENES DE AGUA	4-17
4.1.4 CALIDAD DE AGUA DEL RÍO MANDÚR.....	4-20
4.1.5 INVENTARIO DE USOS DEL RECURSO HÍDRICO AGUAS ARRIBA Y AGUAS ABAJO DE LA FRANJA DE CAPTACIÓN PROPUESTA	4-25
4.1.6 DISEÑO TÍPICO DE CAPTACIÓN Y CONDUCCIÓN.....	4-27
4.1.7 IMPACTOS Y MANEJO AMBIENTAL	4-29
4.1.8 ACCESO A LA FRANJA DE CAPTACIÓN PROPUESTA.....	4-30
4.2 AGUAS SUBTERRÁNEAS	4-30
4.3 VERTIMIENTOS	4-31
4.3.1 GENERALIDADES	4-31
4.3.2 CAUDAL A VERTER	4-31
4.3.3 VERTIMIENTO SOBRE CUERPO DE AGUA.....	4-32
4.3.4 DISPOSICIÓN SOBRE SUELO.....	4-63
4.3.5 DESCRIPCIÓN DE EFLUENTES LÍQUIDOS GENERADOS Y SU SISTEMA TRATAMIENTO	4-84
4.3.6 IMPACTOS AMBIENTALES PREVISIBLES	4-89
4.4 OCUPACIÓN DE CAUCES.....	4-91
4.4.1 DINÁMICA FLUVIAL DEL ÁREA CANELO NOGAL	4-91
4.4.2 OBRAS A CONSTRUIR.....	4-91
4.4.3 DESCRIPCIÓN DE MATERIALES Y OBRAS TÍPICAS DE CONSTRUCCIÓN	4-97
4.4.4 IMPACTOS AMBIENTALES PREVISIBLES	4-102
4.5 MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN	4-103
4.5.1 VOLÚMENES ESTIMADOS DE LAS VÍAS DE ACCESO Y PLATAFORMAS	4-103
4.5.2 IMPACTOS AMBIENTALES PREVISIBLES	4-106
4.6 APROVECHAMIENTO FORESTAL	4-107

4.6.1	UNIDADES DE COBERTURA VEGETAL	4-107
4.6.2	CARACTERIZACIÓN FLORÍSTICA	4-109
4.6.2	ÁREAS Y VOLÚMENES DE APROVECHAMIENTO	4-112
4.6.4	ANÁLISIS ESTADÍSTICO	4-115
4.6.5	TÉCNICAS DE REMOCIÓN Y DESTINO FINAL DEL PRODUCTO DEL APROVECHAMIENTO.....	4-118
4.6.6	IMPACTOS AMBIENTALES PREVISIBLES	4-121
4.7	RESIDUOS SÓLIDOS.....	4-122
4.7.1	IDENTIFICACIÓN.....	4-122
4.7.2	RESIDUOS SÓLIDOS DOMÉSTICOS	4-122
4.7.4	ESTIMATIVO DE VOLÚMENES	4-127
4.7.5	IMPACTOS AMBIENTALES PREVISIBLES	4-130
4.8	MATERIALES SOBRANTES DE CORTE Y EXCAVACIÓN	4-131

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 4-1. Caudales requeridos para el proyecto	4-10
Tabla 4-2. Volúmenes requeridos por el proyecto	4-10
Tabla 4-3. Factor de relación entre caudal mínimo y caudal necesario	4-11
Tabla 4-4. Volumen de agua requerido para las pruebas hidrostáticas	4-12
Tabla 4-5. Franja de captación propuesta en el río Mandúr	4-14
Tabla 4-6. Caudal aforado sobre el río Mandúr aguas arriba del punto sugerido para captación.....	4-15
Tabla 4-7. Caudal aforado sobre el río Mandúr en el punto sugerido para captación.....	4-16
Tabla 4-8. Caudal aforado sobre el río Mandúr aguas abajo del punto sugerido para captación.....	4-17
Tabla 4-9. Relación de caudales máximos, medios y mínimos para el río Mandúr...	4-19
Tabla 4-10. Clasificación ICA.....	4-21
Tabla 4-11. Resultados caracterizaciones fisicoquímicas y bacteriológicas	4-21
Tabla 4-12. Resultados ICA.....	4-23
Tabla 4-13. Índices ecológicos de las comunidades estudiadas en el Río Mandúr aguas arriba.....	4-24
Tabla 4-14. Listado de usuarios de captación y generadores de aguas servidas sobre el río Mandúr (aguas arriba y aguas abajo de la franja de intervención propuesta)	4-26
Tabla 4-15. Impactos asociados a la captación del recurso hídrico	4-29
Tabla 4-16. Caudal de vertimiento en cada una de las etapas	4-32
Tabla 4-17. Franja de vertimiento propuesta en el río Mandúr	4-33
Tabla 4-18. Listado de usuarios de captación y generadores de aguas servidas sobre el río Mandúr (aguas arriba y aguas abajo de la franja de intervención propuesta)	4-33
Tabla 4-19. Comparación entre modelos de calidad del agua existentes	4-34
Tabla 4-20. Precipitación máxima diaria en 24 horas para el área del proyecto exploratorio Canelo Nogal (mm)	4-37
Tabla 4-21. Cálculo de intensidades para duraciones de 15, 30, 60 y 90 minutos en el área del proyecto	4-38
Tabla 4-22. Parámetro curvas IDF	4-39
Tabla 4-23. Cálculo de intensidad	4-40
Tabla 4-24. Caudales máximos para la zona de estudio de la subcuenca del río Mandúr con los diferentes periodos de retorno.....	4-40
Tabla 4-25. Datos morfométricos de los tramos a evaluar.....	4-48
Tabla 4-26. Composición teórica de las aguas residuales industriales	4-49
Tabla 4-27. Hoja principal de cálculos del Qual2Kw para el comportamiento de los parámetros en el río Mandúr sin el vertimiento proyectado	4-54
Tabla 4-28. Balance de masas.....	4-57
Tabla 4-29. Hoja principal de cálculos del Qual2Kw para el comportamiento de los parámetros en el río Mandúr con el vertimiento proyectado	4-58
Tabla 4-30. Balance de Masas de Cargas Contaminantes con vertimiento	4-61
Tabla 4-31. Tasa de absorción.....	4-65
Tabla 4-32. Datos tomados en campo para la prueba de infiltración N°1.....	4-65
Tabla 4-33. Datos tomados en campo para la prueba de infiltración N°2.....	4-66
Tabla 4-34. Datos tomados en campo para la prueba de infiltración N°3.....	4-66
Tabla 4-35. Absorción del terreno Canelo Nogal.....	4-67
Tabla 4-36. Consideraciones de diseño para el riego en el APE Canelo Nogal	4-69

Tabla 4-37. Caudal de vertimiento combinando otra alternativa.....	4-72
Tabla 4-38. Volumen de agua teórico que recibe el suelo.....	4-75
Tabla 4-39. Volumen en condiciones de alta pluviosidad.....	4-75
Tabla 4-40. Descripción de las unidades de suelo del Área de interés exploratorio Canelo Nogal.....	4-76
Tabla 4-41. Calicatas en el Área de Interés Exploratorio Canelo Nogal.....	4-78
Tabla 4-42. Resultados de Análisis de Laboratorio de Suelos.....	4-81
Tabla 4-43. Caracterización fisicoquímica de los suelos del área de estudio.....	4-81
Tabla 4-44 Composición típica de aguas residuales domésticas no tratadas.....	4-85
Tabla 4-45. Parámetros y valores típicos de calidad de las aguas residuales industriales sin tratamiento.....	4-88
Tabla 4-46. Impactos ambientales asociados al vertimiento.....	4-89
Tabla 4-47. Red hidrográfica del APE Canelo Nogal.....	4-91
Tabla 4-48. Ubicación de puentes en concreto sobre la vía San Luis – Buenos Aires del Mandúr.....	4-92
Tabla 4-49. Cruces de cuerpos de agua vía San Luis – Buenos Aires del Mandúr....	4-92
Tabla 4-50. Puntos de ocupaciones de cauces accesos internos del APE proyectados..	4-94
Tabla 4-51. Cruces accesos internos del APE.....	4-94
Tabla 4-52. Especificaciones técnicas de tubos y alcantarillas.....	4-99
Tabla 4-53. Impactos asociados a la ocupación de cauces.....	4-102
Tabla 4-54. Canteras licenciadas en el área de estudio.....	4-103
Tabla 4-55. Volúmenes de movimientos de tierra por longitud máxima de vías de acceso.....	4-104
Tabla 4-56. Movimientos de tierras para las plataformas de perforación (unallocación tipo).....	4-105
Tabla 4-57. Impactos asociados a la extracción de material de afirmado.....	4-106
Tabla 4-58 Unidades de cobertura vegetal Área de interés exploratorio Canelo Nogal.	4-107
Tabla 4-59. Localización de parcelas inventariadas.....	4-110
Tabla 4-60. Área a intervenir en el APE Canelo Nogal para construcción de plataformas.....	4-112
Tabla 4-61. Área a intervenir en el APE Canelo Nogal para construcción de vías de acceso.....	4-112
Tabla 4-62. Factor de volúmenes por tipo cobertura vegetal.....	4-113
Tabla 4-63. Factor de volúmenes por tipo cobertura vegetal.....	4-114
Tabla 4-64. Volumen máximo de aprovechamiento forestal por el proyecto.....	4-114
Tabla 4-65. Cálculo del error de muestreo para Bosque fragmentado.....	4-116
Tabla 4-66 Cálculo del error de muestreo para Bosque denso alto.....	4-116
Tabla 4-67. Cálculo del error de muestreo para Bosque denso bajo.....	4-117
Tabla 4-68. Cálculo del error de muestreo para la vegetación secundaria o en transición.....	4-117
Tabla 4-69 Cálculo del Error de muestreo para mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales / pastos arbolados.....	4-118
Tabla 4-70. Impactos asociados al aprovechamiento forestal.....	4-121
Tabla 4-71. Manejo de los residuos sólidos domésticos.....	4-122
Tabla 4-72. Manejo de los residuos sólidos industriales.....	4-124
Tabla 4-73 Empresas legalizadas en manejo de residuos sólidos.....	4-126
Tabla 4-74. Residuos sólidos típicos en la perforación de pozos.....	4-128
Tabla 4-75. Estado mecánico estimado.....	4-128
Tabla 4-76. Volúmenes de lodos estimados.....	4-129

Tabla 4-77. Volúmenes de cortes estimados	4-130
Tabla 4-78. Impactos asociados al manejo de residuos sólidos	4-130

LISTA DE FOTOGRAFÍAS

Pág.

Fotografía 4-1. Cuerpo de agua propuesto para la captación: Río Mandúr.	4-12
Fotografía 4-2. Sitio sugerido como punto de captación a un costado del puente en concreto ubicado sobre el río Mandúr (vereda El Porvenir)	4-14
Fotografía 4-3. Acceso al río Mandúr para captar agua en el área del proyecto en la vereda El Porvenir	4-25
Fotografía 4-4. Uso del agua del río Mandúr para lavado de ropa en la vereda Nueva Unión	4-25
Fotografía 4-5. Sistema de captación y conducción de agua potable tipo. A) Motobomba y manguera. B) Carrotanques.	4-29
Fotografía 4-6. Pruebas de infiltración Canelo Nogal.....	4-68
Fotografía 4-7. Sistemas de tratamiento de las ARD para perforación y pruebas de producción (Red Fox)	4-86
Fotografía 4-8. Delimitación de la parcela, Identificación y Medición de DAP de fustal.4-111	
Fotografía 4-9. Conformación del talud de ZODMEs.....	4-132

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 4-1. Tramo de estudio del río Mandúr para las secciones hidrotopográficas utilizadas en la modelación hidráulica.....	4-36
Figura 4-2. Modelo sección Aguas Arriba del punto sugerido para la captación y vertimiento	4-42
Figura 4-3. Modelo sección intermedia (punto sugerido para captación y vertimiento) 4-43	4-43
Figura 4-4. Modelo sección Agua Abajo del punto sugerido para la captación y el vertimiento	4-44
Figura 4-5. Perfil longitudinal con condición de caudal en campo	4-45
Figura 4-6. Perfil longitudinal con condición de caudal con periodo de retorno 5 años.4-45	4-45
Figura 4-7. Modelo hidráulico HEC-RAS con condición de caudal en campo	4-46
Figura 4-8. Modelo hidráulico HEC-RAS con condición de caudal con periodo de retorno 5 años.....	4-47
Figura 4-9. Esquema metodológico	4-50
Figura 4-10. Comportamiento modelado DBO sin vertimiento.....	4-55
Figura 4-11. Comportamiento modelado sólidos suspendidos sin vertimiento	4-55
Figura 4-12. Comportamiento modelado DQO sin vertimiento	4-56
Figura 4-13. Comportamiento modelado oxígeno disuelto sin vertimiento	4-56
Figura 4-14. Comportamiento modelado DBO con vertimiento.....	4-59
Figura 4-15. Comportamiento modelado sólidos suspendidos con vertimiento	4-59
Figura 4-16. Comportamiento modelado DQO con vertimiento	4-60
Figura 4-17. Comportamiento modelado oxígeno disuelto con vertimiento	4-60
Figura 4-18. Resultados prueba de infiltración	4-67
Figura 4-19. Campo de aspersión para el APE Canelo Nogal	4-74
Figura 4-20. Disponibilidad teórica de nutrientes con relación al pH del suelo	4-83
Figura 4-21. Relación entre el PSI y la conductividad para determinar la salinidad de los suelos	4-84
Figura 4-22. Diseño de parcelas para la caracterización vegetal de las coberturas	4-111
Figura 4-23. Diseño de ZODME tipo	4-133
Figura 4-24. Esquema típico para la disposición de materiales estériles.	4-134
Figura 4-25. Sección típica para cuneta en piedra pegada, manejo de aguas de escorrentía perimetral al ZODME.	4-134
Figura 4-26. Estructura de caída en sacos de suelo cemento sección rectangular.	4-135
Figura 4-27. Sección de cunetas en sacos de suelo cemento en bermas intermedias.	4-135

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NOGAL			
	Cap 4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1110	Versión: 1	

4. DEMANDA, USO, APROVECHAMIENTO Y/O AFECTACIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES

En esta parte del documento se realiza un diagnóstico cualitativo y cuantitativo de los recursos naturales que se tienen proyectados demandar, usar, aprovechar y/o afectar durante la perforación exploratoria en el área de interés exploratorio Canelo Nogal, (dentro del Bloque PUT -2 asignado por la ANH), en una extensión de 71,1 km², de propiedad de PETRONOVA Colombia, localizada en el departamento de Putumayo, en el municipio de Puerto Guzmán, en las veredas: Buenos Aires del Mandúr, El Porvenir, Alpamanga, San Luis, Las Villas, La Estrella, Nueva Unión y Nuevo Horizonte, áreas de jurisdicción de la Corporación autónoma regional de la Amazonía (CORPOAMAZONÍA). Esta actividad de diagnóstico se realiza con el fin de establecer los posibles recursos naturales a intervenir, su manejo y grado de intervención

En el área de interés se tiene planeado perforar un máximo de 5 plataformas multipozo de aproximadamente 7 Ha (área máxima de intervención) cada una, con la posibilidad de realizar la perforación de hasta 3 pozos exploratorios por cada una de ellas, y realizar una serie de obras de infraestructura asociadas a dicha actividad como son la adecuación y construcción de vías, instalación de facilidades tempranas de producción, líneas de flujo, líneas eléctricas y sitios de tratamiento para los residuos generados, entre otras.

Las etapas de movilización de equipos, construcciones, actividades de perforación, pruebas de producción y desmantelamiento se repetirán para todos los pozos exploratorios que se decida perforar.

Las pruebas de producción para los pozos exploratorios se realizarán en las facilidades tempranas que se adecuen en alguna de las plataformas de perforación, o llevando la producción de los pozos a las facilidades que se instalen. El transporte del crudo se hará por línea de flujo o por carrotanques.

Elaborado por: S.V.R.M	Revisado por: C&MA	Aprobado por: PETRONOVA Colombia	Página 4-8
------------------------	--------------------	----------------------------------	------------

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NOGAL			
	Cap 4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1110	Versión: 1	

4.1 AGUAS SUPERFICIALES

Para el desarrollo de las actividades de adecuación y construcción de obras civiles y de infraestructura (vías de acceso, líneas de flujo, líneas eléctricas, facilidades de producción, sistemas de tratamiento de residuos, entre otras) y de perforación exploratoria en el área Canelo Nogal, se utilizarán las aguas superficiales del río Mandúr, tanto para uso industrial como doméstico. También se cuenta con la alternativa de comprar el recurso al acueducto del municipio de Puerto Guzmán, el cual cuenta con la capacidad y disponibilidad para suplir las necesidades del proyecto.

De acuerdo con las perspectivas de exploración del área Canelo Nogal, en el presente numeral se propone el aprovechamiento del recurso hídrico superficial a través de la definición de una franja de captación sobre el cuerpo de agua mencionado anteriormente. Dentro de la franja definida sobre el río Mandúr solo se mantendrá un punto específico de captación.

Desde el punto de vista hidrológico, el área de estudio donde se localiza el área de perforación exploratoria Canelo Nogal, pertenece a la vertiente del río Caquetá y a la subcuenca del río Mandúr. Los principales cuerpos de agua en que está dividido el sistema hídrico para el río Mandúr con sus respectivos afluentes, son: quebrada Astilleros, caño Azul, quebrada Agua Clara, caño Chonta, caño Timaná, caño El Porvenir y quebrada El Águila (ver **anexo J: Cartografía C&MA-PTN-AMB-1110-10- 16 / 24**).

El área de drenaje del Área de Interés Exploratorio Canelo Nogal se encuentra subdividida en varios escenarios hidrográficos enmarcada a nivel regional dentro de la dinámica fluvial del río Amazonas y del río Caquetá y a nivel local con el río Mandúr, correspondiente a una morfometría colinada a plana, con una alta densidad de cuerpos de agua de origen natural, aunque la mayoría de éstos de carácter permanente. Se destaca que el drenaje presente en el área de influencia del Área de Interés Exploratorio Canelo Nogal exhibe, principalmente un patrón de drenaje de tipo subdendrítico y subparalelo.

El Río Mandúr es la principal fuente hídrica del APE Canelo Nogal, con una longitud en el Municipio de Puerto Guzmán de 63 kilómetros hasta su desembocadura en el río Caquetá.

Actualmente, se caracteriza por presentar un color amarillo ocre, incrementándose hasta un color amarillo más oscuro, esto ocasionado por el transporte de sedimentos sólidos en suspensión producto de los trabajos de extracción del mineral de oro que se viene desarrollando en las zonas más altas por fuera del APE, desde hace tiempo atrás.

Elaborado por: S.V.R.M	Revisado por: C&MA	Aprobado por: PETRONOVA Colombia	Página 4-9
------------------------	--------------------	-------------------------------------	------------

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NOGAL			
	Cap 4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1110	Versión: 1	

4.1.1 Captación de agua

4.1.1.1 Caudales y volúmenes requeridos

De acuerdo con las actividades del proyecto, se estima que se requiere la captación del recurso hídrico superficial en un caudal de 3 L/s para todas las etapas del proyecto, el cual se podrá captar de un solo punto sobre el cuerpo de agua propuesto para el abastecimiento de agua (Río Mandúr) o a través de la compra al acueducto de Puerto Guzmán. El caudal necesario se da a partir de los usos definidos en la siguiente tabla:

Tabla 4-1. Caudales requeridos para el proyecto

Actividad / Etapa	Uso	Consumo		Observaciones
		L/s	Bbl/día	
Construcción y adecuación de obras civiles y de infraestructura	Doméstico	0	0	Los valores mostrados en la tabla se refieren a consumos máximos estimados que se pueden generar durante las actividades contempladas para el desarrollo del presente proyecto.
	Industrial	0,3	163,2	
	Factor de seguridad	0,1	54,4	
	Subtotal	0,4	217,6	
Perforación exploratoria	Doméstico	0,2	108,8	Durante la fase de perforación de los pozos exploratorios se utilizarán contenedores para el alojamiento del personal calificado, los cuales contarán con unidades sanitarias completas (sanitario, ducha y lavamanos), además de las instalaciones requeridas para el lavado de implementos de cocina y aseo general.
	Industrial	1,8	979,2	
	Factor de seguridad	0,3	163,2	
	Subtotal	2,3	1251,2	
Operación de las facilidades de producción y pruebas cortas y extensas	Doméstico	0,1	54,4	El agua para consumo humano durante las etapas del proyecto será suministrada por el contratista a cargo, utilizando para ello agua purificada en botellones.
	Industrial	0,1	54,4	
	Factor de seguridad	0,1	54,4	
	Subtotal	0,3	163,2	
Total		3	1632	Durante la etapa de pruebas de producción, laborarán aproximadamente hasta 20 personas, para lo cual se requiere agua para uso doméstico.

Fuente: C&MA, 2011.

La siguiente tabla detalla el volumen de agua que se requiere para el proyecto según el número de días que duran las actividades o etapas enlistadas con anterioridad.

Tabla 4-2. Volúmenes requeridos por el proyecto

Actividad / Etapa	Consumo		Duración (días)	Volumen a consumir (m³)
	L/s	Bbl/día		
Construcción y adecuación de obras civiles y de infraestructura	0,4	217,6	90	3.110,4

Elaborado por: S.V.R.M	Revisado por: C&MA	Aprobado por: PETRONOVA Colombia	Página 4-10
------------------------	--------------------	----------------------------------	-------------

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NOGAL			
	Cap 4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1110	Versión: 1	

Tabla 4-2. Volúmenes requeridos por el proyecto

Actividad / Etapa	Consumo		Duración (días)	Volumen a consumir (m ³)
	L / s	Bbl / día		
Perforación exploratoria	2,3	1251,2	90	17.884,8
Operación de las facilidades de producción (pruebas cortas y extensas)	0,3	163,2	180	4.665,6

*Volumen requerido por pozo exploratorio; si se realiza la perforación de las 5 plataformas multipozo (3 pozos por plataforma) se requerirá de un volumen máximo aproximado de 384.912 m³ de agua para la perforación de 15 pozos exploratorios.

Fuente: C&MA, 2011

De acuerdo con la estimación de caudales analizada con el método de grupos de cuencas hidrológicamente similares se obtuvo que el caudal mínimo para el río Mandúr durante el año es de 2,7 m³/s, presentándose en los meses de febrero y noviembre (ver Tabla 4-9), teniendo en cuenta lo descrito en los aspectos hidrológicos del capítulo 3, del presente documento. De acuerdo con lo anterior se determinó que para el APE Canelo Nogal puede hacerse uso del agua superficial del río Mandúr sin afectar la oferta del recurso hídrico en la zona. Esto se comprueba al calcular un factor de relación entre el caudal mínimo estimado por modelación para el cuerpo de agua (situación de estiaje), y el caudal necesario para el desarrollo del proyecto.

Tabla 4-3. Factor de relación entre caudal mínimo y caudal necesario

Cuerpo de Agua	Caudal máximo del río calculado por modelación (Q _{max} , m ³ /s)	Caudal mínimo del río calculado por modelación (Q _{min} , m ³ /s)	Caudal necesario para el proyecto (Q _{proyecto} , m ³ /s)	Factor (Q _{min} / Q _{proyecto})
Río Mandúr	31,7	2,7	0,003	900

Fuente: C&MA, 2011

De acuerdo con la Tabla 4-3, se determinó que el río Mandúr, cuerpo de agua propuesto para la captación, tienen el caudal requerido para el proyecto sin afectar la disponibilidad del recurso para los habitantes del sector.

Volumen de agua requerido para las pruebas hidrostáticas

Teniendo en cuenta que en el área de interés exploratorio Canelo Nogal se plantea construir hasta un total de 5 plataformas multipozos, cada una con hasta 3 pozos exploratorios, se calcula el volumen de agua requerido para las pruebas hidrostáticas de las líneas de flujo, teniendo en cuenta lo siguiente.

Elaborado por: S.V.R.M	Revisado por: C&MA	Aprobado por: PETRONOVA Colombia	Página 4-11
------------------------	--------------------	----------------------------------	-------------

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NOGAL			
	Cap 4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1110	Versión: 1	

Tabla 4-4. Volumen de agua requerido para las pruebas hidrostáticas

Sector	Longitud estimada máxima de tubería unitaria (km)	Diámetro máximo líneas de flujo (pulg.)	Volumen de agua necesario (m ³)
Trayectos Internos del APE	11,4	6	207,95
Trayectos directos a plataformas	12,5	6	228,01
Volumen total de agua requerido por pruebas hidrostáticas			435,96

Fuente: C&MA, 2011

En total para las pruebas hidrostáticas de las líneas de flujo proyectadas a construir en el área de interés exploratorio Canelo Nogal se requieren aproximadamente 435,96 m³, volumen que está incluido dentro de los consumos estimados para la etapa de pruebas de producción.

Volumen de agua requerido para las pruebas de producción

El volumen requerido para las pruebas extensas es de 0,3 L/s, que equivalen a 163,2 bbl/día; como el tiempo estimado de las pruebas extensas es de 180 días el volumen total a requerir para esta etapa es de 29.3357 Bbl (4.665,6m³) (ver Tabla 4-2).

4.1.2 Cuerpo de agua y puntos de captación

Con base en la ubicación del área de interés exploratorio Canelo Nogal y de las características ambientales y sociales de la zona de estudio, la corriente a intervenir será el río Mandúr (ver Fotografía 4-1).



Fotografía 4-1. Cuerpo de agua propuesto para la captación: Río Mandúr.

Fuente: Trabajo de campo Canelo Nogal, C&MA Ltda, 2011

Elaborado por: S.V.R.M	Revisado por: C&MA	Aprobado por: PETRONOVA Colombia	Página 4-12
------------------------	--------------------	----------------------------------	-------------

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NOGAL			
	Cap 4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1110	Versión: 1	

La intervención de la corriente hídrica se realizará a partir de la definición de una franja de captación homogénea en el río Mandúr, teniendo en cuenta para esta definición la caracterización fisicoquímica e hidrobiológica aguas arriba y aguas abajo del tramo de la corriente, al igual que las características hidráulicas uniformes para la franja propuesta, donde además se analizó la información hidrológica de la cuenca, determinando que sobre el área a intervenir no se presentan cambios en su régimen de caudales unitemporales y no se presentan usos adicionales que cambien la dinámica hídrica del cuerpo de agua sobre el trayecto objeto de estudio (ver Anexo I: Capacidad de Asimilación – Informe Hidráulico e Hidrológico de la franja del río Mandúr). Sobre la franja se podrá tomar el recurso por medio de un solo punto específico, utilizando motobomba y manguera, o en caso de ser posible por medio de carrotanques.

La elección de las franjas a nivel operativo se realizó en consideración a que:

- No se tiene precisión de los sitios seleccionados donde se realizarán los proyectos exploratorios, para de esta manera definir sitios puntuales para la captación y descarga de aguas residuales tratadas.
- Utilizando franjas se pueden realizar una selección acuciosa de alternativas de puntos de captación y descarga que cumplan con la política ambiental de Petronova Colombia y con el cometido de generar el menor impacto posible sobre los componentes ambientales que conforman los sitios de vertimiento.
- Se le permite a la Interventoría HSE y Ambiental designada para el proyecto a participar en la validación de los sitios dentro de la franja para realizar las captaciones y descargas con el menor impacto posible, teniendo en cuenta aspectos como existencia de vías de acceso al punto seleccionado dentro de las franjas, estabilidad de los taludes, intervenciones mínima o innecesarias para realizar la actividad y que además se ajuste a la logística de Petronova Colombia que viabilice el proyecto.
- El río Mandúr puede presentar durante algunos periodos del año variación en su hidrología, los cuales pueden coincidir con la época en que se ejecute el proyecto, pudiendo inviabilizar ambientalmente un punto previamente definido para la captación y el vertimiento, si se toma en cuenta las características físicas como inundabilidad, socavación, formación de deltas etc.; mientras que utilizando las franjas se pueden modificar los puntos y evitar tener impactos no previstos o modificaciones en el entorno producto de la actividad.

De igual forma, se resalta, que no existen y por tanto no se incluyen otras fuentes que puedan modificar las características iniciales del cuerpo de agua a intervenir y que sean sujeto de la evaluación del modelo.

Las siguientes coordenadas corresponden a la franja propuesta para realizar la captación de agua para el desarrollo del proyecto de perforación exploratoria del APE Canelo Nogal. La franja proyectada para el cuerpo de agua tiene una longitud de 1.500 metros, siguiendo el cauce del río.

Elaborado por: S.V.R.M	Revisado por: C&MA	Aprobado por: PETRONOVA Colombia	Página 4-13
------------------------	--------------------	----------------------------------	-------------

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NOGAL			
	Cap 4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1110	Versión: 1	

Tabla 4-5. Franja de captación propuesta en el río Mandúr

CUERPO DE AGUA	PUNTO No	COORDENADAS DATUM MAGNA SIRGAS ORIGEN BOGOTÁ		UBICACIÓN	PROPIETARIOS DE PREDIOS SITUADOS EN LA FRANJA	LONGITUD DE LA FRANJA
		ESTE	NORTE			
RÍO MANDÚR	INICIO	753.594	592.539	Departamento de Putumayo, Municipio de Puerto Guzmán, Vereda El Porvenir.	- María Marleni Castañeda - Luis Carlos Bolaños	1.500 m
	FIN	754.348	591.953	Departamento de Putumayo, Municipio de Puerto Guzmán, Vereda Buenos Aires del Mandúr.	- Reimundo Eduardo López	

Se sugiere como mejor alternativa para la ubicación del punto específico de captación, el sitio donde se encuentra el puente en concreto que atraviesa el río Mandúr en las coordenadas **E: 753.994, N: 592.048** (Datum Magna Sirgas, Origen Bogotá), ya que cuenta con factores positivos de accesibilidad y no requiere de remoción de cobertura vegetal para la instalación de motobomba o parqueo del carrotanque según sea el caso.



Fotografía 4-2. Sitio sugerido como punto de captación a un costado del puente en concreto ubicado sobre el río Mandúr (vereda El Porvenir)

Como segunda alternativa para la adquisición del recurso hídrico se plantea la opción de comprarle el agua al acueducto del municipio de Puerto Guzmán, el cual tiene la disponibilidad y capacidad suficiente para suplir las necesidades del proyecto, sin generar una presión significativa sobre el sistema.

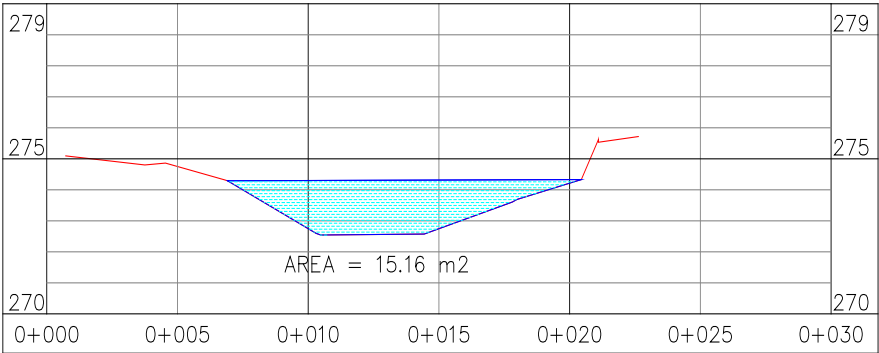
Durante las labores de campo para el presente estudio se realizaron tres aforos del caudal del río Mandúr, en sitios identificados aguas arriba, punto intermedio y aguas

Elaborado por: S.V.R.M	Revisado por: C&MA	Aprobado por: PETRONOVA Colombia	Página 4-14
------------------------	--------------------	-------------------------------------	-------------

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NOGAL			
	Cap 4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1110	Versión: 1	

abajo del punto sugerido para realizar la captación del recurso, actividad realizada en el mes de Agosto del año 2011.

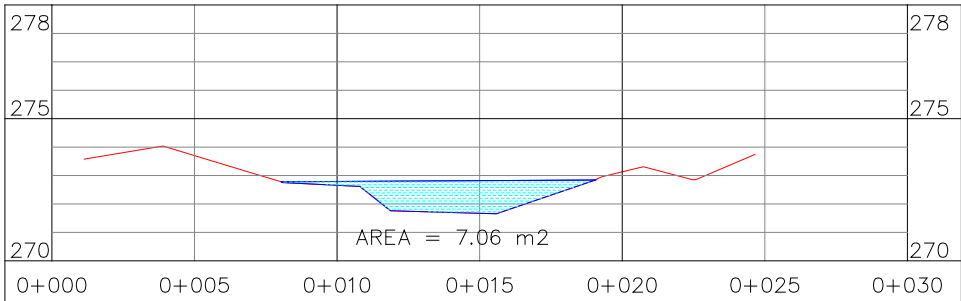
Tabla 4-6. Caudal aforado sobre el río Mandúr aguas arriba del punto sugerido para captación

CÁLCULO DE CAUDAL AGUAS ARRIBA RÍO MANDÚR	
COORDENADAS DEL AFORO	ESTE: 753.837
	NORTE: 592.110
SECCIÓN TRANSVERSAL	
	
ÁREA DE SECCIONES	
ÁREA 1	15,16 m ²
TIEMPO DE RECORRIDO	
TIEMPO 1	45,45 seg
TIEMPO 2	41,80 seg
TIEMPO 3	48,50 seg
TIEMPO 4	45,46 seg
TIEMPO 5	46,56 seg
TIEMPO PROMEDIO	45,55 seg
VELOCIDAD	
LONGITUD	10 m
TIEMPO PROMEDIO	45,55 seg
VELOCIDAD	0,22 m / seg
CAUDAL	
3,33 m³ / seg	

Elaborado por: S.V.R.M	Revisado por: C&MA	Aprobado por: PETRONOVA Colombia	Página 4-15
------------------------	--------------------	-------------------------------------	-------------

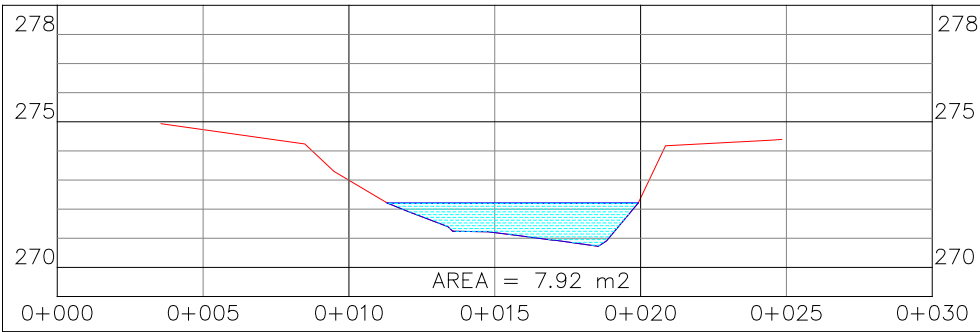
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NOGAL			
	Cap 4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1110	Versión: 1	

Tabla 4-7. Caudal aforado sobre el río Mandúr en el punto sugerido para captación

CÁLCULO DE CAUDAL PUNTO SUGERIDO PARA CAPTACIÓN RÍO MANDÚR	
COORDENADAS DEL AFORO	ESTE: 753.994
	NORTE: 592.048
SECCIÓN TRANSVERSAL	
	
ÁREA DE SECCIONES	
ÁREA 1	7,06 m ²
TIEMPO DE RECORRIDO	
TIEMPO 1	23,75 seg
TIEMPO 2	22,76 seg
TIEMPO 3	23,78 seg
TIEMPO 4	25,45 seg
TIEMPO 5	21,43 seg
TIEMPO PROMEDIO	23,43 seg
VELOCIDAD	
LONGITUD	10 m
TIEMPO PROMEDIO	23,43 seg
VELOCIDAD	0,43 m / seg
CAUDAL	
3,01 m³ / seg	

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NOGAL			
	Cap 4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1110	Versión: 1	

Tabla 4-8. Caudal aforado sobre el río Mandúr aguas abajo del punto sugerido para captación

CÁLCULO DE CAUDAL AGUAS ABAJO RÍO MANDÚR	
COORDENADAS DEL AFORO	ESTE: 754.407
	NORTE: 591.880
SECCIÓN TRANSVERSAL	
	
ÁREA DE SECCIONES	
ÁREA 1	7,92 m ²
TIEMPO DE RECORRIDO	
TIEMPO 1	27,75 s
TIEMPO 2	28,12 s
TIEMPO 3	25,89 s
TIEMPO 4	27,62 s
TIEMPO 5	24,01 s
TIEMPO PROMEDIO	26,68 s
VELOCIDAD	
LONGITUD	10 m
TIEMPO PROMEDIO	26,68 s
VELOCIDAD	0,37 m/s
CAUDAL	
2,97 m³/s	

4.1.3 Caudales y volúmenes de agua

Con el fin de determinar los caudales máximos, medios y mínimos de los cuerpos de agua sujetos a intervención por la captación del recurso hídrico para abastecer las necesidades del presente proyecto, se procedió a la aplicación del modelo de

Elaborado por: S.V.R.M	Revisado por: C&MA	Aprobado por: PETRONOVA Colombia	Página 4-17
------------------------	--------------------	-------------------------------------	-------------

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NOGAL			
	Cap 4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1110	Versión: 1	

estimación de caudales a través del **método de grupos de cuencas hidrológicamente similares, para aéreas de drenaje adyacentes con superficies superiores a los 50 Km²**; el cual se basa en los análisis y estimaciones realizadas para las cuencas que cuentan con estaciones hidrométricas equivalentes.

Para el análisis de las cuencas asumidas como cuencas equivalentes y las hidrológicamente similares, se utilizó información de las series históricas de caudales de las estaciones localizadas en las corrientes del área de influencia del APE Canelo Nogal. Para dicha caracterización se tomaron los registros de las corrientes que poseen datos históricos de caudales en el IDEAM, donde se definieron factores de relación de áreas como factores de transformación de caudales de cuencas hidrológicamente similares.

Teniendo en cuenta lo anterior, se ubicaron las estaciones hidrométricas equipadas con limnigráfo y asumidas como cuencas equivalentes, para cada el sector de interés sobre el río Mandúr, posteriormente se optó por definir las áreas de drenaje donde se requeriría estimar el caudal para la fuente a intervenir por las actividades de captación y vertimiento; lo anterior con el fin de conocer la relación de áreas entre éstas y las cuencas equivalentes.

De acuerdo con esta metodología se estimaron los caudales máximos, medios y mínimos para el río Mandúr, teniendo en cuenta los caudales registrados en las estaciones; además de su respectiva área de drenaje, para posteriormente proyectarlos y/o estimarlos.

Elaborado por: S.V.R.M	Revisado por: C&MA	Aprobado por: PETRONOVA Colombia	Página 4-18
------------------------	--------------------	-------------------------------------	-------------

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NOGAL			
	Cap 4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1110	Versión: 1	

Tabla 4-9. Relación de caudales máximos, medios y mínimos para el río Mandúr

ESTACIÓN	CORRIENTE	ÁREA [KM²]	PARÁMETRO	CAUDAL Y RENDIMIENTO MENSUAL MULTIANUAL													
					ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
4401711 ANDAQUI 1983 - 2006	Río Caquetá Valores Medios	4452.3	Caudal [m3/s]	Med	261.3	282.1	301.2	405.7	549.9	681.5	682.4	549.3	398.2	346.0	326.8	287.2	422.6
				Max	373.7	455.0	379.0	653.1	851.0	1773.0	957.0	691.2	554.0	469.1	422.0	382.0	1773.0
				Min	163.0	149.0	203.0	210.0	313.0	397.0	521.0	285.0	287.0	258.0	151.4	186.9	149.0
			Rendimiento [lt/s-Km2]	Med	58.7	63.4	67.6	91.1	123.5	153.1	153.3	123.4	89.4	77.7	73.4	64.5	94.9
				Max	83.9	102.2	85.1	146.7	191.1	398.2	214.9	155.2	124.4	105.4	94.8	85.8	149.0
				Min	36.6	33.5	45.6	47.2	70.3	89.2	117.0	64.0	64.5	57.9	34.0	42.0	58.5
			%Q/Qa		5.2	5.6	5.9	8.0	10.8	13.4	13.5	10.8	7.9	6.8	6.4	5.7	100.0
			Qmax/Qmed		1.4	1.6	1.3	1.6	1.5	2.6	1.4	1.3	1.4	1.4	1.3	1.3	1.5
			Qmin/Qmed		0.6	0.5	0.7	0.5	0.6	0.6	0.8	0.5	0.7	0.7	0.5	0.7	0.6
			%Qmax	Max	7.4	9.0	7.5	12.9	16.8	35.0	18.9	13.6	10.9	9.2	8.3	7.5	13.1
			%Qmin	Min	3.2	2.9	4.0	4.1	6.2	7.8	10.3	5.6	5.7	5.1	3.0	3.7	5.1
Estimación Pto. de Captación	Río Mandúr Valores medios	149.51	Caudal [m3/s]	Med	4.7	5.0	5.4	7.3	9.8	12.2	12.2	9.8	7.1	6.2	5.8	5.1	7.6
				Max	6.7	8.1	6.8	11.7	15.2	31.7	17.1	12.4	9.9	8.4	7.5	6.8	31.7
				Min	2.9	2.7	3.6	3.8	5.6	7.1	9.3	5.1	5.1	4.6	2.7	3.3	2.7
			Rendimiento [lt/s-Km2]	Med	58.7	63.4	67.6	91.1	123.5	153.1	153.3	123.4	89.4	77.7	73.4	64.5	94.9
				Max	83.9	102.2	85.1	146.7	191.1	398.2	214.9	155.2	124.4	105.4	94.8	85.8	149.0
				Min	36.6	33.5	45.6	47.2	70.3	89.2	117.0	64.0	64.5	57.9	34.0	42.0	58.5
			%Q/Qa		5.2	5.6	5.9	8.0	10.8	13.4	13.5	10.8	7.9	6.8	6.4	5.7	100.0
			Qmax/Qmed		1.4	1.6	1.3	1.6	1.5	2.6	1.4	1.3	1.4	1.4	1.3	1.3	1.5
			Qmin/Qmed		0.05	0.04	0.05	0.04	0.05	0.05	0.06	0.04	0.06	0.06	0.04	0.05	0.0
			%Qmax	Max	7.4	9.0	7.5	12.9	16.8	35.0	18.9	13.6	10.9	9.2	8.3	7.5	13.1
			%Qmin	Min	0.3	0.2	0.3	0.3	0.5	0.6	0.8	0.4	0.5	0.4	0.2	0.3	0.4

Elaborado por: S.V.R.M	Revisado por: C&MA	Aprobado por: PETRONOVA Colombia	Página 4-19
------------------------	--------------------	-------------------------------------	-------------

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NOGAL			
	Cap 4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1110	Versión: 1	

Al comparar los caudales aforados con relación a los estimados por el método de cuencas aferentes, se puede apreciar que los valores hallados corresponden a los valores medios multimensuales reportados para el mes de estudio, garantizándose la disponibilidad del recurso para el proyecto y sus usos actuales, con base en las relaciones de caudales estimadas con los valores mínimos multitemporales.

De igual manera, y con el fin de tener una estimación de caudales más certera de los cuerpos de agua a usar en el presente proyecto, se realizó la batimetría y modelación hidráulica de los caudales medios y mínimos del río Mandúr (ver **Anexo H: Capacidad de Asimilación**), siendo estos estudios representativos para efectos de la solicitud de aprovechamiento de aguas superficiales, en la medida en que dan como resultado el volumen de agua disponible en las partes altas de la franja, sin tener en cuenta el aporte de los drenajes que aumentarán el caudal de la corriente aguas abajo de la misma, y por tanto servirán para evaluar la disponibilidad del recurso en condición crítica para la ejecución de las actividades exploratorias del APE Canelo Nogal.

4.1.4 Calidad de agua del río Mandúr

Con el fin de evaluar la calidad de agua del río Mandúr (aguas arriba y aguas abajo), se calculó el **índice de calidad del agua (ICA)**, el cual fue desarrollado en 1970 por la Fundación de Sanidad Nacional (NSF) de los Estados Unidos, con el objeto de establecer el comportamiento óptimo de las variables identificadas en los estudios de calidad del agua. Para aplicar dicho índice al presente estudio se requiere la utilización de los datos obtenidos a partir de la evaluación de los siguientes parámetros de importancia:

- Oxígeno disuelto (OD) - (ponderación relativa 0,17)
- Coliformes fecales - (ponderación relativa 0,15)
- Potencial de hidrógeno (pH) - (ponderación relativa 0,12)
- Demanda biológica de oxígeno (DBO₅) - (ponderación relativa 0,1)
- Nitratos (NO₃⁻) - (ponderación relativa 0,1)
- Fosfatos (PO₄³⁻) - (ponderación relativa 0,1)
- Temperatura - gradiente térmico - (ponderación relativa 0,1)¹
- Turbiedad - (ponderación relativa 0,08)
- Sólidos Disueltos Totales (SDT) - (ponderación relativa 0,08)

El índice de calidad de agua ICA se calcula a partir de las anteriores ponderaciones y su cálculo proporciona como resultado un valor localizado en una escala de 1 a 100, donde 100 corresponde a las condiciones óptimas del recurso. El valor del índice disminuye con el aumento de la contaminación del cuerpo de agua en estudio. En la siguiente tabla se relacionan los valores con su descripción y color.

¹ Gradiente térmico = [Temperatura ambiente (°C) – Temperatura del agua (°C)]

Elaborado por: S.V.R.M	Revisado por: C&MA	Aprobado por: PETRONOVA Colombia	Página 4-20
------------------------	--------------------	-------------------------------------	-------------

Tabla 4-10. Clasificación ICA

CALIDAD DE AGUA	VALOR	COLOR
Excelente	91 a 100	
Buena	71 a 90	
Regular	51 a 70	
Mala	26 a 50	
Pésima	0 a 25	

En la **Tabla 4-11** se presenta la caracterización fisicoquímica y bacteriológica del cuerpo de agua sujeto a captación (ver **Anexo B: Resultados Fisicoquímicos, Hidrobiológicos, Suelos e ICA**), datos a utilizar para el posterior análisis, cálculo e interpretación del ICA.

Tabla 4-11. Resultados caracterizaciones fisicoquímicas y bacteriológicas

PARÁMETRO	UNIDADES	Río Mandúr aguas arriba	Río Mandúr aguas abajo
Acidez	mg CaCO ₃ /L	2,8	2,7
Alcalinidad	mg CaCO ₃ /L	17,4	11,8
Arsénico	mg/L	-	-
Bicarbonatos	mg HCO ₃ /L	17,4	11,8
Cadmio	mg Cd/L	<0,005	<0,005
Calcio	mg Ca/L	0,917	0,996
Carbono Orgánico	mg / L	20	23
Cloruros	mg Cl ⁻ / L	<1	<1
Coliformes Fecales	UFC/100mL	<2	30
Coliformes Totales	UFC/100mL	3.000	170
Color	UPC	82	98
Conductividad	μs/cm	21,4	16,7
DBO ₅	mg O ₂ /L	40	42
DQO	mg O ₂ /L	65	66
Fenoles totales	mg/L	<0,040	<0,040
Fosfatos	mg PO ₄ ⁻² /L	0,193	0,066
Fósforo inorgánico	mg P/L	0,288	0,097
Fósforo Orgánico	mg P/L	0,095	0,030
Grasas y aceites	mg/L	<0,50	<0,50
Hidrocarburos	mgTPH/L	<0,50	<0,50
Hierro	mg Fe/L	1,16	1,30
Magnesio	mg Mg/L	0,376	0,335
Mercurio	mg Hg/L	<0,001	<0,001
Nitratos	mg NO ₃ ⁻¹ /L	<0,015	<0,015
Nitritos	mg NO ₂ ⁻¹ /L	0,015	0,015

Tabla 4-11. Resultados caracterizaciones fisicoquímicas y bacteriológicas

PARÁMETRO	UNIDADES	Río Mandúr aguas arriba	Río Mandúr aguas abajo
Nitrógeno amoniacal	mg NH ₃ /L	<1	<1
Olor		ACEPTABLE	ACEPTABLE
Oxígeno disuelto	mg/LO ₂	6,6	6,5
Pesticidas organoclorados	mg/L	<0,0004	<0,0004
Pesticidas organofosforados	mg/L	<0,00005	<0,00005
pH	Unidades	6,58	6,64
Plomo	mg Pb/L	<0,049	<0,049
Potasio	mg K/L	0,790	0,707
Sabor		ACEPTABLE	ACEPTABLE
Sodio	mg Na/L	0,580	0,842
Sólidos disueltos	mg/L	12,7	12,1
Sólidos sedimentables	ml/L	<0,1	<0,1
Sólidos suspendidos	mg/L	21	17
Sólidos totales	mg/L	44	46
Sulfatos	mg SO ₄ ⁻² /L	<4	<4
Turbiedad	NTU	24,6	20,2
Temperatura	°C	26,1	25,5
Tensoactivos	mg ABS/L	<0,09	<0,09

Fuente: Resultados de análisis fisicoquímicos y bacteriológicos realizados por el Laboratorio ANTEK S.A LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTAL Y GEOQUÍMICA, 2011.

	Corresponde a valores que no cumplen con el Decreto 1594 de 1984 para alguno de los usos potenciales del agua
	Corresponde a aquellos valores que no cumplen con la norma de agua potable (Resolución 2115 de 2007)
	Corresponde a aquellos valores que no cumplen con el Decreto 1594 de 1984 de 2007

Comparando los resultados fisicoquímicos y bacteriológicos con los valores permitidos para los diferentes usos definidos por el Decreto 1594 del 1984² y la Resolución 2115 de 2007, se estableció que el cuerpo de agua evaluado no puede ser utilizado para el consumo humano directo sin someterlo previamente a algún tipo de tratamiento, ya que de los análisis realizados, se puede concluir, como los datos lo demuestran, que el río Mandúr (aguas arriba y aguas abajo) no cumplen con los requisitos que exige la normatividad en calidad de agua para consumo humano, y que por ende, pensar en su uso conlleva inevitablemente a realizar algún tipo de tratamiento de potabilización. Es así, como de un total de un cuerpo de agua (en dos puntos diferentes) y 43 parámetros monitoreados, 5 de estos parámetros incumplen para ambos puntos

² El decreto 3930/10 (nuevo decreto de vertimientos), fue parcialmente modificado por el decreto 4728 de 2010, siendo este último el que amplía el plazo para definir los límites de vertimiento a cuerpos de agua superficiales, además de modificar otros artículos, el decreto 1594/84 es usado en el presente trabajo.

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NOGAL			
	Cap 4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1110	Versión: 1	

(turbiedad, hierro, color, carbono orgánico y coliformes totales) según la normatividad (Resolución 2115/07), y con dos parámetros (oxígeno disuelto y DBO₅), según el decreto 1594/84. El río Mandúr aguas abajo también incumple en el parámetro de coliformes fecales comparado con ambas normativas.

Las concentraciones y valores encontrados para estos ríos referentes a los parámetros de incumplimiento se encuentran consignados en la tabla 4-9.

El análisis completo de la calidad de agua del río Mandúr, así como para otros cuerpos de agua dentro del área de interés exploratorio Canelo Nogal se encuentra en el Capítulo 3 (Caracterización del Área de Influencia del Proyecto) del presente documento.

En la Tabla 4-12 se resumen los valores de los 9 parámetros sobre los que se fundamenta el cálculo del ICA para cada cuerpo de agua, y así mismo, se presenta el resultado de su cálculo.

Tabla 4-12. Resultados ICA

PARÁMETRO	UNIDAD	Río Mandúr aguas arriba	Río Mandúr aguas abajo
Coliformes Fecales	UFC/100mL	<2	30
DBO ₅	mg O ₂ /L	40	42
Fosfatos	mg PO ₄ ⁻² /L	0.193	0.066
Nitratos	mg NO ₃ ⁻¹ /L	<0.015	<0.015
Oxígeno disuelto (OD)	mg/L O ₂	6.6	6.5
pH	Unidad de pH	6.58	6.64
Sólidos disueltos	mg/L	12.7	12.1
Temperatura agua	°C	26.1	25.5
Temperatura ambiente	°C	30	30
Turbiedad	NTU	24.6	20.2
RESULTADO ICA		69.56	63.20

Los resultados del Índice de Calidad del Agua (ICA) permiten tener una visión global de la calidad del recurso hídrico en la fuente de captación propuesta. Los valores de la Tabla 4-12 muestran que en el cuerpo de agua evaluado, se presenta una calidad del recurso hídrico **“Regular”**.

Con estos resultados se concluye como determinantes en el cálculo y resultado del ICA los valores de coliformes fecales, turbidez y DBO₅, especialmente este último parámetro.

Elaborado por: S.V.R.M	Revisado por: C&MA	Aprobado por: PETRONOVA Colombia	Página 4-23
------------------------	--------------------	----------------------------------	-------------

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NOGAL			
	Cap 4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1110	Versión: 1	

Esta situación se observa puesto que al leer el valor del subíndice para cada parámetro³, se ve como para los valores de coliformes fecales, DBO₅ y turbidez, se obtienen los datos más bajos en una escala de 0 a 100 con respecto a cada subíndice, siendo 100 la condición ideal y 0 la no deseada.

También es de resaltar que para el río Mandúr aguas arriba y aguas abajo, los gradientes de temperatura 5.4 y 9.8 °C respectivamente, contribuyen para que la calificación de la calidad de agua de estos ríos sea regular.

Calidad Hidrobiológica

En el Río Mandúr aguas arriba del puente de concreto en la vereda El Porvenir, se tomaron muestras de bentos, perifiton, macrófitas y necton con el fin de evaluar la calidad hidrobiológica del recurso hídrico, obteniéndose los siguientes resultados con base en la determinación del índice ecológico, el cual se detalla a continuación (ver **Anexo B: Resultados Físicoquímicos, Hidrobiológicos, Suelos e ICA**):

Tabla 4-13. Índices ecológicos de las comunidades estudiadas en el Río Mandúr aguas arriba.

COMUNIDADES	S	N	D	J'	H'(LOG2)	λ	H1	H2	H10	H21
Bentos	2	9,4	0,4	0,9	0,9	0,6	1,9	1,8	0,9	1,0
Perifiton	9	156,7	1,6	0,6	1,9	0,4	3,7	2,5	0,4	0,7
Macrófitas	No se encontraron organismos									

S: Riqueza, N: Abundancia, d: Riqueza de Margalef, J': Uniformidad de Pielou, H': Diversidad de Shannon-Weinner, λ: Predominio de Simpson, H1, 2, 10 y 21: Serie de números de Hill.

Fuente: Laboratorio ANTEK S.A, 2011

El río Mandúr se presentó con una baja riqueza de organismos bentónicos (S = 2), en donde ningún taxa fue considerablemente más abundante que el otro. Por otra parte, el perifiton, obtuvo un valor medio para el índice de diversidad de Shannon-Weiner, que lo ubica en el rango propuesto por Roldan y Ramírez (2008) para aguas moderadamente contaminadas. Al observar los índices que aportan información sobre la estructura de los ensamblajes, como el de predominio, uniformidad y la serie de números de Hill, se entiende que este componente tiende a la homogeneidad, sin embargo, tiene dos taxa (*Navicula* sp. y *Stauroneis* sp.) considerados con abundancia altas.

En cuanto a los índices de contaminación, se entiende que el cuerpo de agua se encuentra eutrofizado, con una muy baja contaminación por mineralización (ICOMI = 0,011) y sólidos suspendidos (ICOSUS = 0,043) que explican el hecho de tener al componente perifítico más diverso que los otros, ya que la ausencia de material particulado posibilita más la penetración de la luz en el agua, promoviendo la actividad fotosintética. Finalmente, a diferencia del nivel de incidencia sobre el sistema de los anteriores componentes mencionados, existe una moderada contaminación por

³ INDICE DE CALIDAD DEL AGUA GENERAL "ICA". Disponible en línea: [26 de Enero de 2011] <http://www.snet.gob.sv/Hidrologia/Documentos/calculolCA.pdf>.

Elaborado por: S.V.R.M	Revisado por: C&MA	Aprobado por: PETRONOVA Colombia	Página 4-24
------------------------	--------------------	----------------------------------	-------------

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NOGAL			
	Cap 4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1110	Versión: 1	

materia orgánica (ICOMO = 0,572) producida posiblemente por proceso de degradación de biomasa vegetal.

4.1.5 Inventario de usos del recurso hídrico aguas arriba y aguas abajo de la franja de captación propuesta

La comunidad del área de estudio utiliza principalmente las aguas subterráneas y aguas lluvias para uso doméstico y en menor proporción utilizan las aguas superficiales del río Mandúr para su consumo. A continuación, se describe cada uno de los usos que se da al agua.

Consumo humano

Para consumo humano los pobladores de las veredas del área de influencia directa del proyecto que se encuentran en zonas cercanas al río Mandúr, utilizan las aguas de esta corriente como fuente de abastecimiento para las labores domésticas. El agua se toma en baldes, mangueras, y algunos habitantes utilizan motobombas.



Fotografía 4-3. Acceso al río Mandúr para captar agua en el área del proyecto en la vereda El Porvenir



Fotografía 4-4. Uso del agua del río Mandúr para lavado de ropa en la vereda Nueva Unión

Elaborado por: S.V.R.M	Revisado por: C&MA	Aprobado por: PETRONOVA Colombia	Página 4-25
------------------------	--------------------	-------------------------------------	-------------

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NOGAL			
	Cap 4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1110	Versión: 1	

Labores agropecuarias

En cuanto a las labores productivas se tiene el consumo de agua del río Mandur para las labores agrícolas, las cuales están asociadas principalmente a algunos cultivos permanentes como el maíz, la yuca y el plátano y pastos artificiales, en economías principalmente de autoconsumo. Otro uso del recurso hídrico se presenta en el sector de la ganadería, el cual se relaciona especialmente con el abastecimiento de los abrevaderos de ganado.

Fuente receptora de aguas servidas

La mayoría de los pobladores del área de influencia directa recurren a la disposición de las aguas residuales a campo abierto y en ocasiones a los cuerpos de agua cercanos; adicionalmente, la población veredal de la zona carece de un servicio de recolección de basuras, por lo que las disponen a campo abierto, enterrándola o quemándola, ocasionando una alteración del suelo y del agua superficial o subterránea.

Aunque las aguas superficiales no son la principal fuente abastecimiento del recurso hídrico para consumo doméstico y humano de los habitantes del área de estudio (abastecimiento por medio de aljibes o aguas lluvia), se realizó un inventario de las captaciones y vertimientos presentes (lavado de ropa, vertimientos aguas residuales domésticas (negras y grises) – disposición a campo abierto) 2 Km aguas arriba y 2 Km aguas abajo de la franja de captación y vertimiento propuesta sobre el río Mandúr, en donde se encontraron los siguientes usuarios y fuentes contaminantes.

Tabla 4-14. Listado de usuarios de captación y generadores de aguas servidas sobre el río Mandúr (aguas arriba y aguas abajo de la franja de intervención propuesta)

CUERPO DE AGUA	INFRAESTRUCTURA	VEREDA	TIPO DE USO	COORDENADAS DE PUNTOS Datum Magna Sirgas Origen Bogotá	
				ESTE	NORTE
Río Mandúr	Vivienda	Nueva Unión	Captación (abrevadero y riego cultivos) Vertimiento (aguas negras y grises a campo abierto)	753156	593305
	Vivienda	Nueva Unión	Captación (abrevadero y riego cultivos) Vertimiento (aguas negras y grises a campo abierto)	753052	593199

Fuente: Trabajo de campo, C&MA 2011

Elaborado por: S.V.R.M	Revisado por: C&MA	Aprobado por: PETRONOVA Colombia	Página 4-26
------------------------	--------------------	-------------------------------------	-------------

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NOGAL			
	Cap 4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1110	Versión: 1	

Extracción artesanal de oro

En el último año sobre el río Mandúr en la zonas altas por fuera del APE Canelo Nogal, en los Municipios de Puerto Guzmán y Villa Garzón, esta labor se viene realizando a gran escala con motobomba, la cual permite el paso del chorro de agua a presión y cuya función es disgregar el suelo (Limo – arcilloso y capa vegetal) que con anterioridad ha sido removido *in situ* con retroexcavadora, provocando grandes contaminaciones sobre el recurso hídrico.

El objetivo final de este proceso, es pasar esta colada por un canalón fabricado en madera de manera artesanal que previamente ha dispuesto en el piso del mismo, un paño o tela envuelta en un material de malla que atrapa el oro debido al peso, una de sus principales características.

CORPOAMAZONÍA, como Autoridad Ambiental en el departamento, emitió la Resolución 0699 de 2010, mediante la cual impone una medida preventiva de suspensión de esta actividad en los mencionados municipios hasta que se realice una reparación y compensación al deterioro ambiental que se viene ocasionando. A pesar de la medida, se tiene conocimiento que en la zona continúan estas labores, lo que ha generado una preocupación a nivel del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial como máxima Autoridad Ambiental en el país, quien se encuentra en la etapa de planificación, para de manera definitiva controlar esta actividad; que en muchos casos, se realiza de manera ilícita.

Pesca

La actividad pesquera se desarrolla principalmente sobre el río Caquetá, cuenca a la que pertenece el río Mandúr, en donde se presenta de manera continua y constituye una fuente de abastecimiento para consumo Doméstico en los pobladores de la zona del proyecto. En el río Mandúr la actividad de pesca artesanal no se da con una frecuencia considerable debido a la poca presencia de especies acuáticas de consumo humano.

4.1.6 Diseño típico de captación y conducción

La captación sobre el río Mandúr se podrá realizar a través de una motobomba tipo centrífuga que se instalará fuera del lecho del cauce o por medio de la bomba que viene incluida en el equipaje del carrotanque. Estas bombas deben poseer la capacidad suficiente para el levantamiento de presión a la cabeza requerida y se deben localizar en una zona estable, que se encuentre fuera de la margen del cuerpo de agua, y evitar la intervención de la vegetación boscosa.

- **Captación con bomba desde carrotanque**

Este esquema de captación consiste de una motobomba con medidor de flujo instalada sobre un carrotanque, la cual se unirá a una manguera o tubería de succión de 2" proveniente de la corriente de agua. Dicha tubería contará con un accesorio en el extremo de succión que impida la entrada de material de arrastre (ver Figura 4. 1). En cada locación a donde se conduzca el agua captada se instalarán tanques para el almacenamiento y distribución del agua.

Elaborado por: S.V.R.M	Revisado por: C&MA	Aprobado por: PETRONOVA Colombia	Página 4-27
------------------------	--------------------	-------------------------------------	-------------

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NOGAL			
	Cap 4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1110	Versión: 1	

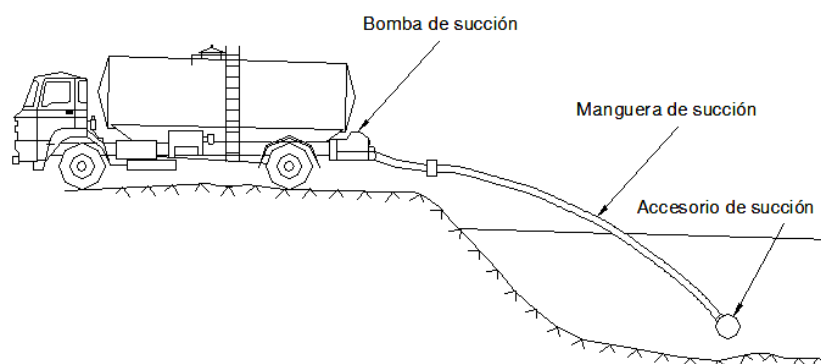


Figura 4. 1. Sistema de captación directa desde carrotanque

- **Captación directa con bomba fija**

Este sistema consiste en instalar una bomba fija con medidor de flujo sobre una placa de concreto con diques de contención para controlar las aguas aceitosas y grasas provenientes de derrames. La captación se realizará utilizando una motobomba, cuya potencia dependerá de la longitud de la conducción desde la captación hasta la descarga, de las condiciones topográficas de la captación, de la conducción y de la descarga, el volumen captado se medirá mediante contadores que garantizan que el volumen no supera el autorizado por la autoridad ambiental.

El sitio se acondicionará de tal manera que no quede dentro del cauce o interfiera con el curso de la corriente superficial. En caso de adoptarse este esquema de captación deberán tomarse todas las medidas propuestas en la **ficha de Manejo de la captación en el capítulo 7** del presente documento, para evitar cualquier tipo de afectación del cuerpo de agua.

Para la captación se dispone de bombas comerciales, como la bomba centrífuga horizontal, la cual tiene la ventaja de que la ubicación del equipo de bombeo y el punto de captación pueden ser distintos, o sea que la estación de bombeo puede construirse en el sitio más favorable desde el punto de vista de cimentación, acceso, protección contra inundaciones, etc. Los elementos de succión utilizados para la captación son iguales al esquema anterior, pero ya que la bomba quedará fija en el sitio, se deberá construir una caseta de protección. (**Figura 4. 2**).

Elaborado por: S.V.R.M	Revisado por: C&MA	Aprobado por: PETRONOVA Colombia	Página 4-28
------------------------	--------------------	-------------------------------------	-------------

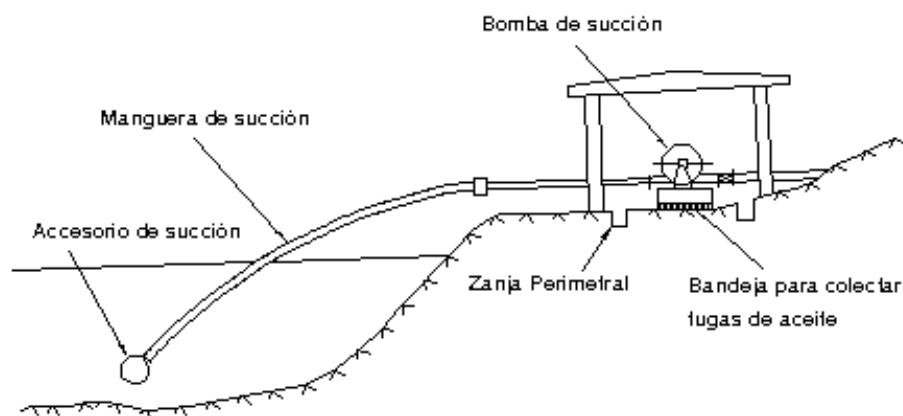


Figura 4. 2 Esquema típico de captación con bomba fija

Luego de haber sido captado el recurso de la corriente superficial, se procede a conducirlo hasta la localización.



Fotografía 4-5. Sistema de captación y conducción de agua potable tipo. A) Motobomba y manguera. B) Carrotanques.

4.1.7 Impactos y manejo ambiental

Tabla 4-15. Impactos asociados a la captación del recurso hídrico

ACTIVIDAD	IMPACTO	MEDIDA
Captación del recurso	Presión sobre la infraestructura de servicios públicos.	Llevar un control sobre el agua captada para evitar el uso desmesurado del recurso.
	Presión sobre el recurso hídrico.	

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NOGAL			
	Cap 4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1110	Versión: 1	

Seguimiento y control	Deterioro de las propiedades fisicoquímica e hidrobiológicas.	Debe realizarse seguimiento a las condiciones de calidad del cuerpo de agua durante el aprovechamiento del recurso. En el sitio de captación de agua sobre el cauce se debe realizar una limpieza periódica, con el propósito de retirar sedimentos, algas y otros materiales que afecten la calidad del recurso.
Capacitación del personal	Inadecuado manejo de sobrantes.	Para hacer un uso eficiente de los recursos naturales, se deben realizar charlas de carácter ambiental dirigidas al personal del proyecto, con el fin de prevenir alteraciones del medio ambiente local; en el caso específico del agua, estas charlas se deben enfocar a prevenir el uso desmesurado del recurso, esto mediante la utilización del caudal estrictamente necesario, ya sea para uso doméstico o para uso industrial.

Para la captación sobre la franja propuesta para el APE Canelo Nogal se deberán realizar las respectivas reuniones con el propietario del predio en donde se ubique el punto de captación, con el fin de socializar las actividades a ejecutar y obtener los permisos pertinentes.

4.1.8 Acceso a la franja de captación propuesta

Para acceder a la franja de captación propuesta sobre el río Mandúr se podrá utilizar la vía de acceso Tipo 4 existente entre la vereda San Luis y la vereda Buenos Aires del Mandúr y sobre el K3+700 de esta misma vía se encuentra un puente en concreto de 4,5 metros de ancho, sitio en donde se sugiere ubicar el punto específico de captación, ya que sobre el costado derecho del puente (en dirección San Luis – Buenos Aires del Mandúr) se cuenta con espacio para la maniobrabilidad de un carrotanque, sin afectar el tráfico de la vía.

En el caso que no se utilicen carrotanques para la captación del recurso, ésta se realizará por medio de motobomba instalada fuera del lecho del río Mandúr y la conducción se efectuará por medio de manguera hasta las locaciones.

4.2 AGUAS SUBTERRÁNEAS

Para el desarrollo de las actividades exploratorias en el área de interés exploratorio Canelo Nogal, no se contempla el aprovechamiento de aguas subterráneas.

Elaborado por: S.V.R.M	Revisado por: C&MA	Aprobado por: PETRONOVA Colombia	Página 4-30
------------------------	--------------------	----------------------------------	-------------

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NOGAL			
	Cap 4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1110	Versión: 1	

4.3 VERTIMIENTOS

4.3.1 Generalidades

Para tomar las acciones más acertadas en el manejo del vertimiento de aguas residuales domésticas e industriales generadas durante la perforación de los pozos exploratorios en el área de interés exploratorio Canelo Nogal, es importante conocer las características tanto del efluente como del suelo o del cuerpo de agua receptor del mismo (río Mandúr). En base a lo anterior, en este numeral se presentan las características más relevantes de ambos componentes (suelo y agua), con el fin de determinar el adecuado manejo ambiental de los vertimientos.

Para el vertimiento de las aguas residuales ya tratadas provenientes de las actividades a realizar en el área de interés exploratorio Canelo Nogal se proponen las siguientes opciones de disposición:

- Disponerlas sobre el mismo cuerpo de agua propuesto para la captación (río Mandúr) en un punto específico ubicado a 100m aguas abajo de este.
- Disposición mediante riego por aspersión en las vías a utilizar del proyecto o en áreas de aspersión que se podrán ubicar en zonas cercanas a las locaciones de los pozos exploratorios, con base en las características del suelo de estos lugares.
- Tratamiento y disposición final por medio de empresas especializadas en el manejo de este tipo de residuos y que cuenten con los permisos ambientales requeridos para tal fin.

4.3.2 Caudal a verter

El vertimiento de las aguas residuales generadas durante la etapa de perforación de los pozos exploratorios en el área Canelo Nogal se estima en un caudal de 2,4 L/s, el cual corresponde al 80% del volumen de agua solicitado para la captación del recurso, teniendo en cuenta que el 20% restante se consume en el proceso o se pierde. El volumen de agua a verter derivado de las pruebas hidrostáticas es el mismo caudal que se determinó para captación de las mismas, lo que equivale a un total 435,96 m³. Teniendo en cuenta que es posible que durante la fase exploratoria, algunos de los pozos sean productores y que se generen aguas asociadas a la producción de crudos, es necesario contemplar la posibilidad de incluir la descarga de dichas aguas de formación dentro del caudal de vertimiento autorizado para el proyecto. No obstante, la cantidad y las características fisicoquímicas de esta agua son inciertas, por cuanto el proyecto se encuentra en fase exploratoria. Llegado el caso y en función del caudal de agua producida por el yacimiento, sería necesario contemplar un aumento del caudal a verter, el cual de acuerdo a datos que se tienen de campos cercanos al área del proyecto que se encuentran en producción, se estima que durante las pruebas extensas se podría generar un volumen máximo de 1,5 L/s de aguas industriales o de producción.

Elaborado por: S.V.R.M	Revisado por: C&MA	Aprobado por: PETRONOVA Colombia	Página 4-31
------------------------	--------------------	-------------------------------------	-------------

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NOGAL			
	Cap 4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1110	Versión: 1	

En la siguiente tabla se presenta el resumen de las aguas que se estima se verterán en cada una de las etapas del proyecto.

Tabla 4-16. Caudal de vertimiento en cada una de las etapas

Actividad / Etapa	Tipo	Vertimiento	
		L / s	Bbl / día
Perforación exploratoria y pruebas cortas de producción	Doméstico	0,2	108,7
	Industrial	2,2	1.195,6
Pruebas extensas de producción y prueba hidrostática	Doméstico	0,1	54,35
	Industrial	1,4	760,8
Total		3,9	2.119,45

Durante la fase de las obras civiles no se realizará vertimiento de aguas residuales industriales ya que el agua que se requiere en esta etapa es para la fabricación de concretos y para la compactación del área de las plataformas de perforación y las vías de acceso a los pozos exploratorios. Para las aguas negras se utilizarán baños portátiles y el contratista que presta el servicio se encargará de la disposición adecuada de acuerdo a los permisos de operación de la empresa.

La disposición de las aguas residuales tratadas podrá distribuirse dentro de todas las alternativas propuestas, es decir, que no todo caudal de vertimiento estimado se dispondrá siempre mediante el mismo sistema.

4.3.3 Vertimiento sobre cuerpo de agua

El vertimiento de las aguas residuales domésticas e industriales tratadas, se podrá realizar de manera directa, previo tratamiento, sobre el río Mandúr, dado su carácter permanente, caudal y capacidad de asimilación. La descripción de dicha corriente hídrica, la calidad fisicoquímica y los usos potenciales del recurso, además de los caudales máximos, medios y mínimos estimados y los aforados en el trabajo de campo, se encuentran en el numeral 4.1 AGUAS SUPERFICIALES del presente capítulo.

La localización de la descarga se ubicará dentro de la misma franja propuesta para la de captación del recurso, específicamente en un punto ubicado 100m aguas abajo del lugar proyectado para abastecimiento de agua.

Las siguientes coordenadas corresponden a la franja propuesta para realizar el vertimiento de aguas residuales tratadas durante el desarrollo del proyecto de perforación exploratoria en el área Canelo Nogal.

La franja proyectada para el cuerpo de agua tiene una longitud de 1.500 metros, siguiendo el cauce del río.

Elaborado por: S.V.R.M	Revisado por: C&MA	Aprobado por: PETRONOVA Colombia	Página 4-32
------------------------	--------------------	-------------------------------------	-------------

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NOGAL			
	Cap 4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1110	Versión: 1	

Tabla 4-17. Franja de vertimiento propuesta en el río Mandúr

CUERPO DE AGUA	PUNTO No	COORDENADAS DATUM MAGNA SIRGAS ORIGEN BOGOTÁ		UBICACIÓN	PROPIETARIOS DE PREDIOS SITUADOS EN LA FRANJA	LONGITUD DE LA FRANJA
		ESTE	NORTE			
RÍO MANDÚR	INICIO	753.594	592.539	Departamento de Putumayo, Municipio de María Marleni Guzmán, Vereda El Castañeda Porvenir.	- Luis Carlos Bolaños	1.500 m
	FIN	754.348	591.953	Departamento de Putumayo, Municipio de Reimundo Guzmán, Vereda Buenos Aires del Mandúr.	Eduardo López	

El inventario de usuarios y de fuentes contaminantes se realizó 2 Km aguas arriba y 2 Km aguas abajo de la franja propuesta para el vertimiento, encontrándose los siguientes puntos:

Tabla 4-18. Listado de usuarios de captación y generadores de aguas servidas sobre el río Mandúr (aguas arriba y aguas abajo de la franja de intervención propuesta)

CUERPO DE AGUA	INFRAESTRUCTURA	VEREDA	TIPO DE USO	COORDENADAS DE PUNTOS Datum Magna Sirgas Origen Bogotá	
				ESTE	NORTE
Río Mandúr	Vivienda	Nueva Unión	Captación (abrevadero y riego cultivos) Vertimiento (aguas negras y grises a campo abierto)	753156	593305
	Vivienda	Nueva Unión	Captación (abrevadero y riego cultivos) Vertimiento (aguas negras y grises a campo abierto)	753052	593199

Fuente: Trabajo de campo, C&MA 2011.

Igualmente se consultó con CORPOAMAZONÍA acerca del establecimiento de objetivos de calidad para el río Mandúr por parte de dicha entidad, a lo cual ratificaron la inexistencia de tales objetivos para la corriente mencionada (ver Anexo E1 Correspondencia enviada y recibida).

Elaborado por: S.V.R.M	Revisado por: C&MA	Aprobado por: PETRONOVA Colombia	Página 4-33
------------------------	--------------------	----------------------------------	-------------

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NOGAL			
	Cap 4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1110	Versión: 1	

Capacidad de asimilación del cuerpo de agua

El objetivo del presente estudio comprende la modelación de la calidad del agua sobre la franja de disposición propuesta en el río Mandúr, por efecto del vertimiento directo del efluente del sistema de tratamiento de aguas residuales de los pozos y facilidades del APE Canelo Nogal, con el fin de establecer la capacidad de asimilación de contaminantes en los cuerpos de agua mencionados, en condiciones de caudales medios y mínimos, mediante la simulación de escenarios propuestos para establecer los impactos ambientales que se presentan por efecto de la carga aportante del vertimiento.

En la literatura se encuentran diversos modelos usados a lo largo de los años para modelar la calidad de los ríos, la mayoría de ellos son de tipo mecanicista, entre ellos podemos citar QUAL2E, K, QUASAR, HERMES, QUESTOR, MIKE-11, e ISIS.

Basados en los criterios anteriores y teniendo en cuenta la cantidad y la calidad de la información que se dispone para la modelación, así como la disponibilidad y experiencias nacionales e internacionales en su utilización, se presentan a continuación los modelos a considerar para la misma en la siguiente tabla.

Tabla 4-19. Comparación entre modelos de calidad del agua existentes

MODELO	Qual2K	PC-QUASAR	QUESTOR
Desarrollador	United States Environmental Protection Agency (US EPA); 1987	Centre for Ecology & Hydrology, Wallingford, UK; 1997	Centre for Ecology & Hydrology, Wallingford, UK; 1998
Parámetros	Contaminantes conservativos (hasta 3), Temperatura, DBO, Clorofila a, Fósforo (orgánico y disuelto), Nitrógeno (Orgánico, amoniacal, nitritos, nitratos), OD, Coliformes.	NH ₄ , pH, NO ₃ , Temperatura, E. Coli, DBO, OD, contaminantes conservativos.	NH ₄ , NH ₃ , pH, NO ₃ , Temperatura, E. Coli, DBO, OD, contaminantes conservativos, Otros, definidos por el usuario
Amigabilidad del entorno	- Regular, interfaz en hoja de cálculo. - Manual de uso completo	- Regular - Manual de uso completo - Escrito en 16 bits.	- Pobre, en desarrollo
Suposiciones	- Existe mezcla completa vertical y lateralmente - Flujo permanente, no uniforme - La cinética de las reacciones y las variaciones de temperatura así como el intercambio de calor se simulan a escala diaria. - limitado a periodos de caudal y descargas esencialmente constantes. - El transporte advectivo se da con la corriente principal. - El transporte dispersivo es proporcional al gradiente de concentración.	- Cada río se modela como una sucesión de reservorios o tanques en mezcla completa. - La sección transversal de cada tramo es constante. - Requiere datos de caudal diarios. - limitado a periodos de caudal y descargas esencialmente constantes. - El transporte advectivo se da con la corriente principal. - El transporte dispersivo es proporcional al gradiente de concentración.	- Cada río se modela como una sucesión de reservorios o tanques en mezcla completa. - La sección transversal de cada tramo es constante. - Requiere datos de caudal diarios. - limitado a periodos de caudal y descargas esencialmente constantes. - El transporte advectivo se da con la corriente principal. - El transporte dispersivo es proporcional al gradiente de concentración.
Ventajas/Desventajas	- Presenta problemas con los caudales de lluvias, fuentes no puntuales y tránsito de crecientes. - De las mejoras entre la versión E y la K, cabe resaltar mejoras en la modelación de la desnitrificación y las condiciones de anoxia. - a diferencia de la versión E, en la K, los cálculos numéricos están programados en Fortran 90 para mayor eficiencia computacional - Es un modelo de estado estable	- El modelo no se sigue desarrollando, el centro desarrolla un framework llamado QUESTOR, basado en PC.QUASAR, pero no se vende ni está disponible actualmente. - Puede funcionar en estado estático o en estado dinámico, para este último requiere mayor cantidad de información.	- Es un framework, sobre el que se corre el modelo QUASAR, pudiéndose modificar el mismo. - Tiene módulos de entrada y salida de información más completos que QUASAR - La interfaz no es muy amigable por encontrarse en etapa inicial de desarrollo - No está disponible comercialmente - Puede funcionar en estado estático o en estado dinámico, para este último requiere mayor cantidad de información.
Disponibilidad	Disponible de forma gratuita	Disponible de forma gratuita	No disponible
Experiencias	Ampliamente usado en todo el mundo, se cuenta con experiencias en Colombia y es el estándar en modelación de ríos en este momento	Ampliamente usado en todo el mundo, se cuenta con experiencias en Colombia	Utilizado en varios proyectos por sus desarrolladores

Elaborado por: S.V.R.M	Revisado por: C&MA	Aprobado por: PETRONOVA Colombia	Página 4-34
------------------------	--------------------	----------------------------------	-------------

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NOGAL			
	Cap 4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1110	Versión: 1	

La metodología aplicada corresponde al modelo QUAL2KW, que es una representación matemática de las características del río en estudio, con el cual se pretende simular su respuesta ante impactos causados por el vertimiento solicitado y la capacidad de autorecuperación, de acuerdo con las variaciones de caudal en la corriente. Se considera como punto de partida que la calidad del agua del río Mandúr, en el tramo de interés, está determinada por el efecto de las actividades socioeconómicas y la morfología de cada cuenca, dada por las características geológicas, biológicas e hidrológicas.

Por lo anterior, en sus condiciones actuales, la calidad del agua del río es el resultado de la influencia de aportes de vertimientos difusos y puntuales de aguas residuales domésticas e industriales y escorrentía agrícola y ganadera, que tienen lugar sobre la corriente y sus afluentes, aguas arriba del punto de interés.

Los monitoreos de calidad de agua para el modelo se realizaron en dos puntos, uno aguas arriba y otro aguas abajo de un tramo de 1,5 Km sobre el río Mandúr, en condiciones de estiaje, en los cuales se encuentran condiciones de buena calidad, con capacidad de asimilar la carga aportada por el vertimiento del sistema de aguas residuales industriales por las actividades a desarrollar en el Área de Interés Exploratorio Canelo Nogal, mantener sus condiciones fisicoquímicas e hidrobiológicas y no interferir con los usos previstos aguas abajo del vertimiento.

Los parámetros generales de aplicación del modelo se presentan en el Anexo H: Capacidad de Asimilación. En la caracterización del vertimiento se considera la composición típica de las aguas residuales del sector de hidrocarburos y el cumplimiento de los límites permisibles de acuerdo con los artículos 71 y 72 del Decreto 1594 de 1984.

Caracterización hidráulica de la franja de vertimiento propuesta

Metodología

Se realizaron los levantamientos hidrotopográficos (Escala 1:1000), donde se ejecutaron 21 secciones batimétricas para el Río Mandúr, con separación aproximada de 50 metros entre secciones, en un tramo total de 1.000 metros. No se logró realizar la batimetría para el total de 1.500 metros de la franja propuesta debido que un sector del río Mandúr no presentó navegabilidad y el tránsito fue impedido por la gran cantidad de troncos que se encontraban sobre el cuerpo de agua.

Los trabajos hidrotopográficos estuvieron acompañados de aforos, realizados aguas arriba, en el sector intermedio y aguas abajo del punto sugerido para realizar la captación y el vertimiento de las aguas residuales tratadas.

Finalmente, se optó por realizar la Modelación Hidráulica, en la cual se destaca la determinación de los parámetros morfométricos, niveles, velocidades, profundidades hidráulicas entre otros, con variaciones de caudales (medios y mínimos); para los puntos de interés (aguas arriba, punto intermedio y aguas abajo), como se relaciona a continuación:

Elaborado por: S.V.R.M	Revisado por: C&MA	Aprobado por: PETRONOVA Colombia	Página 4-35
------------------------	--------------------	-------------------------------------	-------------

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NOGAL			
	Cap 4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1110	Versión: 1	

Generalidades de la caracterización hidráulica

Para hallar los parámetros de dinámica fluvial en el tramo de estudio del río Mandúr, se utilizó el Modelo Matemático denominado HEC-RAS del Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos Versión 4.0, utilizando las secciones transversales de los levantamientos hidrotopográficos de los cauces en mención; además de los caudales medios y mínimos estimados.

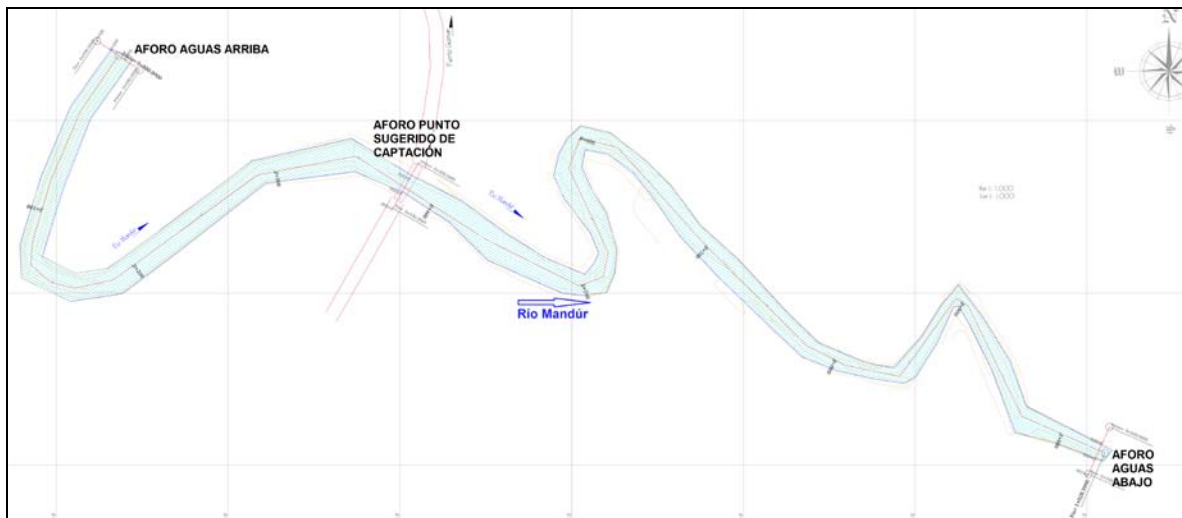


Figura 4-1. Tramo de estudio del río Mandúr para las secciones hidrotopográficas utilizadas en la modelación hidráulica

En el Anexo G se presentan los resultados de los levantamientos hidrotopográficos y de los aforos realizados en el río Mandúr de acuerdo con los Informes Técnicos de las Batimetrías y Levantamientos Topográficos.

Simulación hidráulica de caudales en el sector de vertimiento sobre el río Mandúr

Para la simulación hidráulica de caudales y niveles en el sector de vertimiento propuesto sobre el río Mandúr, se utilizó el modelo matemático HEC-RAS (Hydrologic Engineering Center's River Analysis System), como se mencionó anteriormente, el cual es un paquete integrado de programas de análisis hidráulico desarrollado por el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos, que efectúa los cálculos de perfiles de la superficie de agua para flujos gradualmente variados y permanentes.

Para cada uno de los modelos matemáticos del río Mandúr es necesario ingresar al programa los datos de geometría y los datos de flujo de los sistemas. Para los datos geométricos del sistema de los sitios de análisis sobre el río Mandúr, se introdujeron al programa los datos de las secciones transversales de interés del río Mandúr (secciones hidrotopográficas y/o hidráulicas), tomadas en campo y debidamente procesadas. Adicionalmente, para todas las secciones, se determinaron las orillas del cauce y las distancias entre las secciones tanto por el eje del canal principal como por las orillas de acuerdo a las calibraciones realizadas a partir de los aforos.

Elaborado por: S.V.R.M	Revisado por: C&MA	Aprobado por: PETRONOVA Colombia	Página 4-36
------------------------	--------------------	----------------------------------	-------------

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NOGAL			
	Cap 4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1110	Versión: 1	

Estimación de caudales Máximos para diferentes periodos de retorno

Precipitación máxima en 24 horas

Los valores de precipitación máximos en 24 horas son utilizados para el cálculo de las curvas IDF (Intensidad-Duración-Frecuencia); para determinar la precipitación que genera los caudales máximos para diferentes periodos de retorno se hallaron las precipitaciones máximas en 24 horas para los últimos 30 años para el área de influencia del proyecto.

Tabla 4-20. Precipitación máxima diaria en 24 horas para el área del proyecto exploratorio Canelo Nogal (mm)

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Máximo
1981	-	-	-	-	70	93	118	108	75	146	122	125	146
1982	140	250	266	140	97	200	194	162	100	170	100	87	266
1983	37	47	58	110	131	32	68	103	120	110	115	82	131
1984	85	70	87	62	7	7	11	14	10.3	7.3	8.6	10	87
1985	23	45	52	97	125	70	63	68	60	95	86	25	125
1986	119	100	70	100	84	115	75	60	77	132	136	27	136
1987	120	87	68	89	68	98	100	80	75	136	80	60	136
1988	82	72	82	74	100	100	52	44	103	150	60	61	150
1989	60	62	88	67	55	107	75	53	47	73	110	22	110
1990	49	55	63	94	75	136	147	45	41	92	117	63	147
1991	40	67	90	130	107	65	80	52	75	57	70	27	130
1992	80	37	52	91	135	71	167	90	92	63	70	84	167
1993	140	68	71	98	95	89	92	90	60	75	122	117	140
1994	53	52	104	152	110	42	88	71	155	91	100	90	155
1995	41	50	40	104	96	66	75	104	86	94	101	120	120
1996	110	104	50	120	101	110	47	56	50	61	70	53	120
1997	84	107	106	83	67	57	73	100	90	70	96	50	107
1998	35	71	75	135	104	69	78	134	52	42	122	75	135
1999	53	111	225	70	63	55	72	116	54	54	75	100	225
2000	75	100	45	87	104	94	110	36	60	73	38	105	110
2001	65	-	74	65	134	180	114	9.2	12	117	100	84	180
2002	56	118	154	120	48	90	56	60	49	110	60	60	154
2003	46	40	12.5	114	12.5	93	80	110	90	80	80	35	114
2004	20	117	130	130	130	45	60	-	66	71	61	79	130
2005	52	77	130	102	51	136	48	73	4.7	84	126	91	136
2006	62	126	66	86	71	44	76	147	56	66	129	75	147
2007	51	41	78	87	87	113	68	40	82	71	90	100	113

Elaborado por: S.V.R.M	Revisado por: C&MA	Aprobado por: PETRONOVA Colombia	Página 4-37
------------------------	--------------------	----------------------------------	-------------

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NOGAL			
	Cap 4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1110	Versión: 1	

Tabla 4-20. Precipitación máxima diaria en 24 horas para el área del proyecto exploratorio Canelo Nogal (mm)

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Máximo
2008	64	82	40	59	100	66	65	78	73	73	93	87	100
2009	47	67	76	85	94	126	81	50	106	81	71	60	126
2010	30	41	51	85	79	42	110	57	71	97	112	68	112

Con estos valores se calcularon los valores de intensidades mediante la utilización de la ecuación de Grunsky, la cual permite calcular una precipitación de una intensidad I, partiendo de la precipitación máxima en 24 horas:

$$I_d = \frac{I_{24} \sqrt{24/D}}{24}$$

Tabla 4-21. Cálculo de intensidades para duraciones de 15, 30, 60 y 90 minutos en el área del proyecto

AÑO	VALOR ANUAL MAXIMO DE PCP	ORDEN (m)	VALOR ANUAL ORDENADO	INTENSIDADES (i)				TIEMPO DE RETORNO	P
				d = 15	d = 30	d = 60	d = 90		
1990	147	1	100	40.825	28.868	20.412	16.667	21.00	0.050
1991	130	2	107	43.683	30.888	21.841	17.833	10.50	0.100
1992	167	3	110	44.907	31.754	22.454	18.333	7.00	0.140
1993	140	4	112	45.724	32.332	22.862	18.667	5.25	0.190
1994	155	5	113	46.132	32.620	23.066	18.833	4.20	0.240
1995	120	6	114	46.540	32.909	23.270	19.000	3.50	0.290
1996	120	7	120	48.990	34.641	24.495	20.000	3.00	0.330
1997	107	8	120	48.990	34.641	24.495	20.000	2.63	0.380
1998	135	9	126	51.439	36.373	25.720	21.000	2.33	0.430
1999	225	10	130	53.072	37.528	26.536	21.667	2.10	0.480
2000	110	11	130	53.072	37.528	26.536	21.667	1.91	0.520
2001	180	12	135	55.114	38.971	27.557	22.500	1.75	0.570
2002	154	13	136	55.522	39.260	27.761	22.667	1.62	0.620
2003	114	14	140	57.155	40.415	28.577	23.333	1.50	0.670
2004	130	15	147	60.012	42.435	30.006	24.500	1.40	0.710
2005	136	16	147	60.012	42.435	30.006	24.500	1.31	0.760
2006	147	17	154	62.870	44.456	31.435	25.667	1.24	0.810
2007	113	18	155	63.278	44.745	31.639	25.833	1.17	0.850
2008	100	19	167	68.177	48.209	34.089	27.833	1.11	0.900
2009	126	20	180	73.485	51.962	36.742	30.000	1.05	0.950
2010	112.0	21	225.0	91.856	64.952	45.928	37.500	1.00	1.000

Aplicando la ecuación de intensidad

Elaborado por: S.V.R.M	Revisado por: C&MA	Aprobado por: PETRONOVA Colombia	Página 4-38
------------------------	--------------------	----------------------------------	-------------

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NOGAL			
	Cap 4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1110	Versión: 1	

$$i = -c \times \ln \left(-\ln \left(1 - \frac{1}{TR} \right) \right) - a$$

Donde:

i: es la intensidad de lluvia en mm/hr

c: $0.78 \times S$

S: Desviación estándar de las intensidades históricas en mm/hr

a: $0.577 \times c - i$

Tabla 4-22. Parámetro curvas IDF

PARÁMETROS	DURACIÓN EN MINUTOS			
	15	30	60	90
i	55.755	39.425	27.878	22.762
S	3.473	8.175	5.781	4.720
c	2.709	6.376	4.509	3.681
a	-54.192	-35.746	-25.276	-20.638
i (10 años)	60.288	50.095	35.422	28.922
i (20 años)	62.238	54.685	38.668	31.572
i (30 años)	63.359	57.325	40.535	33.097
i (50 años)	64.761	60.626	42.869	35.003
i (80 años)	66.045	63.647	45.005	36.747
i (100 años)	66.653	65.078	46.017	37.573

Con los siguientes valores de A y B reemplazamos en la ecuación de las curvas IDF para diferentes tiempos de retorno que tiene la siguiente forma:

$$I = A / (d + B)$$

VALORES DE A

A (10 años)	4098.617
A (20 años)	4659.131
A (30 años)	4997.192
A (50 años)	5436.141
A (80 años)	5854.125
A (100 años)	6057.580

VALORES DE B

B (10 años)	53.055
B (20 años)	58.280
B (30 años)	61.328
B (50 años)	65.181
B (80 años)	68.750
B (100 años)	70.456

TIEMPO DE RETORNO (años)	ECUACIÓN DE LLUVIAS (mm / h)
10	$i = 4098.617 / (d + 53.055)$
20	$i = 4659.131 / (d + 58.28)$
30	$i = 4997.192 / (d + 61.328)$
50	$i = 5436.141 / (d + 65.181)$

Elaborado por: S.V.R.M	Revisado por: C&MA	Aprobado por: PETRONOVA Colombia	Página 4-39
------------------------	--------------------	----------------------------------	-------------

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NOGAL			
	Cap 4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1110	Versión: 1	

80	$i = 5854.125 / (d + 68.75)$
100	$i = 6057.58 / (d + 70.456)$

Con estas ecuaciones se calcularon los valores de intensidad para duraciones de 5 a 90 minutos con intervalos de 5 minutos para el área del proyecto, obteniendo así los valores de que se presentan:

Tabla 4-23. Cálculo de intensidad

d minutos	i (mm/h) TR=10 años	i (mm/h) TR=20 años	i (mm/h) TR=30 años	i (mm/h) TR=50 años	i (mm/h) TR=80 años	i (mm/h) TR=100 años
5	70.599	73.627	75.341	77.459	79.378	80.280
10	65.001	68.236	70.059	72.307	74.338	75.291
15	60.225	63.580	65.470	67.798	69.900	70.885
20	56.103	59.519	61.445	63.819	65.962	66.967
25	52.509	55.945	57.886	60.280	62.444	63.459
30	49.348	52.777	54.717	57.114	59.282	60.301
35	46.546	49.948	51.877	54.263	56.425	57.442
40	44.045	47.407	49.317	51.684	53.831	54.842
45	41.799	45.112	46.998	49.338	51.465	52.467
50	39.771	43.029	44.887	47.197	49.298	50.289
55	37.931	41.129	42.958	45.233	47.306	48.284
60	36.253	39.391	41.187	43.426	45.469	46.434
65	34.718	37.793	39.557	41.758	43.769	44.720
70	33.307	36.320	38.051	40.214	42.192	43.128
75	32.007	34.957	36.656	38.779	40.724	41.645
80	30.804	33.693	35.359	37.444	39.355	40.261
85	29.688	32.518	34.151	36.197	38.076	38.967
90	28.651	31.421	33.022	35.031	36.876	37.752

Aplicando:

$$Q = \frac{C.I.A}{3.6}$$

Se tiene que los caudales máximos en la zona de estudio para la subcuenca del río Mandúr para los diferentes periodos de retorno son:

Tabla 4-24. Caudales máximos para la zona de estudio de la subcuenca del río Mandúr con los diferentes periodos de retorno

TIEMPO DE RETORNO (años)	CAUDAL (m³/s)
10	136.7
20	153.0

Elaborado por: S.V.R.M	Revisado por: C&MA	Aprobado por: PETRONOVA Colombia	Página 4-40
------------------------	--------------------	-------------------------------------	-------------

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NOGAL			
	Cap 4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1110	Versión: 1	

30	162.6
50	174.9
80	186.5
100	192.0

Tránsito de Caudales (modelación hidráulica)

El tránsito con HEC-RAS se realizó para un total de 6 caudales utilizando 3 secciones del río en la franja en donde se efectuó la batimetría. Los caudales transitados corresponden a los máximos para los diferentes periodos de retornos calculados anteriormente de este modo obtenemos cotas de inundación para los diferentes caudales modelados. Para el caso, se supone el río como un canal lineal y se consideran solo las secciones transversales y distancias entre ellas, para obtener del modelo resultados críticos.

Elaborado por: S.V.R.M	Revisado por: C&MA	Aprobado por: PETRONOVA Colombia	Página 4-41
------------------------	--------------------	-------------------------------------	-------------

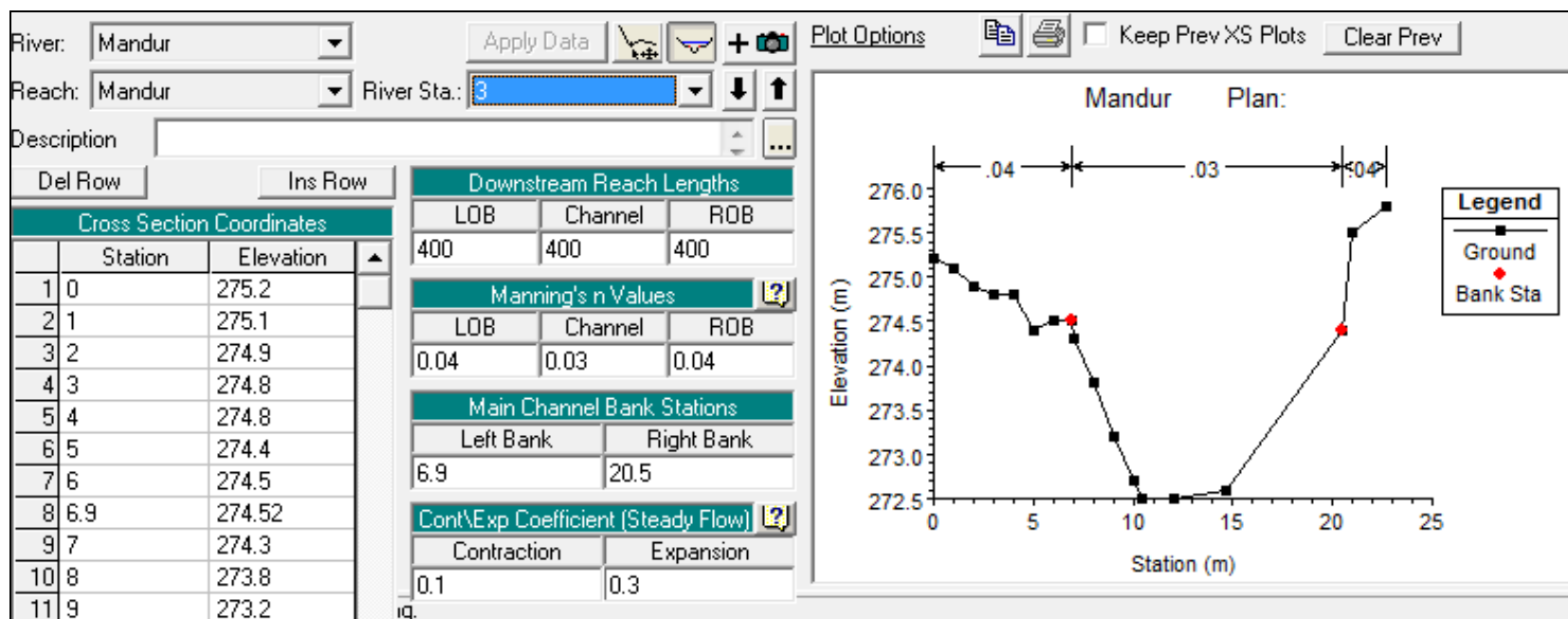


Figura 4-2. Modelo sección Aguas Arriba del punto sugerido para la captación y vertimiento

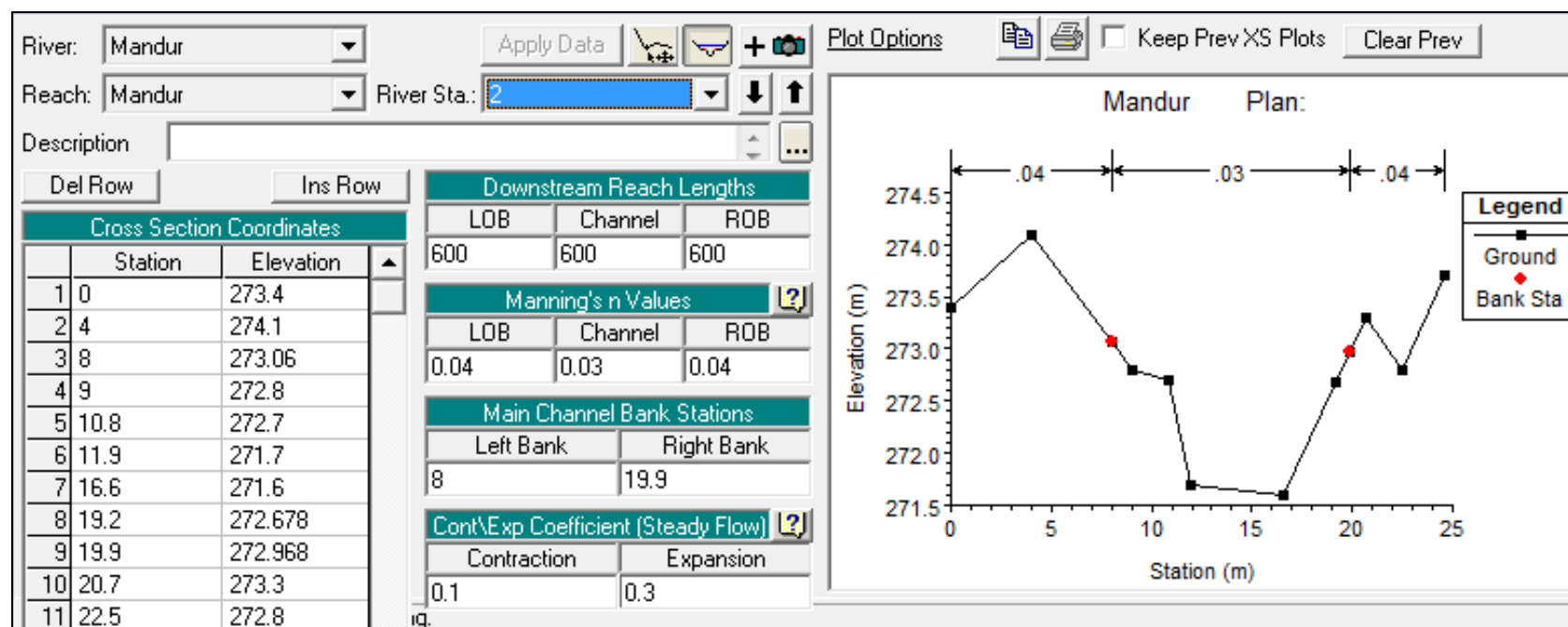


Figura 4-3. Modelo sección intermedia (punto sugerido para captación y vertimiento)

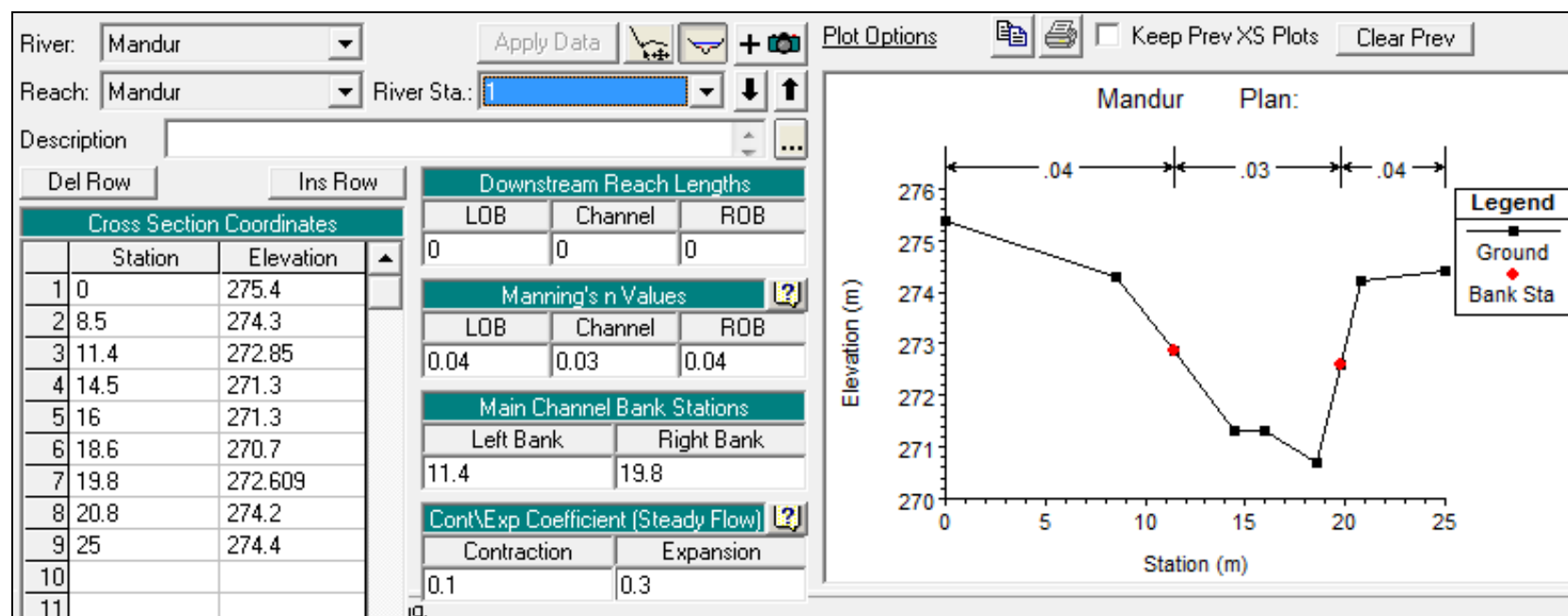


Figura 4-4. Modelo sección Agua Abajo del punto sugerido para la captación y el vertimiento

De acuerdo con el análisis de caudales y los periodos de retorno para cada sección se encontró que el canal (río Mandúr), no es capaz de transportar la crecida de los 5 años de retorno, siendo uno de los factores principales para que se presenten áreas inundadas sobre el valle aluvial del río Mandúr (ver Figura 4-5, Figura 4-6, Figura 4-7 y Figura 4-8)

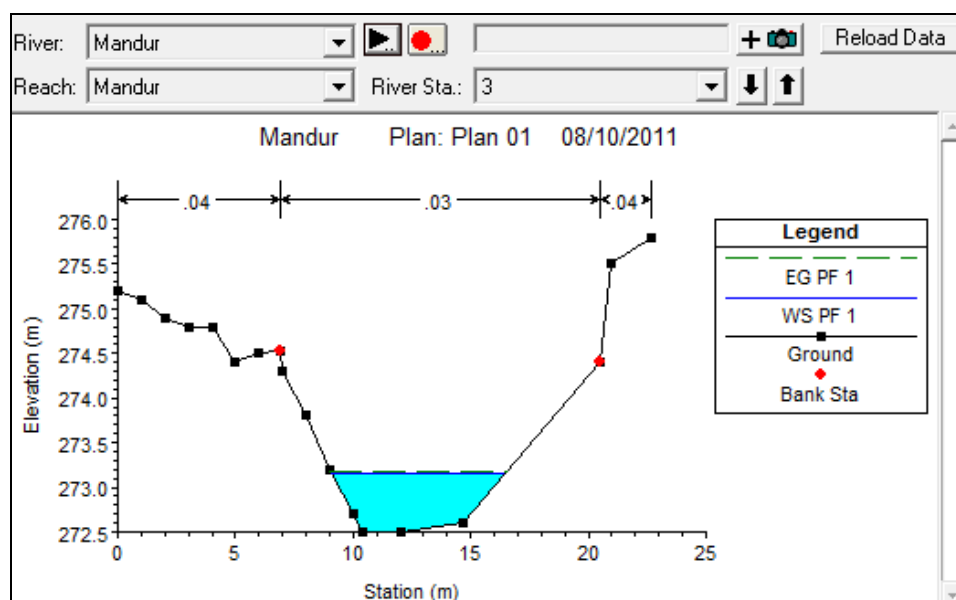


Figura 4-5. Perfil longitudinal con condición de caudal en campo

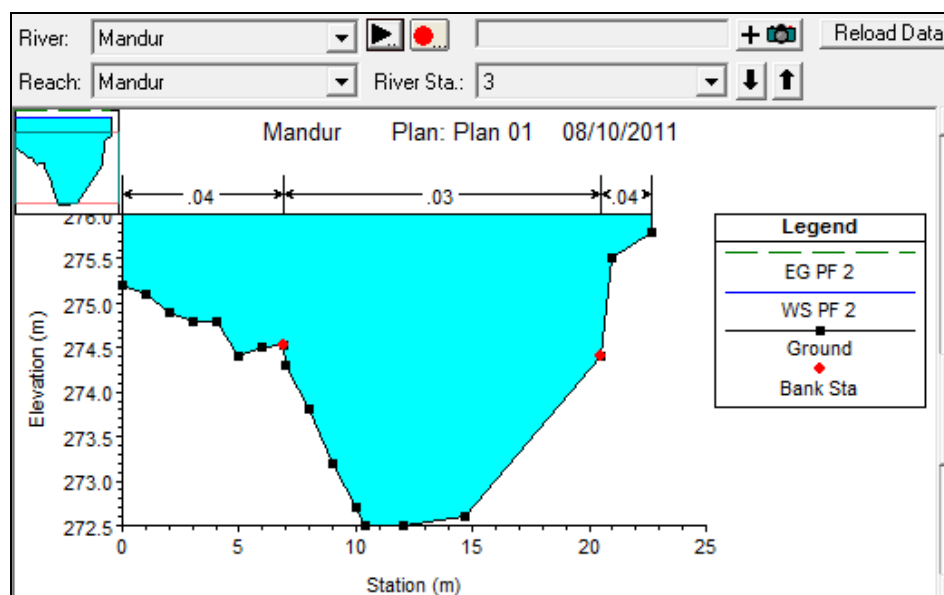


Figura 4-6. Perfil longitudinal con condición de caudal con periodo de retorno 5 años

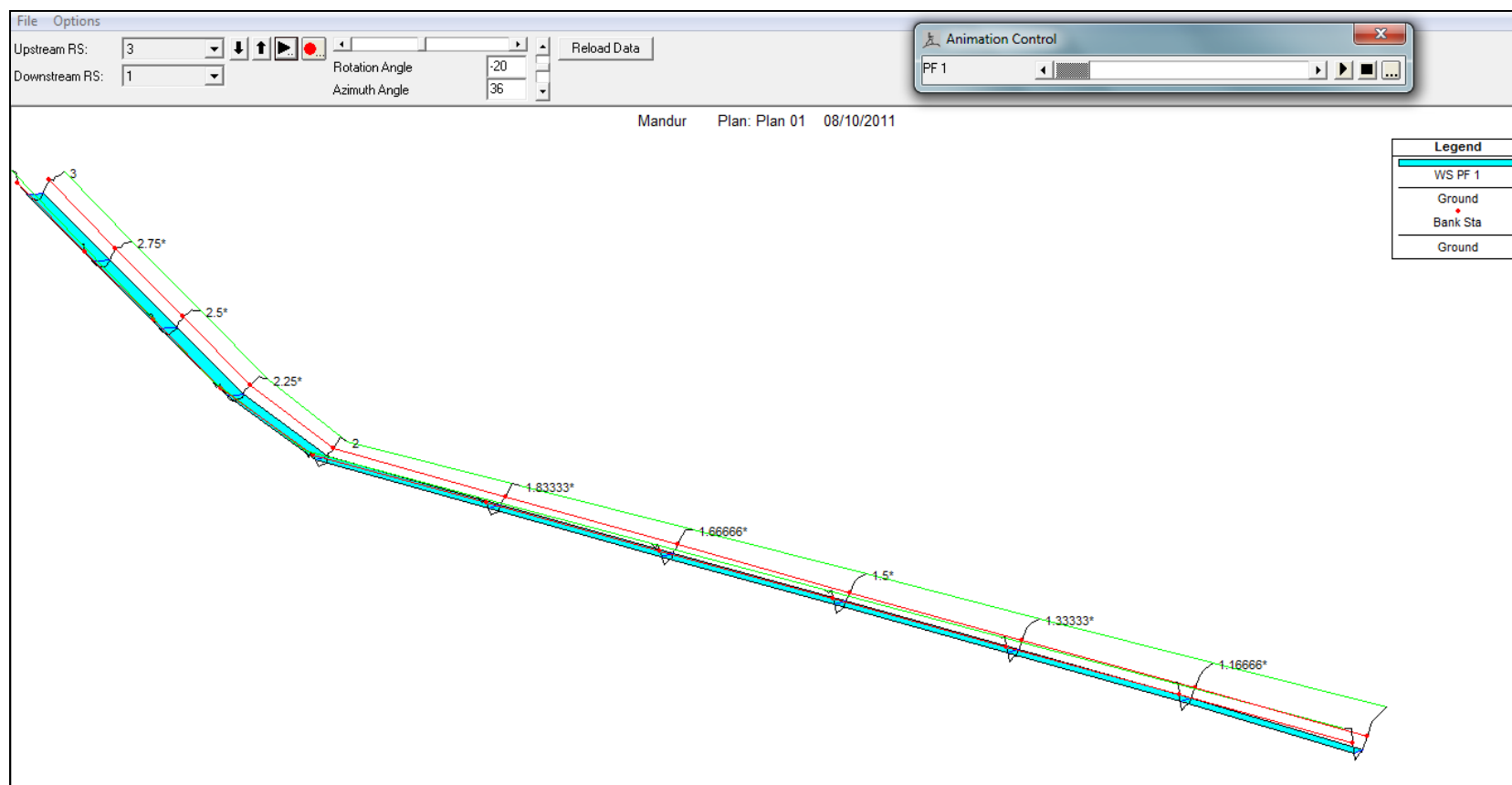


Figura 4-7. Modelo hidráulico HEC-RAS con condición de caudal en campo

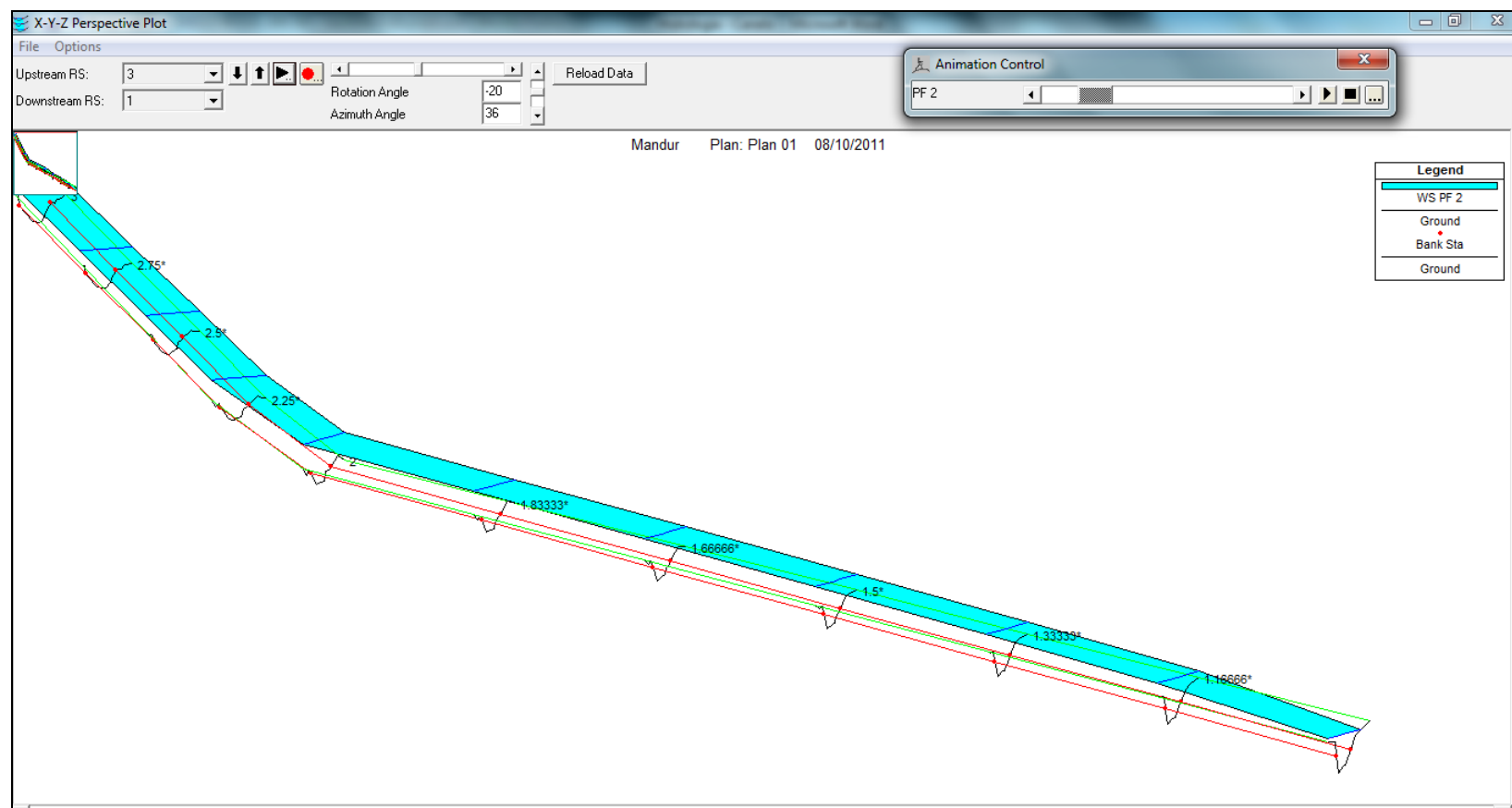


Figura 4-8. Modelo hidráulico HEC-RAS con condición de caudal con periodo de retorno 5 años

De acuerdo a las anteriores figuras se puede concluir que la capacidad hidráulica del cauce es limitada en profundidad y pendiente, facilitando de esta forma la inundación de la gran mayoría de los sectores en épocas de lluvia.

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NOGAL			
	Cap 4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1110	Versión: 1	

Zona de Mezcla

La distancia de mezcla es de gran importancia a la hora de evaluar la evolución espacial (aguas abajo) de un contaminante en un cuerpo lótico, puesto que si se toman muestras de una sustancia o ión particular de forma inmediata a un vertimiento, los resultados pueden conducir a una sub o sobrevaloración de la concentración de dicho contaminante por cuanto no ha ocurrido su mezcla homogénea en la columna de agua. Teniendo en cuenta lo anterior, se calculó la zona de mezcla a partir de la ecuación recomendada por Kilpatrick y Cobb (1985) para el cuerpo de agua receptor del vertimiento del proyecto (río Mandúr): obteniéndose lo siguiente:

Cuando se tiene una descarga instantánea en el cuerpo de agua. (Ver Ecuación (1))

$$Lo = \frac{0.1UB^2}{DL} \quad (1)$$

Donde:

U= Velocidad media del río (m/s)

B= Ancho del río (m)

DL= Coeficiente de dispersión transversal, m²/s; se calcula según Fischer et al. (1979)

DL= 0.6H√(gHS)

Donde:

H= Profundidad media del canal, (m)

S= Pendiente del canal (m/m)

Los valores de los parámetros B, H, U y S del tramo escogido para realizar el vertimiento se presentan en la Tabla 4-25, con base en los aforos realizados para el presente proyecto.

Tabla 4-25. Datos morfométricos de los tramos a evaluar

Cuerpo de Agua	U (m / s)	B (m)	H (m)	S (m / m)
Río Mandúr	0,34	11,05	1,47	0,001

Aplicando la fórmula:

Lo = **Río Mandúr:** 38,8m

En conclusión, se requieren **38,8m** para realizar la dispersión total del vertimiento de aguas residuales tratadas del proyecto, según su zona de mezcla.

Elaborado por: S.V.R.M	Revisado por: C&MA	Aprobado por: PETRONOVA Colombia	Página 4-48
------------------------	--------------------	-------------------------------------	-------------

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NOGAL			
	Cap 4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1110	Versión: 1	

Caracterización teórica del vertimiento

Las características del agua de perforación y producción de pozos petroleros corresponden a aguas con contenidos de aceites, fenoles, cloruros, temperaturas altas, concentraciones de oxígeno bajas, contenidos de DQO, presencia de sulfuros, sulfitos, nitritos, etc., que deberán ser removidos en el sistema de tratamiento y adecuados sus valores para dar cumplimiento a la normatividad de vertimientos directos a cuerpos de agua superficiales (Artículos 72 y 74 del Decreto 1594 de 1984, o el que aplique en su momento.).

Se consideraron los parámetros fisicoquímicos en el efluente del sistema de tratamiento de aguas residuales industriales para la perforación y pruebas de producción de un pozo tipo, dentro de lo cual se obtienen los resultados que se presentan en la Tabla 4-26, para un vertimiento que cumple con los parámetros señalados por la legislación ambiental vigente para los vertimientos de aguas residuales industriales (Artículos 72 y 74 del Decreto 1594/84), así como con los criterios de calidad admisibles para la destinación del recurso para uso agrícola y pecuario aguas abajo del vertimiento (Artículos 38 a 41 del Decreto 1594/84).

Tabla 4-26. Composición teórica de las aguas residuales industriales

PARÁMETRO	VALOR DE AGUA A VERTER
pH	6,51
Temperatura (°C)	18
Oxígeno Disuelto (mg/l)	2,41
Cloruros (mg/l)	100
Hidrocarburos totales (mg/l)	6
DBO5 (mg/l)	72
DQO (mg/l)	124
Dureza total (mg/l)	60
Fenoles (mg/l Fenol)	0,07
Grasas y Aceites (mg/l)	6
Sólidos suspendidos (mg/l)	61
Bario (mg/l)	0,2
Cadmio (mg/l Cd)	0,003
Cromo (mg/l)	0,02
Plomo (mg/l)	0,02
Níquel (mg/l)	0,07
Color	10
Sólidos Totales(mg/l)	346
Turbiedad (NTU)	35
Aluminio(mg/l)	0,37
Arsenico(mg/l)	0,006
Berilio (mg/l)	0,01

Elaborado por: S.V.R.M	Revisado por: C&MA	Aprobado por: PETRONOVA Colombia	Página 4-49
------------------------	--------------------	----------------------------------	-------------

Tabla 4-26. Composición teórica de las aguas residuales industriales

PARÁMETRO	VALOR DE AGUA A VERTER
Cobre(mg/l)	0,05
Hierro(mg/l)	4,1
Litio(mg/l)	0,01
Manganeso(mg/l)	0,03
Mercurio(mg/l)	0,002
Molibdeno(mg/l)	0,1
Plata(mg/l)	0,06
Selenio(mg/l)	0,005
Vanadio(mg/l)	0,2
Zinc(mg/l)	0,04
coliformes totales (NMP/100ml)	7
coliformes fecales (NMP/100ml)	0
Sulfatos (NMP/100ml)	50,8

Fuente: Informe de Interventoría pozo Mirla Negra-1, Operadora Pacific Rubiales Energy

Modelación de la calidad del agua

El siguiente análisis comprende la modelación de la calidad del agua por efecto del vertimiento de las aguas residuales industriales tratadas de las actividades a desarrollar en el Área de Interés Exploratorio Canelo Nogal, bajo las condiciones actuales, por efecto del vertimiento solicitado para un caudal de descarga de máximo 3,9 l/s en el río Mandúr, mediante la simulación de escenarios en caudales medios y mínimos sobre esta corriente. En la Figura 4-9 se presenta el esquema metodológico general del estudio, que muestra la secuencia de levantamiento, procesamiento y análisis de información seguido para la modelación.

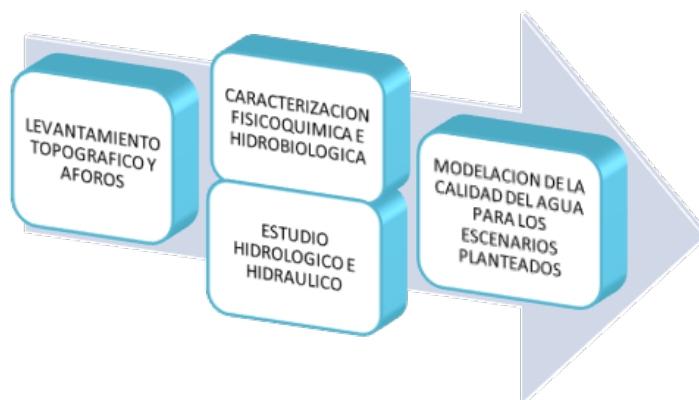


Figura 4-9. Esquema metodológico

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NOGAL			
	Cap 4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1110	Versión: 1	

El modelo es una representación matemática de las características del río Mandúr, con el cual se pretende simular su respuesta ante impactos determinados en las condiciones actuales y para las alternativas propuestas de vertimiento dentro de las actividades a desarrollar en el Área de Interés Exploratorio Canelo Nogal, considerando los avances en la perforación de los pozos proyectados a perforar.

Se parte de considerar que en cada caso, la calidad del agua del río está determinada por las condiciones esperadas o deseadas con respecto a la destinación del recurso en el área de interés, el cual corresponde a uso agrícola y pecuario, principalmente. En sus condiciones actuales, la calidad del agua es el resultado de la influencia de los vertimientos de efluentes domésticos, agrícolas e industriales que tengan lugar sobre la corriente, además de las características geológicas, biológicas e hidrológicas de la cuenca aferente.

Se aplica un modelo unidimensional, que representa el flujo del agua del río en el sentido del escurrimiento, de estado estacionario, que supone una descarga continua y constante en el tiempo, donde la variación de la calidad del agua se presenta solamente en el espacio.

La aplicación del modelo de calidad del agua tiene por finalidad determinar las nuevas concentraciones de contaminantes en puntos a lo largo del tramo de interés, con base en condiciones de estado y modificación conocidos. De acuerdo a lo anterior, el modelo es una herramienta para la predicción del comportamiento de la calidad del agua del río, mediante un conjunto de expresiones matemáticas que definen los procesos físicos, biológicos y químicos que tienen lugar en un cuerpo de agua. Las ecuaciones del modelo están basadas en la conservación de la masa y la energía, considerando tres fenómenos: ingreso de contaminantes al cuerpo de agua desde el exterior del sistema, el transporte y las reacciones en el cuerpo de agua. A su vez, el transporte puede ser por advección y/o dispersión, dependiendo de las características hidrodinámicas e hidrológicas del cuerpo de agua.

Con el fin de conocer la capacidad de asimilación que posee el río Mandúr, ante la descarga directa de aguas residuales industriales previo tratamiento primario, generadas por las actividades de perforación exploratoria en el área Canelo Nogal, se efectuó el análisis de la determinación del Índice Lótico de capacidad ambiental general (ILCAG), balance de cargas y zona de mezcla a través del software QUAL2K. Una vez obtenidos los resultados, éstos se compararon con los valores establecidos en la legislación ambiental de usos potenciales del recurso hídrico (Decreto 1594 de 1984, artículos 38 – 45 y Decreto 4728 de 2010) y se establecerá el potencial grado de afectación ocasionado por la actividad.

Para el vertimiento de aguas residuales industriales se tomaron como datos de entrada y de referencia los resultados de los monitoreos realizados al efluente industrial del sistema de tratamiento de otros pozos (en perforación) que seguramente utilizaron una preparación de lodos muy similar a la que se usará en este proyecto.

El desarrollo como tal de la metodología de modelamiento y cálculos para hallar la capacidad de asimilación del cuerpo de agua estudiado, se presenta en el **Anexo H: Capacidad de asimilación**, del presente documento.

Elaborado por: S.V.R.M	Revisado por: C&MA	Aprobado por: PETRONOVA Colombia	Página 4-51
------------------------	--------------------	-------------------------------------	-------------

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NOGAL			
	Cap 4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1110	Versión: 1	

▪ **Diseño experimental de la modelación de calidad de aguas**

La plataforma de modelación utilizada para simular la calidad de agua del cuerpo de agua objeto de este estudio es la plataforma QUAL2K presentada por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos. El modelo QUAL2K es un software de modelación unidimensional de la calidad del agua sobre corrientes superficiales.

Su entorno básico de entrada y salida de información se presenta en Microsoft Excel, mediante hojas electrónicas donde se introduce la información de entrada y salida del modelo. La información de entrada está dividida básicamente en la segmentación del modelo, los requerimientos computacionales, la información climatológica e hidráulica de cada una de las secciones, y los valores de calidad del agua medidos en la corriente y en las entradas y salidas de la misma. La información de salida presenta únicamente valores de calidad del agua para las secciones definidas, entregados en forma tabular y en forma gráfica para una mayor comprensión por parte del usuario. Básicamente el programa puede ser ejecutado mediante dos plataformas distintas de programación, Visual Basic para Excel y en Fortran 90. Una variación del modelo QUAL2K ha sido la realización de una versión denominada QUAL2Kw. Esta versión mejorada incluye un algoritmo genético denominado PIKAIA empleado para optimización matemática de las constantes cinéticas de los distintos procesos que modela el programa.

▪ **QUAL2K**

EL modelo de calidad de agua QUAL2K (Chapra, 2001) es una versión mejorada del modelo QUAL2E (Brown and Barnwell 1987). Éste, opera bajo Excel como interfaz de captura de datos e igualmente para la generación y presentación de resultados, todas las operaciones en la interfaz del software se han programado en Visual Basic for Applications (VBA, por sus siglas en inglés), adicionalmente los procesos que se refieren a cálculos numéricos se programaron en Fortran 90. El modelo QUAL2K, como su modelo antecesor QUAL2E, simula el transporte de contaminantes convencionales (no tóxicos), este permite evaluar la capacidad asimilativa de una corriente determinando el impacto de cargas contaminantes puntuales o no puntuales, realizando la simulación de varios constituyentes de calidad del agua, utilizando una solución de estado estable en diferencias finitas de las ecuaciones de advección y dispersión de masa y de reacción. El programa asume un río como un canal unidimensional con flujo estacionario no uniforme, el balance de calor y temperatura es función de datos meteorológicos horarios que son introducidos en un espacio de ciclo diario

De acuerdo a lo anterior los resultados arrojados por el modelo Qual2Kw para el río Mandúr en la franja de vertimiento proyectada son:

Escenarios de modelación

En el estudio se modeló la franja propuesta para la captación y el vertimiento sobre el río Mandúr, para las condiciones de caudales mínimos mensuales multianuales (Tabla 4-9), obtenidos en la modelación hidrológica.

Elaborado por: S.V.R.M	Revisado por: C&MA	Aprobado por: PETRONOVA Colombia	Página 4-52
------------------------	--------------------	-------------------------------------	-------------

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NOGAL			
	Cap 4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1110	Versión: 1	

De igual modo se evaluaron las condiciones del caudal mínimo de la corriente receptora y el caudal máximo de vertimiento propuesto (3,9 L/s), con el fin de establecer la variación de la capacidad de asimilación de la corriente en condiciones críticas, es decir el caudal mínimo medio encontrado en la corriente, que corresponde a los meses de febrero y noviembre.

Analizando la Tabla 4-9. Relación de caudales máximos, medios y mínimos para el río Mandúr y el caudal máximo a verter, se considera que para relaciones de caudales superiores a 9:1 se tienen condiciones que favorecen la dispersión de la carga aportante, como resultado de los fenómenos de transporte. En este caso, se observa que para todas las condiciones de caudal crítico en el río Mandúr, se observan condiciones teóricas de asimilación del vertimiento.

En la aplicación del modelo para el río Mandúr se tienen condiciones de caudales permanentes en época de estiaje, con valores de relación entre el caudal mínimo de la corriente y caudales máximos de descarga para el vertimiento en condiciones que favorecen la dispersión de la carga aportante, para los cuales se tienen condiciones teóricas de asimilación del vertimiento.

El sector de la corriente seleccionado para la ubicación del punto de vertimiento solicitado corresponde a un tramo uniforme, con viabilidad de acceso y en una zona que no interfiere con los usos de la corriente para las actividades de la comunidad.

En la aplicación del modelo QUAL2KW, los resultados se expresan en términos del efecto del vertimiento sobre la calidad del agua del Río Mandúr, dada como el comportamiento del Oxígeno Disuelto, DBO, DQO y SST, relacionados con la capacidad autodepuradora de cada corriente. Se considera el contenido de oxígeno disuelto como el parámetro más sensible, para los usos más restrictivos en la corriente aguas abajo del vertimiento, de manera que el río presente condiciones que le permitan mantener la vida de ecosistemas acuáticos y terrestres, además de los usos actuales agrícola y pecuario y usos potenciales como pesca y acuicultura.

Elaborado por: S.V.R.M	Revisado por: C&MA	Aprobado por: PETRONOVA Colombia	Página 4-53
------------------------	--------------------	-------------------------------------	-------------

[illegible]

A continuación presentamos el comportamiento de los parámetros de calidad de agua evaluados para la franja propuesta sobre el río Mandúr, sin tener en cuenta el vertimiento de aguas residuales tratadas.

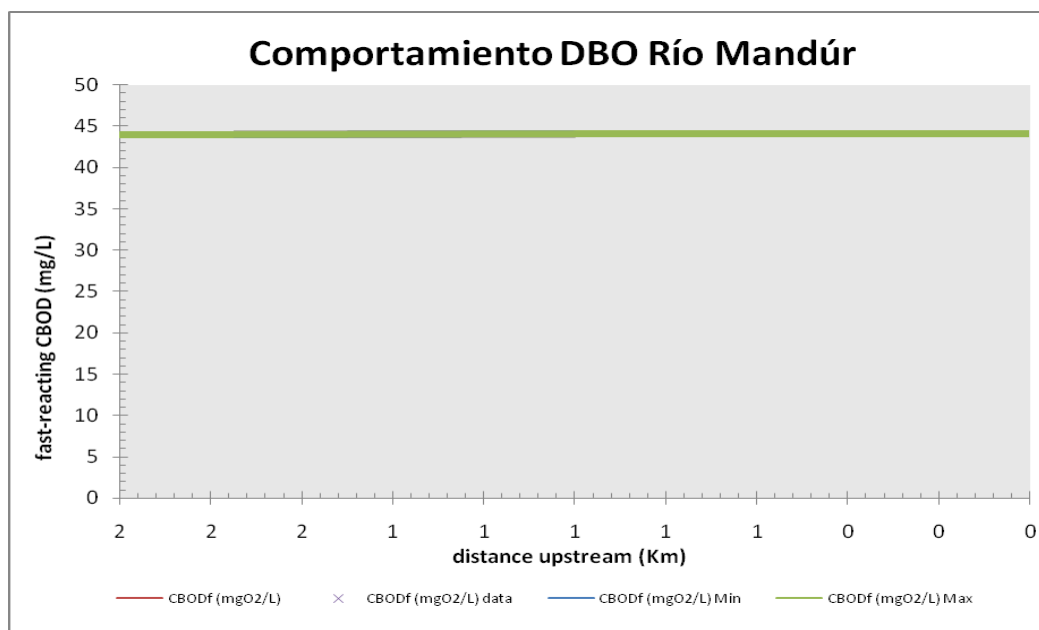


Figura 4-10. Comportamiento modelado DBO sin vertimiento

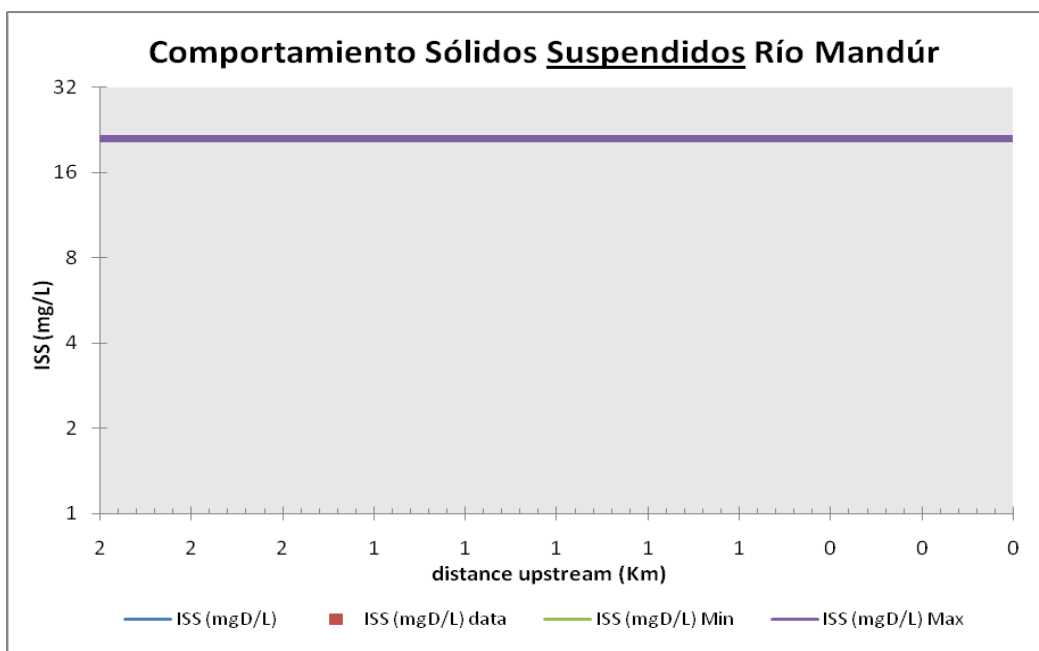


Figura 4-11. Comportamiento modelado sólidos suspendidos sin vertimiento

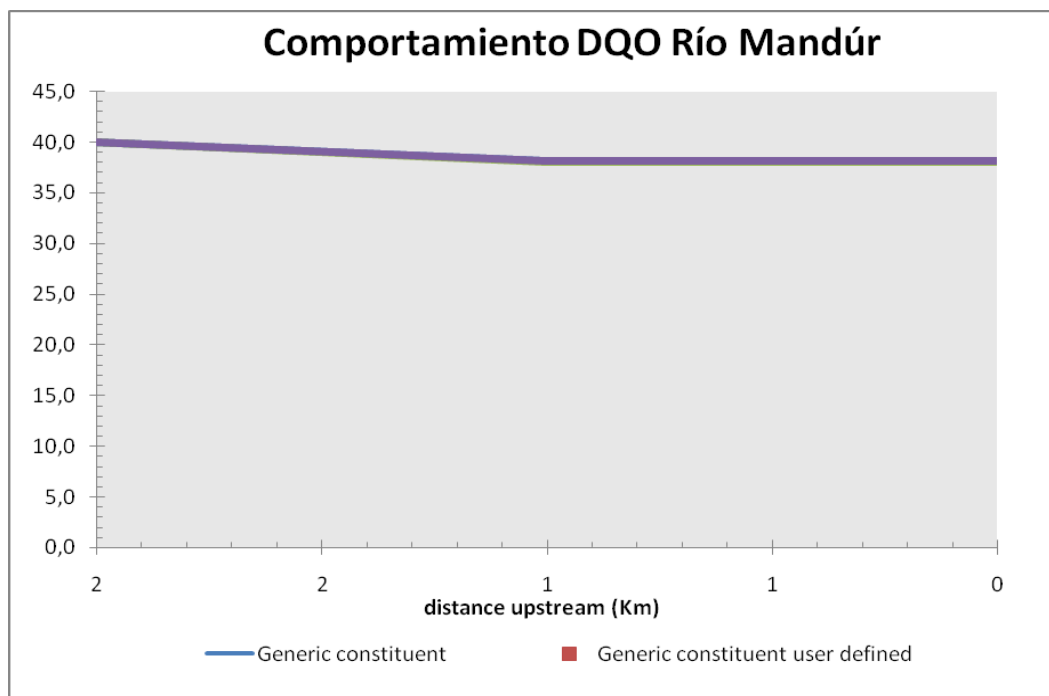


Figura 4-12. Comportamiento modelado DQO sin vertimiento

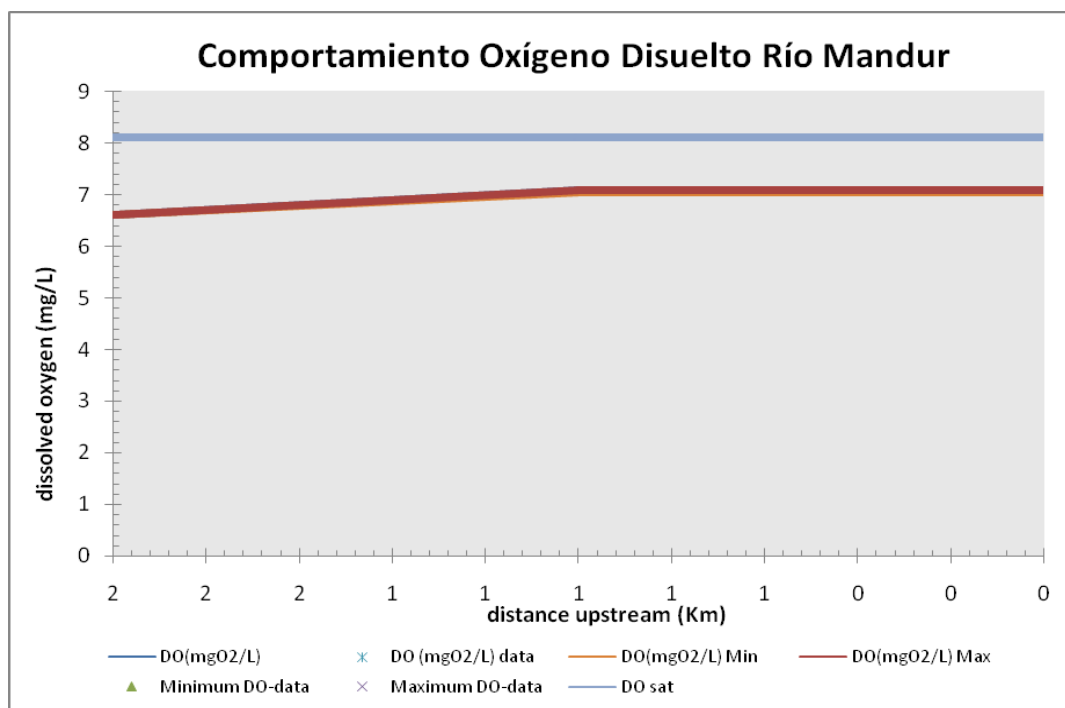


Figura 4-13. Comportamiento modelado oxígeno disuelto sin vertimiento

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NOGAL			
	Cap 4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1110	Versión: 1	

A continuación se presenta un balance del tramo con las cargas actuales, para la condición **crítica máxima** observada los resultados arrojados por la modelación. En este balance se ha calculado la carga modelada neta asimilada por el río (W_{AS}) en el tramo de acuerdo a la siguiente expresión:

$$W_{AS} = \max[(W_{arr} + \sum W_{ent} - W_{ab}), 0]$$

Donde,

W_{arr} = Carga aguas arriba

W_{ent} = Carga a la entrada

W_{ab} = Carga aguas abajo

Tabla 4-28. Balance de masas

Nombre Punto	Nombre Punto	W Aguas Arriba (gr/d)	W Aguas Abajo (gr/d)	Descripción entradas	Σ entradas (gr/d)	Asimilación (gr/d)	Parámetros
Punto Inicial	Punto Final	6041,952	6040,440	No hay entradas	0.0	1,512	SST
Punto Inicial	Punto Final	12659,328	12656,785	No hay entradas	0.0	2,543	DBO
Punto Inicial	Punto Final	11508,480	10954,579	No hay entradas	0.0	553,901	DQO

Los resultados obtenidos por el modelo Qual 2K en el río Mandúr seleccionando el punto de vertimiento sobre el sector intermedio de la franja propuesta son los siguientes:

Elaborado por: S.V.R.M	Revisado por: C&MA	Aprobado por: PETRONOVA Colombia	Página 4-57
------------------------	--------------------	----------------------------------	-------------

[illegible]

A continuación se presenta el comportamiento de los parámetros de calidad de agua evaluados para la franja propuesta sobre el río Mandúr, teniendo en cuenta el vertimiento de aguas residuales tratadas.

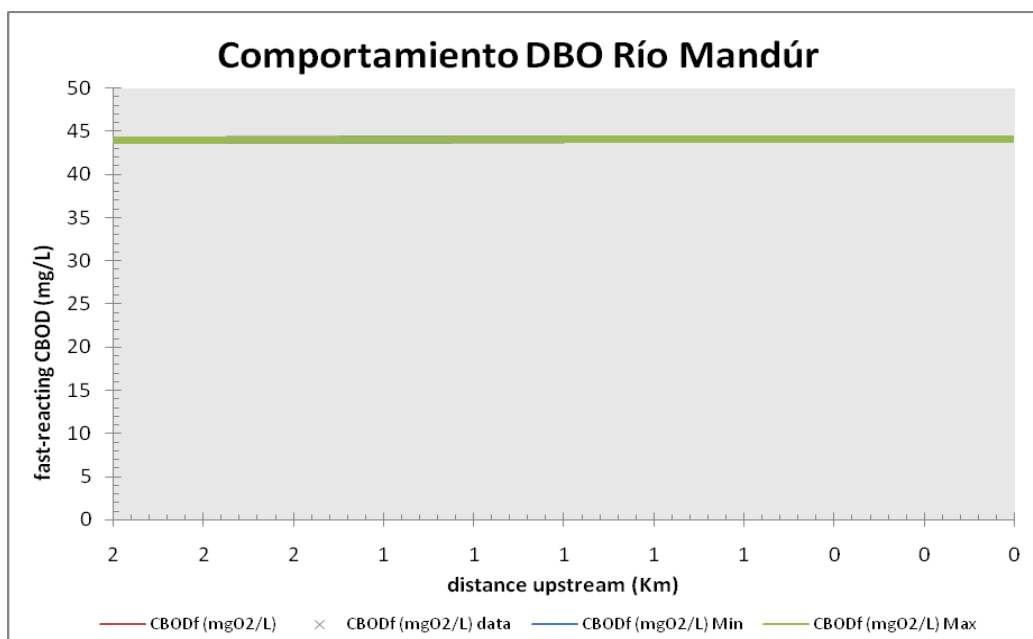


Figura 4-14. Comportamiento modelado DBO con vertimiento

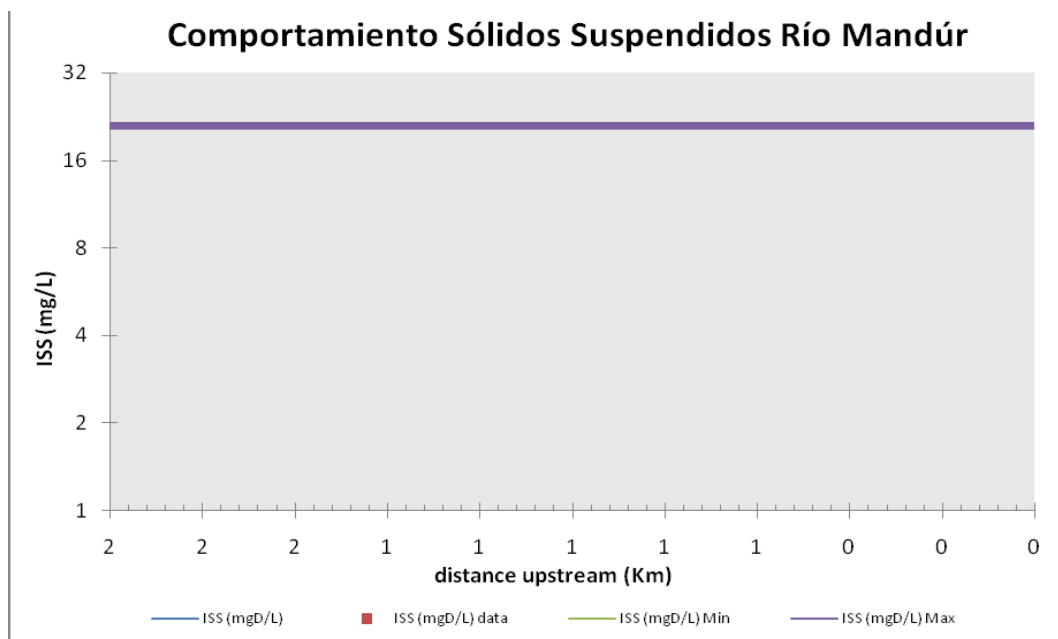


Figura 4-15. Comportamiento modelado sólidos suspendidos con vertimiento

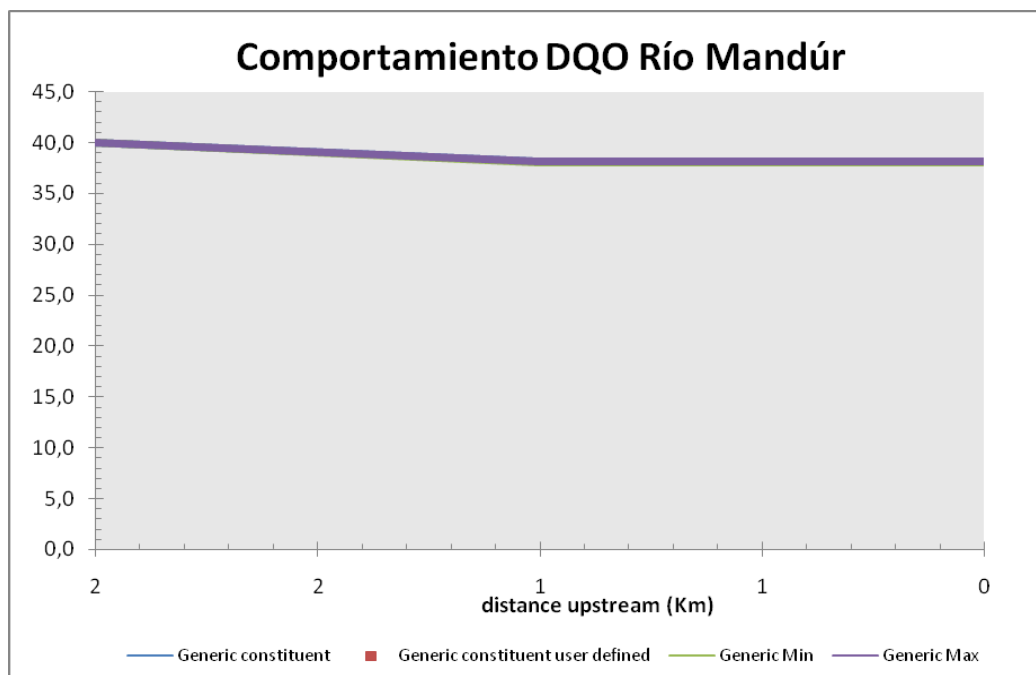


Figura 4-16. Comportamiento modelado DQO con vertimiento

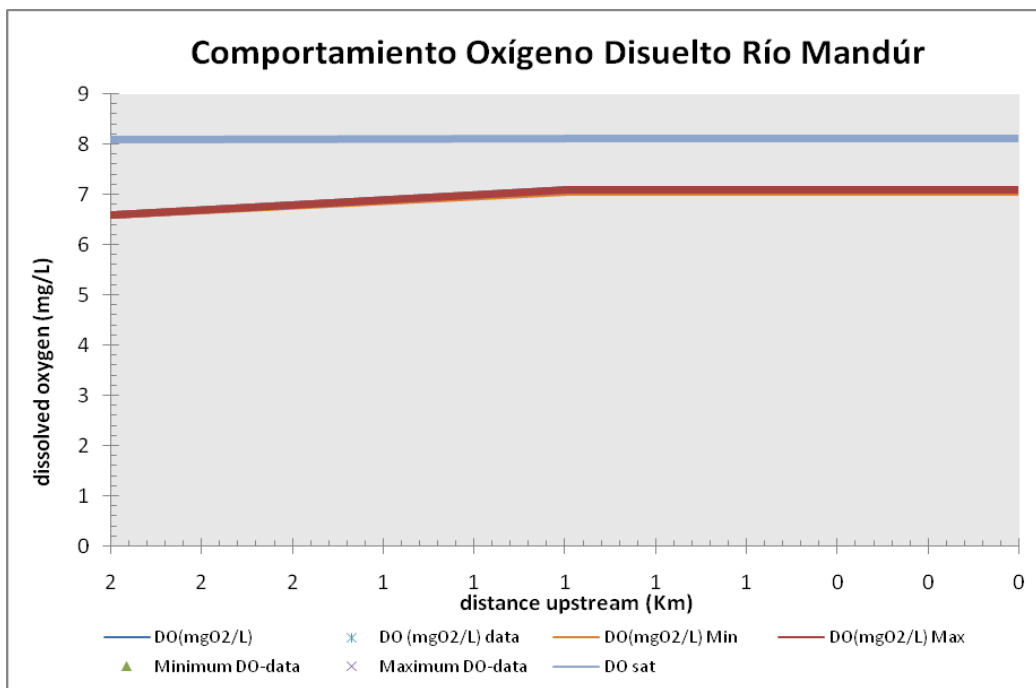


Figura 4-17. Comportamiento modelado oxígeno disuelto con vertimiento

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NOGAL			
	Cap 4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1110	Versión: 1	

De la misma manera, a continuación se presenta un balance del tramo (franja propuesta para el vertimiento) con las cargas actuales, para la condición **crítica máxima**, con el vertimiento incluido. En este balance se ha calculado la carga observada neta asimilada por el río (W_{AS}) en el tramo de acuerdo a la siguiente expresión:

$$W_{AS} = \max[(W_{arr} + \sum W_{ent} - W_{ab}), 0]$$

Tabla 4-30. Balance de Masas de Cargas Contaminantes con vertimiento

Nombre Punto	Nombre Punto	W Aguas Arriba (gr/d)	W Aguas Abajo (gr/d)	Descripción entradas	Σentradas (gr/d)	Asimilación (gr/d)	Parámetros
Punto Inicial	Punto Final	6041,952	6050,798	No hay entradas	129600	129591,154	SST
Punto Inicial	Punto Final	12659,328	12664,038	Punto de Vertimiento	129600	129595,290	DBO
Punto Inicial	Punto Final	11508,480	10975,714	No hay entradas	388800	389332,766	DQO

En el cuadro anterior se puede observar que existe asimilación de la carga contaminante del vertimiento planteado.

Análisis y conclusiones

La caracterización de calidad fisicoquímica y bacteriológica del Río Mandúr en el área de interés de este estudio, señala que el cuerpo de agua presenta condiciones de calidad del agua aceptables, baja contaminación por materia orgánica y mineralización. Bajo estas condiciones, se observa que el efecto del vertimiento por las actividades a desarrollar en el Área de Interés Exploratorio Canelo Nogal es asimilado por la corriente en el sector cercano al punto vertimiento y no se observa cambio de las condiciones de la calidad del río en el punto final aguas abajo de la franja propuesta.

Dadas sus características hidrológicas, el río Mandúr presenta condiciones de caudales permanentes en los periodos de estiaje, lo cual les confiere la capacidad de asimilación de la cantidad y calidad del vertimiento de aguas industriales tratadas durante todo el año.

El río Mandúr presenta condiciones de caudal permanente en escenarios de año seco, que le permite mantener buena capacidad de reoxigenación y asimilación de la carga aportante por efecto del vertimiento de las aguas residuales. Los resultados de concentraciones obtenidas en la aplicación del modelo de calidad del agua indican que la corriente mantiene su capacidad para asimilar la carga contaminante aportada por el vertimiento en condiciones de caudales mínimos y medios mensuales y oferta mínima.

Los resultados de la modelación para el escenario planteado de vertimiento del Área de Interés Exploratorio Canelo Nogal para el río Mandúr, muestra que no se presenta un cambio significativo en las características de la calidad del agua en las condiciones de caudales mínimos y medios mensuales multianuales.

Elaborado por: S.V.R.M	Revisado por: C&MA	Aprobado por: PETRONOVA Colombia	Página 4-61
------------------------	--------------------	----------------------------------	-------------

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NOGAL			
	Cap 4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1110	Versión: 1	

En la modelación del escenario del máximo caudal de descarga del vertimiento (0,0039 m³/s), para el caudal crítico del Río Mandúr, dado por el caudal mínimo medio (2,7 m³/s), se observa que en este sector el río tiene capacidad para asimilar la carga contaminante aportante y se presenta recuperación de las características de la corriente en un recorrido no mayor a 3 kilómetros con respecto al vertimiento.

Con base en los resultados de modelación de la calidad del agua del río Mandúr por efecto del vertimiento, se obtiene que es viable, desde el punto de vista técnico, realizar las descargas con el caudal máximo solicitado (3,9 l/s). Las observaciones de los parámetros aguas abajo del vertimiento, muestran estabilización de la concentración de oxígeno disuelto y disminución de la concentración de DBO y DQO por efecto de la capacidad de asimilación de la carga orgánica aportada, señalando la capacidad de dispersión y autodepuración de la corriente.

Las condiciones de dispersión y asimilación de la carga contaminante se observan en la baja variación y estabilización en la concentración de los parámetros. En el caso del Oxígeno Disuelto, se observa una leve disminución en un tramo cercano al aporte del vertimiento y estabilización en un valor que no interfiere con la calidad de la corriente. Se aprecia una rápida asimilación de materia orgánica expresada como DBO y DQO, que presentan bajas variaciones en sus concentraciones, para las condiciones críticas, con un incremento leve en los tramos cercanos al vertimiento y una rápida asimilación aguas abajo del vertimiento.

En general se observa que para las condiciones de caudales mínimos del río Mandúr, se tienen buenas condiciones de calidad de agua, en las que se espera que no se presenten cambios considerables por el vertimiento de aguas industriales, previo cumplimiento de las características de calidad establecidas en el Artículo 72 del Decreto 1594 de 2009.

Al realizar el análisis del modelamiento y con los resultados de laboratorio obtenidos en cuanto a la calidad de agua del río Mandúr y a la caracterización del vertimiento, es evidente que el recurso cumple con los criterios establecidos en el decreto 1594 de 1984, en el decreto 3930/10 y en el decreto 4728 de 2010 y que el vertimiento no afecta ninguno de ellos, dando cumplimiento normativo al Decreto 1594 de 1984 en los artículos 38, 39, 40 y 45 cuando aplique en los parámetros cloruros, sulfatos, nitratos nitrógeno amoniacal, fenoles, mercurio, plomo, arsénico, selenio, tensoactivos, coliformes totales y fecales.

Los escenarios propuestos para caudales críticos, que podrían presentarse en condiciones climáticas de sequía extrema, muestran que la calidad del agua se mantiene dentro de los límites permisibles de contenido de oxígeno disuelto, DBO y DQO, aún bajo las condiciones de vertimiento del caudal máximo solicitado. Esto considerando que el efluente del sistema de tratamiento para el proyecto cumple con los límites permisibles establecidos en los Artículos 72 y 74 del Decreto 1594/84 y la eficiencia de remoción en su sistema de tratamiento de aguas residuales industriales.

Los resultados de la modelación presentan concentración de parámetros de interés, en condiciones de caudales medios y mínimos de la corriente en estudio, bajo los cuales el

Elaborado por: S.V.R.M	Revisado por: C&MA	Aprobado por: PETRONOVA Colombia	Página 4-62
------------------------	--------------------	-------------------------------------	-------------

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NOGAL			
	Cap 4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1110	Versión: 1	

vertimiento no interfiere con el mantenimiento de las características de calidad y sus usos aguas abajo.

Método de descarga en la corriente receptora

El transporte se llevará a cabo por medio de un vehículo transportador (carrotanque), desde la plataforma hasta su lugar de disposición final, el cual debe cumplir con el Decreto 1609 de 2002, para transporte de mercancías peligrosas. La descarga del vertimiento se realizará de forma lateral desde el carrotanque, a través de una manguera situada directamente sobre la corriente y a la distancia requerida desde la orilla, de tal forma que se evite la generación de procesos erosivos en su margen. El vehículo transportador tendrá una capacidad que varía entre los 3.200 y 2.700 galones dependiendo de sus dimensiones

Dependiendo la ubicación de la plataforma respecto a la corriente receptora, también se contempla el transporte por medio de manguera con estructuras de entrega en el lecho del río para disipar la energía y facilitar el proceso de asimilación y mezcla del vertimiento.

De igual forma, se resalta que el vaciado de un carrotanque es de aproximadamente 90 minutos, lo cual corresponde a un caudal de vertido de 2,22Lps, siendo este menor al caudal solicitado para dicho vertimiento y modelado para la fuente receptora; sin descartarse la presencia de eventos contingentes. Utilizando la infraestructura anteriormente mencionada, para vaciar un carrotanque con una manguera de 4 in de una longitud de 500m que genera un volumen de 2,43m³ manteniendo el mismo tiempo máximo de descarga (90min) se generaría un caudal de 0,75Lps, el cual se considera el caudal efectivo de la descarga, siendo menor al promedio determinado de 3,9Lps solicitados para la actividad y considerado como máximo en la valoración de la capacidad de asimilación del cuerpo receptor del vertimiento, como condición más crítica de la evaluación de la zona de mezcla.

4.3.4 Disposición sobre suelo

Durante la perforación exploratoria y pruebas de producción en el área Canelo Nogal se contempla como alternativa de disposición de las aguas residuales domésticas e industriales tratadas previamente, el riego por aspersión sobre las vías a usar para el desarrollo del presente proyecto o en campos de aspersión ubicados en lo posible sobre áreas aledañas a las locaciones a construir.

Con el fin de definir si el suelo del área es apropiado para dicha actividad, se determinó el grado de absorción del mismo a partir de la realización de 3 pruebas de infiltración, localizadas estratégicamente para cubrir espacialmente las diferentes características del terreno y las áreas de probable intervención por la ejecución del vertimiento de ARD y ARI.

Las pruebas de infiltración se tuvieron en cuenta para determinar si el método de disposición de aguas residuales e industriales (tratadas) mediante áreas de infiltración es adecuado. Gracias a estas pruebas (en las que se calculó el tiempo requerido para

Elaborado por: S.V.R.M	Revisado por: C&MA	Aprobado por: PETRONOVA Colombia	Página 4-63
------------------------	--------------------	-------------------------------------	-------------

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NOGAL			
	Cap 4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1110	Versión: 1	

que el agua baje 2,5 cm en los 3 puntos de muestreo), se pudo estimar que la tasa de absorción para el área de estudio oscila entre 0,035 – 0,026 m³/m²-día.

Metodología de la prueba de percolación

La metodología establecida para la realización de la prueba de infiltración fue la siguiente:

- ✓ Perforación del agujero: Corresponde a la excavación que se realiza en el terreno para determinar la tasa de absorción del mismo. Esta excavación se realiza con paredes de 30cm de ancho y profundidades entre 30 y 60 centímetros.
- ✓ Saturación y expansión del suelo. Para asegurar una completa saturación y expansión del suelo, se mantiene el agujero lleno de agua durante un período conveniente de 24 horas, previo a la prueba o toma de lecturas. La saturación del suelo es muy importante porque los sistemas de infiltración deben funcionar correctamente en las épocas de lluvia. Con esta etapa se pretende simular ese hecho.
- ✓ Medición de la tasa de filtración. Pasado el período de saturación, indicado en el punto anterior, se ajusta la profundidad del agua. Desde un punto de referencia fijo, se mide el nivel de agua a intervalos de 10 minutos durante un período de 1 hora. El descenso que ocurra en los últimos 60 minutos se usa para calcular la tasa de infiltración, usualmente expresada en minutos/cm.

El rango en que oscila la tasa de absorción mencionada anteriormente se determinó utilizando la siguiente tabla, y teniendo en cuenta el tiempo requerido para que el agua baje 2,5 cm en los 3 puntos de muestreo.

Elaborado por: S.V.R.M	Revisado por: C&MA	Aprobado por: PETRONOVA Colombia	Página 4-64
------------------------	--------------------	-------------------------------------	-------------

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NOGAL			
	Cap 4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1110	Versión: 1	

Tabla 4-31. Tasa de absorción

TIEMPO REQUERIDO PARA QUE EL AGUA BAJE 2,5cm (min)	TASA DE ABSORCIÓN (m ³ / m ² *día)	ABSORCIÓN DEL TERRENO
<1	0,16	RÁPIDA
2	0,13	
3	0,11	
4	0,101	MEDIA
5	0,089	
10	0,066	LENTA
15	0,054	
30	0,035	
45	0,026	TERRENO SEMIPERMEABLE
50	0,023	
> 60	0,023	

Fuente: Manual de Normas Técnicas, CDMB - Bucaramanga

➤ Resultados obtenidos

Los datos tomados en campo se presentan a continuación

Tabla 4-32. Datos tomados en campo para la prueba de infiltración N°1

Prueba de Infiltración No.1 - Vereda El Porvenir				
COORDENADAS				
Este	753.485	Norte	593.177	
Hora	Δ T		Profundidad cm	Δ H cm
	minutos	Segundos		
10:30	0	0	30	0
10:40	10	600	7,5	22,5
10:50	10	600	3,3	4,2
11:00	10	600	1,9	1,4
11:10	10	600	0,8	1,1
11:20	10	600	0	0,8
11:30	10	600	0	0
Total	60	3000		30

Fuente: Trabajo de campo Canelo Nogal. C&MA Ltda, 2011.

Elaborado por: S.V.R.M	Revisado por: C&MA	Aprobado por: PETRONOVA Colombia	Página 4-65
------------------------	--------------------	----------------------------------	-------------

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NOGAL			
	Cap 4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1110	Versión: 1	

Tabla 4-33. Datos tomados en campo para la prueba de infiltración N°2

Prueba de Infiltración No.2 - Vereda de San Luis				
COORDENADAS				
Este	752.783	Norte	595.302	
Hora	ΔT		Profundidad cm	ΔH cm
	minutos	Segundos		
14:35	0	0	30	0
14:45	10	600	13	17
14:55	10	600	8,5	4,5
15:05	10	600	6,4	2,1
15:15	10	600	5,8	0,6
15:25	10	600	5,4	0,4
15:35	10	600	5,1	0,3
Total	60	3600		24,9

Fuente: Trabajo de campo Canelo Nogal. C&MA Ltda, 2011.

Tabla 4-34. Datos tomados en campo para la prueba de infiltración N°3

Prueba de Infiltración No.3 - Vía Buenos Aires del Mandúr				
COORDENADAS				
Este	754.209	Norte	589.731	
Hora	ΔT		Profundidad cm	ΔH cm
	minutos	Segundos		
16:47	0	0	30	0
16:57	10	600	15,8	14,2
17:07	10	600	8	7,8
17:17	10	600	4	4
17:27	10	600	1,7	2,3
17:37	10	600	0,3	1,4
17:47	10	600	0	0,3
Total	60	3600		30

Fuente: Trabajo de campo Canelo Nogal. C&MA Ltda, 2011.

De acuerdo con los datos anteriores se determinó la tasa de absorción en los puntos muestreados y que al ser comparada con los datos de referencia permiten obtener los siguientes resultados y conclusiones:

Elaborado por: S.V.R.M	Revisado por: C&MA	Aprobado por: PETRONOVA Colombia	Página 4-66
------------------------	--------------------	-------------------------------------	-------------

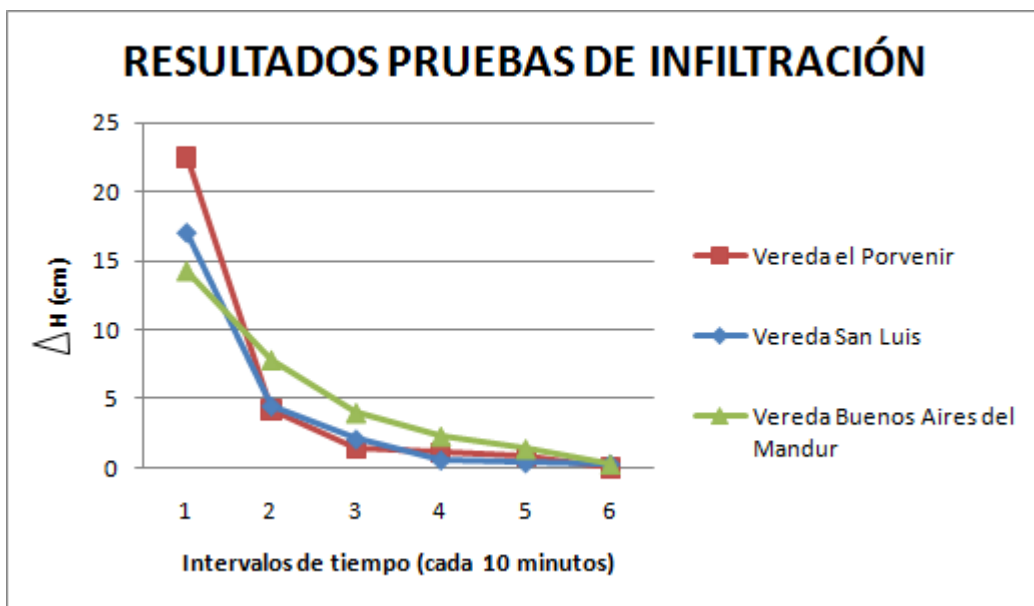


Figura 4-18. Resultados prueba de infiltración

Como se puede apreciar en la Figura 4-18, en general los suelos del APE Canelo Nogal tienden a mantener un comportamiento estable una vez se saturan al límite, definiendo una disminución en la altura de la lámina de agua entre 0 – 14 cm en 10 minutos, que corresponde a una tasa absorción lenta- terreno semipermeable (0,035 - 0,026 m³/m² * día).

Tabla 4-35 Absorción del terreno Canelo Nogal

Coordenadas	Localización	Unidades taxonómicas		Tiempo requerido para bajar 2,5cm (min)	Absorción del terreno
		Clasificación	Nombre		
753.485E 593.177N	Prueba de Infiltración No.1 - Vereda el Porvenir	Fluventic. Dystropepts Typic Dystropepts Endoaquents	San José	16	LENTA
752.783E 595.302N	Prueba de Infiltración No.2 – Vereda San Luis	Fluventic. Dystropepts Typic Dystropepts Endoaquents	San José	34	LENTA - TERRENO SEMIPERMEABLE
754.209E 589.731N	Prueba de Infiltración No.3 – Vereda Buenos Aires del Mandur	Oxic Dystropets Typic Tropaquents	Mesón	21	LENTA

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NOGAL			
	Cap 4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1110	Versión: 1	

La infiltración promedio del área de estudio corresponde a **28,3cm / h**

Vereda El Porvenir



Vereda San Luis



Vereda Buenos Aires del Mandúr

Fotografía 4-6. Pruebas de infiltración Canelo Nogal

Las pruebas de infiltración abarcaron todas las unidades de suelo (Mesón y San José) y geológicas presentes en el APE Canelo Nogal, así mismo, incluyendo puntos en donde se propone desarrollar las actividades de riego mediante aspersión, los cuales permitieron tener una muestra más representativa para el análisis en mención.

El suelo (tanto de la unidad Mesón como San José) del área de estudio presenta una tasa de absorción LENTA- TERRENO SEMIPERMEABLE, la cual se relaciona con las características fisicoquímicas del terreno (textura arcillosa y franco-arcillosa), siendo apta para la disposición final de las aguas residuales domésticas e industriales (ARI y ARD tratadas de perforación) que se generen por la ejecución del presente proyecto, siempre y cuando se tengan en cuenta las siguientes consideraciones de diseño, con el fin evitar el encharcamiento del agua y garantizar la absorción de la misma:

Elaborado por: S.V.R.M	Revisado por: C&MA	Aprobado por: PETRONOVA Colombia	Página 4-68
------------------------	--------------------	----------------------------------	-------------

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NOGAL			
	Cap 4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1110	Versión: 1	

Tabla 4-36. Consideraciones de diseño para el riego en el APE Canelo Nogal

Parámetro	Valor
Caudal a disponer	3,9 L/s (336,9 m ³ /d)
Tasa de absorción del terreno	0,035 - 0,026 m ³ /m ² *día
Ancho de las vías a regar	4,5 m
Área mínima necesaria para riego	9.900 m ²
Longitud necesaria mínimo de vías a regar	2.200 m

Con base en las longitudes y áreas reportadas en la tabla anterior, y de acuerdo con las longitudes máximas totales de vías a construir que se plantean para el proyecto y el área disponible cerca a las locaciones para el campo de aspersión (10.000 m²), se considera que esta alternativa de disposición final de las aguas residuales es viable, a partir de la existencia del área para tal fin.

DISEÑO AGRONÓMICO DEL CAMPO DE ASPERSIÓN

Características del agua a regar

El agua a regar proviene de las actividades de perforación después de ser tratada en las respectivas piscinas o tanques y que cumplan con los parámetros físicos y químicos establecidos del Decreto 1594 de 1984 y en el Decreto 4728 de 2010.

Descripción del emisor

Tipo de emisor: Se podrá utilizar el Aspersor NaanDan 5024 de impacto de ángulo bajo, el cual se emplea para riego supra-arbóreo y sub-arbóreo de árboles, bananeros, viñedos, viveros e invernaderos, no obstante, queda abierta la posibilidad de utilizar algún otro tipo de aspersor que esté acorde a los requerimientos del proyecto.

Dentro de la línea comercial de emisores podemos encontrar una gran variedad de aspersores de características muy disímiles, metálicos, plásticos, de bajo caudal, alto caudal, de gotas variables. Sin embargo, se recomienda la línea Naan-Dan por ser una marca reconocida en sistemas de aspersión, de fácil consecución en el mercado nacional y de alta calidad. Dentro de las bondades del aspersor tenemos:

- Caudal uniforme y constante, poco sensible a las variaciones de presión
- Poca variabilidad a las obturaciones
- Elevada uniformidad de fabricación
- Resistencia a la agresividad química y ambiental, así como a las operaciones agrícolas.
- Bajo costo
- Estabilidad de la relación Caudal-presión a lo largo del tiempo
- Poca sensibilidad a los cambios de temperatura

Elaborado por: S.V.R.M	Revisado por: C&MA	Aprobado por: PETRONOVA Colombia	Página 4-69
------------------------	--------------------	-------------------------------------	-------------

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NOGAL			
	Cap 4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1110	Versión: 1	

- Reducida pérdida de carga en el sistema de conexión
- Resistencia al ataque de insectos y roedores

Caudal de emisor: El aspensor es de boquilla naranja que posee un caudal de 0,55m³/h.

Disposición de los emisores: El distanciamiento recomendado por el fabricante se encuentra entre 12 y 18m, de acuerdo al tipo de cultivo y cantidad de lámina a disponer. Para este proyecto se recomienda una disposición a tresbolillo (en triángulo), con un distanciamiento entre líneas de 15,15m y entre aspersores de 17,5m

Lluvia efectiva

La lluvia efectiva es la que el aspensor deposita en el terreno sin que esta lo sature formando charcos y genere escorrentía superficial. Esta debe ser inferior a la infiltración obtenida, la cual tiene un valor de 28,3 cm/h en este caso.

Vegetación de la zona a regar

La vegetación de la zona de riego preferiblemente deberá ser pastos.

Coeficiente del cultivo

Según las condiciones naturales de humedad relativa (>70%) y velocidad de viento (0-5m/s) el coeficiente promedio para planificación de proyectos es de 1,1. Este coeficiente indica la relación entre el uso consultivo de la especie predominante y un cultivo de pasto estándar 5,5cm/día diarios de agua, (FAO 2003).

DISEÑO HIDRÁULICO

El principal objetivo de este numeral es establecer los parámetros hidráulicos para el diseño del sistema de riego por aspersión en el APE Canelo Nogal.

• Precipitación Media

La precipitación media de riego para este arreglo se calculó con base en la siguiente fórmula:

$$P_m = \frac{Q_n \times 3600}{DL \times DA}$$

$$P_m = 2,07 \text{ mm}$$

Donde:

P_m = Precipitación media de riego (mm/h)

Q_n = Caudal nominal de riego (L/s) = 0,153 (0,55m³/h según el aspensor a usar)

DL = Distanciamiento entre laterales = 15,15 m

DA = Distanciamiento entre aspersores = 17,5 m

La precipitación media a disponer por el campo de aspersión es de 2,07 mm/h. Esta tasa de infiltración es menor comparada con la tasa de infiltración de la zona,

Elaborado por: S.V.R.M	Revisado por: C&MA	Aprobado por: PETRONOVA Colombia	Página 4-70
------------------------	--------------------	-------------------------------------	-------------

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NOGAL			
	Cap 4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1110	Versión: 1	

la cual tiene un valor de 283 mm/h, lo cual es favorable para la actividad y garantizará la no existencia de encharcamientos.

El balance hídrico para el sistema de riego se calcula para verificar si en condiciones extremas, el campo de aspersión funciona sin detrimento del suelo y no produce inundación, ni escurrimiento superficial.

Las condiciones críticas a evaluar son: cero evapotranspiraciones, si la intensidad de lluvias es tal que ocurra escorrentía con un tiempo de concentración de diseño de lluvia igual a la duración del aguacero crítico, y operación normal del sistema de aspersión, el suelo debe tener la capacidad de seguir infiltrando el agua.

Tiempo de concentración

Es el tiempo que la lluvia cae en el punto más distante de la corriente de agua de una cuenca para llegar a una sección determinada. El cálculo del tiempo de concentración (T_c), conforme a la ecuación de Kirpich es el siguiente:

$$T_c = 0,01947 \times L^{0,77} \times p^{-0,385}$$

$$T_c = 0,01947 \times 100^{0,77} \times 0,05^{-0,385}$$

$$T_c = 2,13 \text{ min}$$

Donde,

T_c = Tiempo de concentración.

L = Longitud de la corriente, equivalente a la longitud hidrológicamente más desfavorable a lo ancho del lote, equivalente a 100m.

P = Pendiente promedio, equivalente a 5%

Para este tiempo de concentración de lluvia se estimó el nivel máximo de lluvia mensual en la zona del proyecto que se puede presentar en promedio por día que es de 63mm, precipitación máxima presentada sobre el mes de abril, de acuerdo con los datos del IDEAM.

$$I_m = \frac{P_{\max.} \times T_c^{0,186}}{(T_{\text{Estimado}} + 10)^{0,65}}$$

$$I_m = \frac{63 \times 2,13^{0,186}}{(60 + 10)^{0,651}}$$

$$I_m = 4,56 \text{ mm/h}$$

Donde,

I_m = Intensidad media

$P_{\max.}$ = Precipitación máxima en el mes más lluvioso

T_c = Tiempo de concentración

T_{Estimado} = Tiempo máximo estimado del aguacero de diseño

La precipitación total es la suma de la intensidad media del aguacero crítico y la irrigación promedia de riego.

Elaborado por: S.V.R.M	Revisado por: C&MA	Aprobado por: PETRONOVA Colombia	Página 4-71
------------------------	--------------------	-------------------------------------	-------------

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NOGAL			
	Cap 4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1110	Versión: 1	

$$Pt = Im + Pm$$

$$Pt = 4,56 \text{ mm/h} + 2,07 \text{ mm/h}$$

$$Pt = 6,63 \text{ mm/h}$$

Donde,

Pt= Precipitación total

Im = Intensidad media del aguacero crítico

Pm = Precipitación media de riego

Si se compara la precipitación total con la infiltración promedia básica obtenida en el área de estudio (254 mm/h), se puede concluir que no existirá escorrentía superficial directa. Si llegara a emitir abnegación esta sería de carácter temporal.

• Número de Aspersores

Con base al caudal de emisión de cada aspersor (0,55 m³/h) y el caudal máximo a verter (3,9 L/s), se calculó el número de aspersores necesarios para realizar dicha disposición (la cual es la condición máxima que se puede presentar en caso de utilizar únicamente esta alternativa de vertimiento), arrojando como resultado un total de 25 unidades. No obstante, con el fin de optimizar la disposición y teniendo en cuenta que también se propone el vertimiento mediante otras alternativas, se podrá hacer uso de una cantidad menor de aspersores y completar el caudal a disponer con las otras opciones planteadas, por lo tanto en la Tabla 4-37 se presenta como se podría realizar dicha combinación.

Tabla 4-37. Caudal de vertimiento combinando otra alternativa

Número de aspersores	Caudal de emisión aspersores (L/s)	Combinando con otra alternativa (L/s)	Total (L/s)
1	0,15	3,75	3,9
2	0,31	3,59	
3	0,46	3,44	
4	0,61	3,29	
5	0,76	3,14	
6	0,92	2,98	
7	1,07	2,83	
8	1,22	2,68	
9	1,38	2,53	
10	1,53	2,37	
11	1,68	2,22	
12	1,83	2,07	
13	1,99	1,91	
14	2,14	1,76	
15	2,29	1,61	
16	2,44	1,46	

Elaborado por: S.V.R.M	Revisado por: C&MA	Aprobado por: PETRONOVA Colombia	Página 4-72
------------------------	--------------------	----------------------------------	-------------

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NOGAL			
	Cap 4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1110	Versión: 1	

Tabla 4-37. Caudal de vertimiento combinando otra alternativa

Número de aspersores	Caudal de emisión aspersores (L/s)	Combinando con otra alternativa (L/s)	Total (L/s)
17	2,60	1,30	
18	2,75	1,15	
19	2,90	1,00	
20	3,06	0,84	
21	3,21	0,69	
22	3,36	0,54	
23	3,51	0,39	
24	3,67	0,23	
25	3,82	0,08	

Cabe mencionar que el caudal máximo a verter se presentaría, si y solo sí, se tienen en operación facilidades de producción en etapa de pruebas extensas y al mismo tiempo se está perforando un pozo exploratorio en el APE Canelo Nogal.

• Área del campo de aspersión

El área del campo de aspersión se definió teniendo en cuenta la cantidad máxima de aspersores estimados para el proyecto, los cuales, de acuerdo con la disposición recomendada (tresbolillo) y el distanciamiento dado por el fabricante (distanciamiento entre líneas de 15,15m y entre aspersores de 17,5m) se estimó un área de 9.000m² (100m x 90m)

En la Figura 4-19 se presenta la posible ubicación de 25 aspersores (condición máxima) para el campo de aspersión a construir en el área de interés exploratorio Canelo Nogal, sin embargo tal y como se mencionó anteriormente dicha cantidad puede disminuir en caso de combinar con alguna de las otras alternativas presentadas, o bien, se podrá optar por la utilización de algún otro tipo de aspersor.

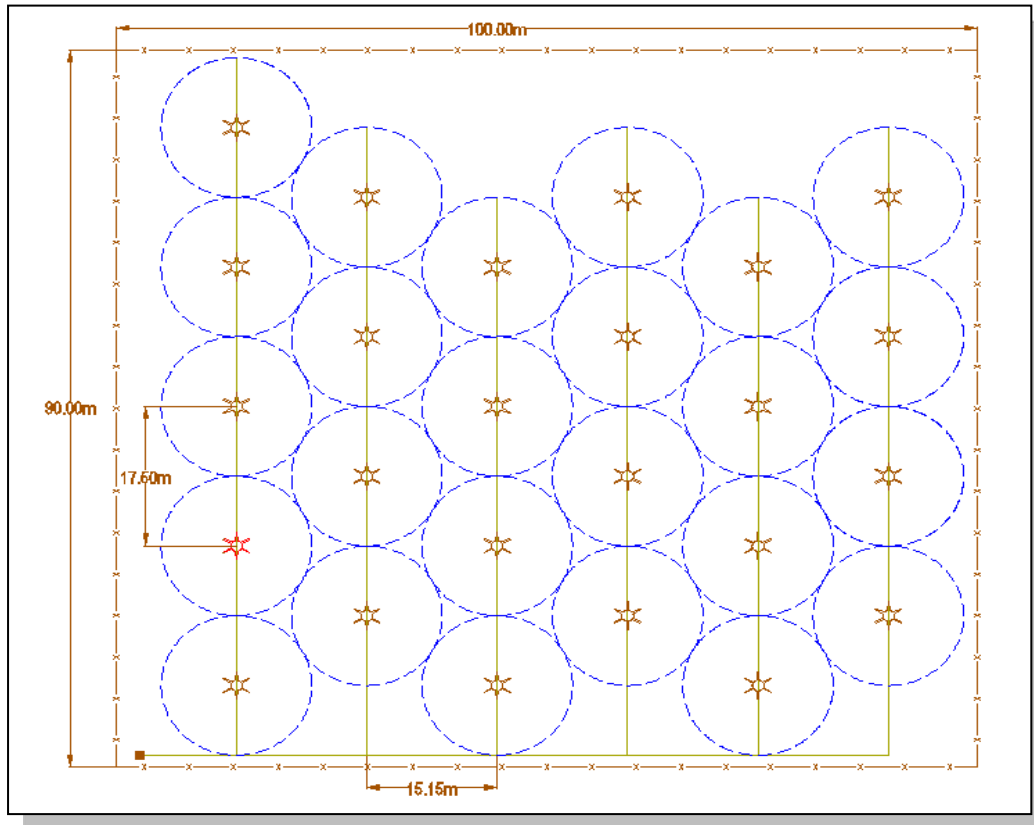


Figura 4-19. Campo de aspersión para el APE Canelo Nogal

Estimación teórica de volumen de agua a infiltrar

Teóricamente se puede estimar la cantidad de agua a infiltrar ya que se poseen todos los datos necesarios para ello. Esta estimación se realiza teniendo en cuenta los datos de infiltración (28,3 cm/h), el área del campo de aspersión ($100\text{m} \times 90\text{m} = 9.000\text{m}^2$) y las horas promedio de riego (8 horas).

Este cálculo toma en cuenta parámetros ideales de campo de acuerdo a los datos arrojados por las pruebas de infiltración, es necesario que se tenga en cuenta que la naturaleza de un suelo lo hace totalmente cambiante y que por ello en ninguna circunstancia se debe tomar el dato como ideal, es decir para el vertimiento se deben hacer correcciones y monitoreos constantes a los suelos para evitar los encharcamientos y escorrentías superficiales, pues este fenómeno está ligado a las condiciones climáticas del sitio, las cuales pueden cambiar de un día para otro. Para el dato final presentado es recomendable buscar un factor multiplicador (fm) que está entre 0,3 y 0,7 de acuerdo a las condiciones climáticas de la zona, este hecho implica la multiplicación por un fm de 0,3 en condiciones de alta pluviosidad y un fm de 0,7 en condiciones de baja o nula pluviosidad.

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NOGAL			
	Cap 4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1110	Versión: 1	

Tabla 4-38. Volumen de agua teórico que recibe el suelo

Lámina de agua en m/h/m ²	Volumen de agua (m ³ /ha)	Volumen de agua en m ³ /día
0,283	2.830	22.640

Tabla 4-39. Volumen en condiciones de alta pluviosidad

Lámina de agua en m/h/m ²	Volumen de agua (m ³ /ha)	Volumen de agua en m ³ /día
0,283	849	6.792

De acuerdo con este cálculo en una hectárea, pueden disponerse máximo 6.792 m³/día de agua, lo cual es favorable teniendo en cuenta el área que se utilizará para esta actividad por diseño (9.000 m²)

Igualmente la aspersión debe hacerse de una forma uniforme en la totalidad del área del campo de aspersión ya que de no ser así habrá lugares donde se presenten escorrentías superficiales.

Consideraciones especiales para disposición de aguas residuales tratadas sobre cuerpos de agua y suelo

- Antes de la disposición final de las aguas residuales domésticas e industriales, éstas deberán cumplir con los parámetros del artículo 72 y 74 del decreto 1594 de 1984 (con el fin de evitar la afectación de aguas superficiales y/o subterráneas) y el Decreto 4728 de 2010. La empresa contratista encargada del tratamiento de aguas residuales de cada pozo exploratorio no podrá realizar el vertimiento de aguas residuales industriales tratadas con concentraciones de cloruros superiores a 250 mg/l.
- La empresa deberá instalar a la salida del STARI un sistema de medición que permita llevar el control del caudal a disponer. Se deberá llevar la bitácora de la lectura diaria y presentar consolidado por cada etapa de cada pozo en los ICA respectivos.
- Para la aspersión sobre las vías de acceso del proyecto, se utilizarán carrotanques acondicionados con flautas para que la descarga se realice cerca del suelo y en chorros finos, de baja presión, para controlar la dispersión del polvo y deterior de la capa de rodadura.
- En ningún momento la tasa de aplicación de las aguas que se dispongan podrá exceder la capacidad de infiltración de los suelos.

Elaborado por: S.V.R.M	Revisado por: C&MA	Aprobado por: PETRONOVA Colombia	Página 4-75
------------------------	--------------------	----------------------------------	-------------

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NOGAL			
	Cap 4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1110	Versión: 1	

- Se deberá asegurar que durante la irrigación en las vías, no se presenten encharcamientos, procesos erosivos o daños a la estructura de las mismas, ni contacto con los sectores diferentes a las bancas de las vías.

En la evaluación de riesgos presentada en el capítulo 9 “PLAN DE CONTINGENCIA” se incluye la evaluación y el análisis de riesgo asociado al vertimiento de aguas residuales domésticas e industriales.

Análisis del suelo

Tabla 4-40. Descripción de las unidades de suelo del Área de interés exploratorio Canelo Nogal

TIPO DE RELIEVE	FORMAS DEL TERRENO - LITOLOGÍA	UNIDADES TAXONÓMICAS		CARACTERÍSTICAS DE LOS SUELOS	SÍMBOLO
		CLASIFICACIÓN	NOMBRE		
Lomerío	Lomas ligeramente disectadas / Arcillolitas	Oxic Dystropepts Typic Tropaquents	Mesón	Oxic Dystropepts: Moderadamente profundos de textura fina y moderadamente fina, de fertilidad media a baja. Typic Tropaquents: De fertilidad baja a moderada, presentan acumulación de materia orgánica sobre material arcilloso.	ME
Valle	Terraza Baja / aluviones finos	Fluventic. Dystropepts Typic Dystropepts Endoaquents	San José	Fluventic: Suelos de planicie aluvial con textura media, ligeramente acidos. Dystropepts: Son poco profundos con baja saturación de base. Typic Dystropepts: Son moderadamente profundos, texturas moderadamente finas sobre gruesas. Endoaquents: Son suelos recientes con horizontes poco desarrollados.	SJ

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NOGAL			
	Cap 4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1110	Versión: 1	

Tabla 4-40. Descripción de las unidades de suelo del Área de interés exploratorio Canelo Nogal

TIPO DE RELIEVE	FORMAS DEL TERRENO - LITOLOGÍA	UNIDADES TAXONÓMICAS		CARACTERÍSTICAS DE LOS SUELOS	SÍMBOLO
		CLASIFICACIÓN	NOMBRE		
	Aluviones Medios	Fluventic Eutropepts Typic Endoaquents	Puerto Limón	Fluventic: Suelos de planicie aluvial con un desarrollo de perfil incipiente o muy débil, excesiva arena. Eutropepts: Alta saturación de bases, débil desarrollo del perfil, presenta procesos de lixiviación. Typic Endoaquents: Poseen un régimen húmedo durante gran parte del año, predominio de hierro.	PL

Fuente: Esquema de Ordenamiento Territorial. Municipios de Puerto Guzmán– C&MA. 2011

Durante el trabajo de campo, se realizó una (1) calicata sobre los suelos residuales del Grupo Orito y dos (2) calicata en suelos con influencia aluvial del Área de Interés Exploratorio Canelo Nogal. En la Tabla 4-41 se presenta la localización, unidad de suelo correspondiente y registro fotográfico de las calicatas realizadas para el Área de interés exploratorio Canelo Nogal.

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NOGAL			
	Cap 4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1110	Versión: 1	

Tabla 4-41. Calicatas en el Área de Interés Exploratorio Canelo Nogal

N°	COORDENADAS	UNIDAD DE SUELO	FOTOGRAFÍA	DESCRIPCIÓN
	ESTE NORTE			
1	753.533 E 593.132 N	SJ		Material Parental de la Llanura Aluvial del Río Mandúr. Horizonte organico A. espesor 15 cm, presencia de raíces, vegetación pastos. Presenta procesos de traslocación de arcilla al siguiente horizonte, contacto difuso con el Horizonte BT.
				Horizonte BT: Espesor de 65 cm, con horizonte diagnóstico Argilico, textura arcillo-arenosa, presencia baja de raíces, color marron claro, a esta distancia se corta el nivel freatico por lo tanto se observa la presencia de agua y no se puede continuar con la descripción.

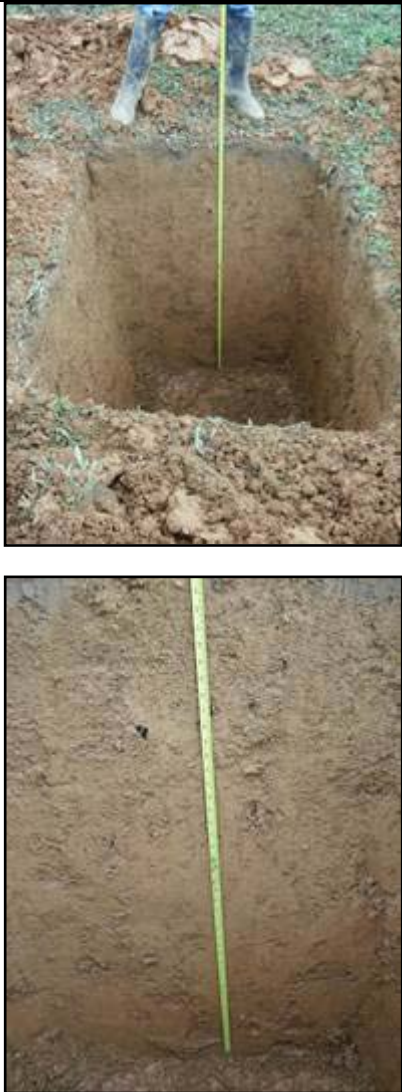
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NOGAL			
	Cap 4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1110	Versión: 1	

Tabla 4-41. Calicatas en el Área de Interés Exploratorio Canelo Nogal

N°	COORDENADAS	UNIDAD DE SUELO	FOTOGRAFÍA	DESCRIPCIÓN
	ESTE NORTE			
2	755.708 E 595.486 N	SJ		Material Parental de la Llanura Aluvial. Horizonte organico A. espesor 10 cm, presencia de raíces, vegetación y materia organica. Presenta contacto difuso con el siguiente horizonte.
				Horizonte BT: Espesor de 70 cm, textura arcillo-arenosa, presencia de raíces gruesas y moderada materia organica, color marron claro. Horizonte BW: Espesor de 20 cm, presenta límites difusos con el horizonte anterior, presencia moderada de raíces muy finas, textura arenosa fina a media no consolidada, color grisacea.

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NOGAL			
	Cap 4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1110	Versión: 1	

Tabla 4-41. Calicatas en el Área de Interés Exploratorio Canelo Nogal

N°	COORDENADAS	UNIDAD DE SUELO	FOTOGRAFÍA		DESCRIPCIÓN
	ESTE NORTE				
3	754.218 E 589.744 N	ME			Material Parental de las colinas del Grupo Orito con influencia de niveles arcillosos. Horizonte organico A: espesor 8 cm, presencia de raíces, vegetación y materia organica. Presenta color marron oscuro. Horizonte BT: Espesor de 80 cm, textura arcillosa, presencia de raíces pequeñas y moderada materia organica, color marron claro. Horizonte BW: Espesor de 20 cm, presenta límites difusos con el horizonte anterior, textura arcillosa, color rojizo.

Fuente: Grupo EIA Área de Interés Exploratorio Canelo Nogal – C&MA Ltda. 2011

En la Tabla 4-42, se resumen los resultados de los análisis realizados en el laboratorio del IGAC en Bogotá. Los resultados completos de los análisis de suelos se encuentran en el Anexo B.

Elaborado por: S.V.R.M	Revisado por: C&MA	Aprobado por: PETRONOVA Colombia	Página 4-80
------------------------	--------------------	----------------------------------	-------------

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NOGAL			
	Cap 4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1110	Versión: 1	

Tabla 4-42. Resultados de Análisis de Laboratorio de Suelos

No.	COORDENADAS DATUM MAGNA SIRGAS, ORIGEN BOGOTÁ		HUM. %	GRANULOMETRÍA			CLASE TEXTURAL
	ESTE	NORTE		Ar	Li	Arc	
1A	753.533	593.132	38.04	23.5	30.3	46.3	Arcillosa
1B	753.533	593.132	46.34	29.5	30.3	40.2	Arcillosa
2A	755.708	595.486	30.42	67.9	12.1	20.0	Francoarcillosa
2B	755.708	595.486	33.59	49.7	18.2	32.1	Francoarcillosa
2C	755.708	595.486	35.81	45.6	24.3	30.1	Francoarcillosa
3A	754.218	589.744	29.19	19.5	20.2	60.4	Arcillosa
3B	754.218	589.744	36.25	27.5	26.2	46.3	Arcillosa

Fuente: Grupo EIA Área de Interés Exploratorio Canelo Nugal – C&MA. 2011

Con respecto a los anteriores resultados del Área de Interés Exploratorio Canelo Nugal, se observa la correspondencia de cada una de las calicatas realizadas con las unidades de suelo enmarcadas en el área, donde se confirma que la calicata 3, con un mayor porcentaje de arcillas pertenece al Grupo Orito y las calicatas 1 y 2 con gran porcentaje de granulometría de tamaño arena, presentando la mayoría de estas un suelo franco-arcilloso, pertenecen a los depósitos aluviales, donde estas arenas se encuentran influenciadas en el acuífero de los depósitos aluviales.

Caracterización fisicoquímica del suelo

Adicional a lo anterior y con el fin de conocer las características fisicoquímicas del suelo receptor del efluente de agua residual doméstica e industrial, se realizó un monitoreo de caracterización de este recurso, en los puntos presentados en la Tabla 4-42 y cuyos resultados se presentan a continuación.

Tabla 4-43. Caracterización fisicoquímica de los suelos del área de estudio

PARÁMETRO	SUELO MONITOREADO							UNIDAD	VALOR MAX. LOUSSIANA 29B
	1A	1B	2A	2B	2C	3A	3B		
pH	6,4	5,2	5,4	5,6	4,9	4,6	4,5	Unidades de pH	6,5 – 9,0
Humedad	38,04	46,34	30,42	33,59	35,81	29,19	36,25	%	*
Capacidad de intercambio Catiónico	16,2	18,4	7,8	12,4	16,9	15,5	20,4	meq/100g	15-25
Conductividad	0,05	0,11	0,04	0,05	0,17	0,04	0,09	µS /cm	10.000
Arsénico	ND<0,50	ND<0,50	ND<0,50	ND<0,50	ND<0,50	ND<0,50	ND<0,50	mg As /Kg	10
Bario	ND<0,10	3,5	0,31	ND<0,10	ND<0,10	2,1	ND<0,10	mg Ba / Kg	100.000
Calcio	0,07	0,30	0,02	0,05	0,48	0,07	0,15	mg Ca/	*

Elaborado por: S.V.R.M	Revisado por: C&MA	Aprobado por: PETRONOVA Colombia	Página 4-81
------------------------	--------------------	----------------------------------	-------------

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NOGAL			
	Cap 4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1110	Versión: 1	

Tabla 4-43. Caracterización fisicoquímica de los suelos del área de estudio

PARÁMETRO	SUELO MONITOREADO							UNIDAD	VALOR MAX. LOUSSIANA 29B
	1A	1B	2A	2B	2C	3A	3B		
								Kg	
Magnesio	0,05	0,18	0,02	0,04	0,22	0,04	0,09	mg Mg/ Kg	*
Potasio	0,05	0,08	0,07	0,04	0,22	0,06	0,18	mg K/ Kg	*
Grasas y aceites	ND<0,50	ND<0,50	0,58	ND<0,50	ND<0,50	0,98	ND<0,50	%	30.000 = 3%
Hidrocarburos totales	ND<0,20	ND<0,20	ND<0,20	ND<0,20	ND<0,20	ND<0,20	ND<0,20	%	3%
Sodio	0,17	0,19	0,13	0,16	0,28	0,15	0,25	mg Na/ Kg	*
Mercurio	ND<0,02	ND<0,02	ND<0,02	ND<0,02	ND<0,02	ND<0,02	ND<0,02	mg Hg / Kg	10
Porcentaje de sodio intercambiable	7,5	8,8	9,1	9,8	10,2	12,6	9,7	%	15,0
RAS	0,71	0,39	0,93	0,76	0,47	0,23	0,71	%	12

Supera el valor establecido en la norma LOUSSIANA 29B. [REDACTED]

Fuente: PSL, Proanálisis. 2010.

Los pH reportados (4,5 – 6,4) indican que el suelo estudiado principalmente es ácido. La acidez en el suelo puede deberse a varios factores, entre los cuales se destacan: que el suelo sea geológicamente muy antiguo y fuertemente lixiviado, con altos niveles de óxidos de hierro y aluminio; que se hayan aplicado fertilizantes acidificantes durante muchos años, incluyendo aquellos que contienen nitrógeno amoniacal y superfosfato, o bien hayan incorporado grandes cantidades de materia orgánica a un suelo muy húmedo y durante muchos años, dando lugar a su acidificación. Para el caso en estudio, cabe destacar que las muestras se tomaron en zonas donde la intervención humana es representativa (actividades agropecuarias principalmente), por lo cual, los residuos asociados pueden estar aportando significativamente en los resultados obtenidos.

Lo mencionado anteriormente se corrobora con la Figura 4-20, en donde se aprecia que las muestras analizadas que presentan concentraciones muy bajas de pH, presentan a su vez concentraciones mínimas en parámetros como el calcio, magnesio y potasio.

Elaborado por: S.V.R.M	Revisado por: C&MA	Aprobado por: PETRONOVA Colombia	Página 4-82
------------------------	--------------------	----------------------------------	-------------

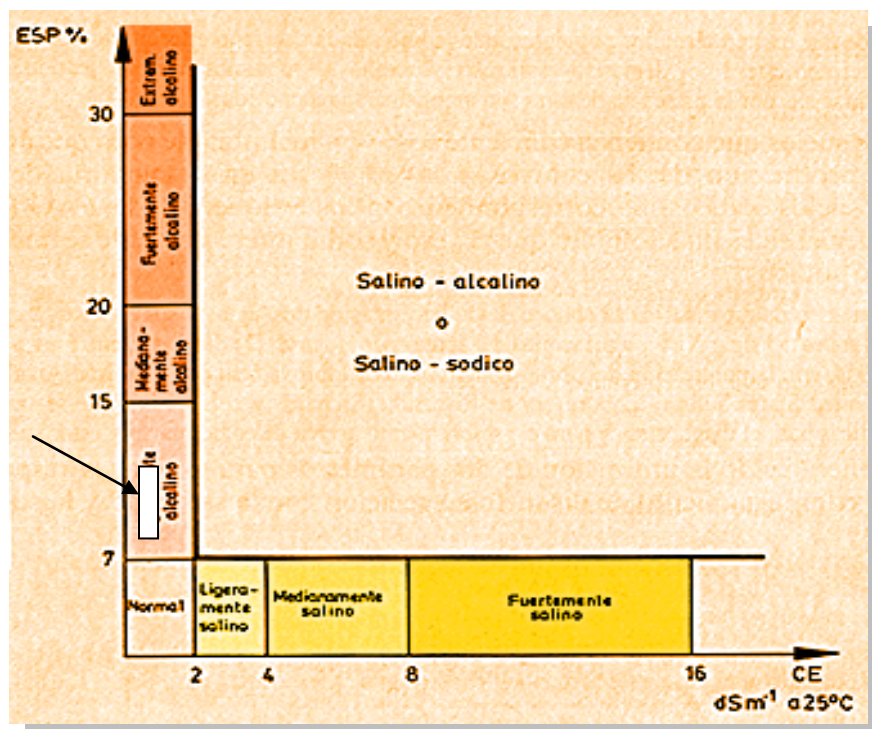


Figura 4-21. Relación entre el PSI y la conductividad para determinar la salinidad de los suelos

4.3.5 DESCRIPCIÓN DE EFLUENTES LÍQUIDOS GENERADOS Y SU SISTEMA TRATAMIENTO

AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS

Obras civiles

Para los residuos líquidos domésticos que se generen durante la construcción de las plataformas exploratorias y sus vías de acceso, o la adecuación de vías existentes, se instalarán baños portátiles.

Los baños portátiles poseen la facilidad de recolección de sus residuos líquidos mediante bolsillos, su mantenimiento se debe realizar periódicamente por el contratista, quien además deberá ofrecer técnicas de tratamiento legalmente establecidas, para las aguas negras extraídas.

Durante esta etapa no habrá generación de aguas grises ya que no habrá pernoctación de personal en el área.

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NOGAL			
	Cap 4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1110	Versión: 1	

Perforación exploratoria y pruebas de producción

Los residuos líquidos domésticos se obtendrán de los sanitarios, duchas, casino, lavandería y lavamanos del campamento instalado en el área de la plataforma de perforación de cada pozo, ya sea durante la perforación propiamente dicha o en el periodo de pruebas de producción.

Esta agua se caracteriza por presentar un contenido alto de detergentes, materia orgánica y microorganismos. En la Tabla 4-44 se presenta la caracterización típica de las aguas residuales domésticas de acuerdo con la concentración de sus contaminantes.

Tabla 4-44 Composición típica de aguas residuales domésticas no tratadas

VARIABLE	UNIDADES	CONCENTRACIÓN		
		FUERTE	MEDIA	DÉBIL
Sólidos totales	mg/l	1200	720	350
Sólidos disueltos totales	mg/l	850	500	250
Sólidos suspendidos totales	mg/l	350	220	100
Sólidos sedimentables	mg/l	20	10	5
Carbono orgánico total	mg/l	290	160	80
DBO	mg/l	400	220	110
DQO	mg/l	1000	500	250
Nitrógeno total	mg/l	85	40	20
Nitrógeno orgánico	mg/l	35	15	8
Amoniaco libre	mg/l	50	25	12
Nitritos	mg/l	0	0	0
Nitratos	mg/l	0	0	0
Fósforo total	mg/l	15	8	4
Fósforo orgánico	mg/l	5	3	1
Fósforo inorgánico	mg/l	10	5	3
Cloruros	mg/l	100	50	30
Sulfatos	mg/l	50	30	20
Alcalinidad	mg/l	200	100	50
Grasas	mg/l	150	100	50
Coliformes totales	NMP/100 ml	107 - 109	107 - 108	106 - 107
Compuestos orgánicos volátiles (COV's)	mg/l	>400	100 - 400	<100
FUENTE: Metcalf & Eddy (1988)				

El tratamiento de las aguas residuales domésticas se hará en primera instancia por medio de plantas portátiles compactas de lodos activados tipo "Red Fox" (ver Fotografía 4-7) donde se utilizan coagulantes, floculantes y desinfectantes en el tratamiento.

Elaborado por: S.V.R.M	Revisado por: C&MA	Aprobado por: PETRONOVA Colombia	Página 4-85
------------------------	--------------------	----------------------------------	-------------

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NOGAL			
	Cap 4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1110	Versión: 1	

Las aguas grises no pasarán por la planta de lodos activados, éstas se conducirán directamente a una trampa de grasas.

Los efluentes de la planta de tratamiento de lodos activados y de la trampa de grasas se integrarán y almacenarán en tanques portátiles o piscinas con las ARI, para después enviar una única descarga a un punto de vertimiento sobre la franja del cuerpo de agua propuesto para tal fin (río Mandúr) previa verificación del cumplimiento de parámetros a monitorear.

Como otras alternativas, se propone la disposición del efluente doméstico generado a través del riego campos de aspersión, sobre las vías destapadas a usar por el proyecto, las cuales deberán tener su capa de base, sub-base y afirmado debidamente conformada, con el fin de garantizar la infiltración del agua en el suelo, o mediante la entrega a terceros (empresas especializadas que cumplan con los permisos ambientales) para el tratamiento y disposición final de este tipo de residuos.



Fotografía 4-7. Sistemas de tratamiento de las ARD para perforación y pruebas de producción (Red Fox)

Aguas contaminadas de lavado

Se recolectan en canales rectangulares perimetrales construidos alrededor de las plataformas de algunos de los equipos existentes. Estos canales conducen a un separador de grasas (skimmer) y de allí se integran al sistema de tratamiento de agua residuales industriales del pozo. Su volumen de producción depende de la frecuencia del lavado y programa de mantenimiento de equipos.

Estas son aguas que se caracterizan por presentar niveles moderados de grasas y aceites.

Elaborado por: S.V.R.M	Revisado por: C&MA	Aprobado por: PETRONOVA Colombia	Página 4-86
------------------------	--------------------	----------------------------------	-------------

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NOGAL			
	Cap 4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1110	Versión: 1	

Aguas lluvia no contaminadas

Las aguas lluvias no contaminadas serán recolectadas por canales trapezoidales perimetrales del área de la plataforma de perforación del pozo y serán pasadas a través de un desarenador antes de ser vertidas al medio. Su volumen de generación depende del régimen pluviométrico del área. No presentan ningún tipo de contaminante.

Aguas residuales industriales del lodo de perforación

Teniendo en cuenta que los residuos industriales de la perforación de cada pozo exploratorio en el APE Canelo Nogal se podrán tratar ex situ a través de empresas especializadas e in situ, a continuación se describe el manejo y disposición final de cada una de estas alternativas:

En caso que se traten **ex situ**, los residuos provenientes del equipo de control de sólidos, que corresponden a una mezcla de lodos, cortes y una fracción líquida (aguas residuales), se almacenarán en tanques portátiles o piscinas sobre el área de la plataforma, para posteriormente ser transportados, tratados y dispuestos por alguna empresa especializada, la cual deberá contar con licencia ambiental para el manejo de esta clase de desechos.

El tratamiento **in situ** consiste en que cuando el lodo de perforación ha perdido sus propiedades reológicas y fisicoquímicas, es conducido a la unidad “**dewatering**”, para posteriormente dirigir la fracción sólida a la(s) piscina(s), foso(s) o tanque(s) de cortes y la fracción líquida a la(s) piscina(s) o tanque(s) de aguas industriales, de las cuales una(s) es (son) de retención y otra(s) de chequeo de parámetros y vertimiento. El efluente de la segunda piscina o del tanque respectivo debe cumplir con los requisitos de calidad del agua del Decreto 1594/84⁴, para poder realizar el vertimiento sobre el cuerpo agua receptor (río Mandúr), o disponerlo sobre el suelo a través del campo de aspersión o sobre las vías destapadas a usar por el proyecto. El agua residual separada del lodo también podrá ser entregada a empresas que cuenten con los permisos ambientales vigentes para su tratamiento y debida disposición amparada por la normatividad.

El tratamiento que se le hace al agua es un tratamiento físico-químico convencional, que consiste básicamente en adicionar sulfato de aluminio (alumbre) o cualquier químico comercial aceptado por la ley, con el fin de coagular y flocular los sólidos. También eventualmente se adicionan controladores de pH y coagulantes para facilitar el proceso de unión de las partículas disueltas y suspendidas en el agua.

En la Tabla 4-45 se presenta la caracterización típica de las aguas residuales industriales en actividades de perforación de pozos.

⁴ El decreto 3930/10 (nuevo decreto de vertimientos), fue parcialmente modificado por el decreto 4728 de 2010, siendo este último el que amplía el plazo para definir los límites de vertimiento a cuerpos de agua superficiales, además de modificar otros artículos, el decreto 1594/84 es usado en el presente trabajo.

Elaborado por: S.V.R.M	Revisado por: C&MA	Aprobado por: PETRONOVA Colombia	Página 4-87
------------------------	--------------------	-------------------------------------	-------------

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NOGAL			
	Cap 4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1110	Versión: 1	

Tabla 4-45. Parámetros y valores típicos de calidad de las aguas residuales industriales sin tratamiento

PARÁMETRO	UNIDAD	VALOR ENCONTRADO
Grasas y Aceites	mg/l	1-5
Color	UPC	< 150
Conductividad	μohms/cm	4000
Cloruros	mg Cl/l.	50 –150
DBO ₅	mg O ₂ /l	150 – 500
DQO	mg O ₂ /l	500 – 1500
Dureza total	mg CaCO ₃ /l	50 –200
HPT (IR)	mg/l	0.5 –2.0
pH	Unidades	6 – 9
Sólidos disueltos	mg/l	500 – 2000
Sólidos suspendidos	mg/l	200 – 500
Sulfatos	mg SO ₄ /l	150
Bario	mg Ba/l	1 – 3
Turbidez	NTU	150 - 800

Fuente: Archivo C&MA

Pruebas de producción

Durante las pruebas de producción, las aguas residuales industriales se tratarán usando la infraestructura instalada en la locación del pozo donde se realicen y aplicando los mismos sistemas de tratamiento relacionados anteriormente.

En caso de que se genere agua de producción durante las pruebas extensas, ésta será dispuesta en frac tanks o piscinas para su tratamiento, antes de su disposición final de acuerdo a las opciones planteadas que son:

- Riego sobre las vías destapadas que se utilizarán por el proyecto
- Vertimiento sobre el río Mandúr.
- Riego sobre campos de aspersión cercanos a las plataformas de perforación.
- Entrega a terceros con los permisos ambientales vigentes.

Aguas residuales de la prueba hidrostática

La prueba hidrostática se realizará con el objetivo de verificar la unión hermética de la construcción y soldadura de la línea de flujo que se construirá desde cada pozo exploratorio hasta la locación de un pozo que cuente con las instalaciones de producción adecuadas para tal fin. La unión hermética se prueba separando los segmentos de tubería y llenando esos segmentos interrumpidos con agua. Luego se presuriza el agua y se le mantiene en el interior de la tubería durante aproximadamente ocho horas. Cualquier pérdida significativa de presión indica que se ha producido una fuga y que se necesitará una inspección posterior.

Dado que al agua no se le adicionará algún elemento o compuesto, no se prevé ninguna contaminación de tipo químico que haga necesario un tratamiento especial antes del vertimiento.

Elaborado por: S.V.R.M	Revisado por: C&MA	Aprobado por: PETRONOVA Colombia	Página 4-88
------------------------	--------------------	-------------------------------------	-------------

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NOGAL			
	Cap 4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1110	Versión: 1	

El agua residual de la prueba hidrostática se verterá sobre la franja de vertimiento propuesta en el río Mandúr, previa verificación de parámetros (Decreto 1594/84⁵), por riego sobre las vías destapadas a usar en el proyecto en época de estiaje para el control de material particulado o sobre el campo de aspersión cercanos a cada locación.

Otros residuos líquidos industriales

Algunos de los residuos líquidos aceitosos que se generan de manera muy esporádica en la perforación, son los lubricantes quemados del cambio de aceite de los motores; por lo cual se exige a los contratistas que realicen el mantenimiento de los motores para no generar aceites quemados ni filtros dentro de la plataforma de perforación.

Es posible que por horas de trabajo se necesite hacer cambio de aceite. Este aceite quemado será manejado por cada contratista, quien lo entregará a empresas especializadas en su tratamiento y disposición final; al igual que los lubricantes que se generen en el desarrollo de la actividad exploratoria.

4.3.6 IMPACTOS AMBIENTALES PREVISIBLES

Tabla 4-46. Impactos ambientales asociados al vertimiento

ACTIVIDAD	IMPACTOS	IMPORTANCIA AMBIENTAL
Vertimiento de aguas residuales domésticas e industriales	Alteración de las propiedades fisicoquímicas del agua superficial.	ALTA
	Alteración de las propiedades fisicoquímicas del suelo.	ALTA
	Alteración de las propiedades fisicoquímicas del agua subterránea.	MEDIA
	Afectación a comunidades bióticas acuáticas.	MEDIA

A causa del vertimiento de las aguas residuales domésticas e industriales generadas durante la perforación de los pozos exploratorios en el APE Canelo Nogal, no se prevé ocasionar algún tipo de alteración fisicoquímica del suelo o del agua, ni del equilibrio, abundancia y estructura de las comunidades hidrobiológicas del cuerpo de agua receptor (río Mandúr); sin embargo, se debe tener en cuenta que antes de realizar la descarga, se debe verificar el cumplimiento de lo estipulado en el Decreto 1594 de

⁵ El decreto 3930/10 (nuevo decreto de vertimientos), fue parcialmente modificado por el decreto 4728 de 2010, siendo este último el que amplía el plazo para definir los límites de vertimiento a cuerpos de agua superficiales, además de modificar otros artículos, el decreto 1594/84 es usado en el presente trabajo.

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NOGAL			
	Cap 4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1110	Versión: 1	

1984⁶ así como las medidas establecidas en **la Ficha 9 Manejo de los residuos líquidos del capítulo 7 “PMA”** del presente documento.

La empresa deberá remitir copia de los permisos de la(s) empresa(s) contratada(s) para el manejo, transporte, tratamiento y disposición final de los residuos líquidos aceitosos y copia de las actas de entrega de los residuos donde se indique la cantidad a ser tratada. En caso de ser manejados por el contratista o proveedor del producto, se deberán presentar los respectivos soportes. Adicionalmente se deberán verificar las actas de socialización con los propietarios de los predios en donde se localicen los puntos de vertimiento. (Ver **Plano C&MA-PTN-AMB-1110-12-18/24 Sitios de Muestreo y Uso y Aprovechamiento de recursos**).

⁶ El decreto 3930/10 (nuevo decreto de vertimientos), fue parcialmente modificado por el decreto 4728 de 2010, siendo este último el que amplía el plazo para definir los límites de vertimiento a cuerpos de agua superficiales, además de modificar otros artículos, el decreto 1594/84 es usado en el presente trabajo.

Elaborado por: S.V.R.M	Revisado por: C&MA	Aprobado por: PETRONOVA Colombia	Página 4-90
------------------------	--------------------	-------------------------------------	-------------

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NOGAL			
	Cap 4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1110	Versión: 1	

4.4 OCUPACIÓN DE CAUCES

Aunque no se conoce la ubicación puntual de las estructuras sobre las vías de acceso que se construirán a las plataformas, ya que no se ha definido la localización exacta de los pozos exploratorios a perforar, se definieron unas posibles ocupaciones con el fin de tener una cobertura vial total en el área de estudio.

4.4.1 Dinámica fluvial del área Canelo Nogal

El comportamiento hidrológico del área de estudio se encuentra enmarcado dentro de la dinámica del río Caquetá, ubicada en la zona nor-occidental de la cuenca hidrográfica del río Solimoes/Amazonas. Los principales aportes al sistema hídrico en la zona provienen de las numerosas afluentes menores que caen sobre él, teniendo en cuenta la alta precipitación y la escorrentía superficial y subterránea, convirtiendo a este cuerpo de agua en la principal corriente de la región. La red hidrográfica es de tipo permanente, con presencia de sistemas lénticos y lóticos menores. La principal subcuenca del sistema hídrico para el río Caquetá en la zona del APE es el río Mandúr con sus respectivos afluentes: quebrada Astilleros 1, quebrada Astilleros 2, caño Azul y caño Chonta.

Tabla 4-47. Red hidrográfica del APE Canelo Nogal

MEGACUENCA	CUENCA	SUBCUENCA	MICROCUENCA	AFLUENTES	AFLUENTES 2
Río Amazonas	Río Caquetá	Río Caquetá (Brazuelo Mangalpa)			
		Quebrada La Catonga			
		Río Mandúr	Quebrada Astilleros 1		
			Quebrada Astilleros 2		
			Caño Azul		
			Caño Chonta		
		Río Mecaya	Río Caimán	Quebrada Agua Clara	Caño El Sabalo

Fuente: Grupo EIA APE Canelo Nogal C&MA, 2011

4.4.2 Obras a construir

Para poder llegar a los diferentes puntos de interés exploratorio se plantearon y proyectaron varios accesos, los cuales conllevarían las siguientes ocupaciones de cauce.

Se adecuarán los puentes en madera y alcantarillas existentes en la vía San Luis – Buenos Aires del Mandúr, mediante la instalación de puentes en concreto y obras de arte sobre los siguientes puntos:

Elaborado por: S.V.R.M	Revisado por: C&MA	Aprobado por: PETRONOVA Colombia	Página 4-91
------------------------	--------------------	----------------------------------	-------------

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NOGAL			
	Cap 4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1110	Versión: 1	

Tabla 4-48. Ubicación de puentes en concreto sobre la vía San Luis – Buenos Aires del Mandúr

N°	COORDENADAS ORIGEN BOGOTÁ DATUM MAGNA SIRGAS		CAUCE	TIPO DE OBRA	LONG (ML)	LOCALIZACIÓN
	ESTE	NORTE				
1	753571	592826	Caño El Porvenir	Puente en concreto	4,5	Vereda Nueva Unión
2	754037	591710	Caño Timaná	Puente en concreto	7	Vereda Buenos Aires del Mandúr
3	754205	590969	Quebrada El Águila	Puente en concreto	6	
4	754454	589328	Caño Azul	Puente en concreto	6	
5	754095	591346	Drenaje de escorrentía	Alcantarillas sencilla 36"	4,5	
6	754109	591173	Drenaje de escorrentía	Alcantarillas sencilla 36"	4,5	
7	754239	590881	Quebrada El Águila	Alcantarillas doble de 36"	4,5	

Tabla 4-49. Cruces de cuerpos de agua vía San Luis – Buenos Aires del Mandúr

CUERPO DE AGUA ASOCIADO	FOTOGRAFÍA
Puente en madera sobre el caño El Porvenir	

Tabla 4-49. Cruces de cuerpos de agua vía San Luis – Buenos Aires del Mandúr

CUERPO DE AGUA ASOCIADO	FOTOGRAFÍA
Puente en madera sobre el caño Timaná	
Puente en madera sobre quebrada el Águila	
Puente en madera sobre el caño Azul	

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NOGAL			
	Cap 4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1110	Versión: 1	

De igual forma al interior del APE Canelo Nogal se proyectaron vías de acceso siguiendo en lo posible los trazados de los senderos comunitarios para llegar a los diferentes puntos de interés del proyecto dando como resultado las siguientes ocupaciones.

Tabla 4-50. Puntos de ocupaciones de cauces accesos internos del APE proyectados

N°	COORDENADAS ORIGEN BOGOTÁ DATUM MAGNA SIRGAS		CAUCE	TIPO DE OBRA	LONG (ML)	LOCALIZACIÓN
	ESTE	NORTE				
1	754775,5	589234,3	Caño Azul	Alcantarilla triple de 36"	5	Vereda Buenos Aires del Mandúr
2	756114,8	588576,8	Caño Azul	Alcantarilla doble de 36"	5	Vereda Buenos Aires del Mandúr
3	757160,1	588088,7	Caño Chonta	Alcantarilla doble de 36"	5	Vereda Las Villas
4	757992,6	588013,0	Caño Chonta	Alcantarilla doble de 36"	5	Vereda Las Villas
5	753756,5	588894,9	Caño Azul	Alcantarilla triple de 36"	5	Vereda Buenos Aires del Mandúr
6	753503,2	588715,9	Caño Azul	Alcantarilla doble de 36"	5	Vereda Buenos Aires del Mandúr
7	753453,4	586392,4	Quebrada Agua Clara	Alcantarilla triple de 36"	5	Vereda Buenos Aires del Mandúr
8	753021,5	585627,3	Quebrada Agua Clara	Alcantarilla triple de 36"	5	Vereda Buenos Aires del Mandúr
9	752787,1	585277,2	Quebrada Agua Clara	Alcantarilla doble de 36"	5	Vereda Buenos Aires del Mandúr

Tabla 4-51. Cruces accesos internos del APE

CUERPO DE AGUA ASOCIADO	FOTOGRAFÍA
Caño Azul	

Tabla 4-51. Cruces accesos internos del APE

CUERPO DE AGUA ASOCIADO	FOTOGRAFÍA
Caño Azul	
Caño Chonta	
Caño Chonta	

Tabla 4-51. Cruces accesos internos del APE

CUERPO DE AGUA ASOCIADO	FOTOGRAFÍA
Caño Azul	
Caño Azul	
Quebrada Agua Clara	

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NOGAL			
	Cap 4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1110	Versión: 1	

Tabla 4-51. Cruces accesos internos del APE

CUERPO DE AGUA ASOCIADO	FOTOGRAFÍA
Quebrada Agua Clara	

Igualmente, se requerirá la construcción de alcantarillas o box coulvert en drenajes intermitentes o canales de escorrentía que se forman debido a la geomorfología del área y que servirán para mantener la dinámica hídrica de la zona. De acuerdo a la ubicación de cada pozo y su respectiva vía de acceso, y cuando se tengan los diseños definitivos de la misma, se establecerá si se requiere la construcción de alcantarillas cada 250m en la vía para mantener la dinámica hídrica de la zona.

Con relación a la construcción de las líneas de flujo, para el cruce sobre cuerpos de agua, éstas irán de manera aérea sobre marcos “H” sin requerirse la ocupación del cauce; sin embargo, en caso que el cruce se realice de manera subsuperficial, se usará el DDV de las vías a construir, a adecuar o existentes, de acuerdo con las ocupaciones de cauce planteadas, sin necesitarse alguna adicional.

4.4.3 Descripción de materiales y obras típicas de construcción

Alcantarillas

Se requerirá el suministro, transporte, almacenamiento, manejo y colocación de tubería de 24" o 36" en concreto simple para la construcción de la alcantarilla, la cual comprende, además, la construcción del solado y las aletas en concreto de 3.000psi. El diseño tipo de las alcantarillas a construir se detalla en el Capítulo 7 – PMA del presente documento.

➤ **Materiales**

Tubería: Los tubos deberán ser elaborados con una mezcla homogénea de concreto de tal calidad que cumpla los requisitos de resistencia al aplastamiento y absorción, determinados de acuerdo con las normas de ensayo INV E-601 y E-602,

Elaborado por: S.V.R.M	Revisado por: C&MA	Aprobado por: PETRONOVA Colombia	Página 4-97
------------------------	--------------------	-------------------------------------	-------------

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NOGAL			
	Cap 4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1110	Versión: 1	

respectivamente. Cada tubo deberá tener una longitud entre ochenta centímetros y un metro (0,80 – 1,0 m) y sus extremos deberán estar diseñados de tal manera que se obtiene un encaje adecuado entre ellos, formando un conducto continuo con una superficie interior lisa y uniforme.

Material para solado y atraque: El solado y atraque para la tubería se ejecutarán en concreto simple.

Mortero o lechada: El mortero para las juntas de la tubería deberá estar constituido por una (1) parte de cemento Pórtland y tres (3) partes de arena para concreto, medidas por volumen en estado seco, con el agua necesaria para obtener una mezcla seca pero trabajable. Alternativamente, se podrá emplear una lechada espesa de cemento Pórtland.

Ejecución de los trabajos

Preparación del terreno base: Cuando el fondo de la tubería se haya proyectado a una altura aproximadamente igual o, eventualmente, mayor a la del terreno natural, éste se deberá limpiar, excavar, conformar y compactar, la compactación deberá ser, como mínimo, el noventa y cinco por ciento (95%) del proctor modificado.

Solado: Una vez preparada la superficie, se colocará el solado en un espesor no menor de quince centímetros (15cm) o establecido por el Interventor, empleando un concreto de 2.500psi.

Colocación de la tubería: La tubería se colocará mientras el concreto del solado esté fresco. El fondo de la tubería se deberá ajustar a la pendiente que actualmente tiene el terreno.

Juntas: Las juntas de los tubos deberán ser humedecidas completamente antes de hacer la unión con mortero. Previamente a la colocación del tubo siguiente, las mitades inferiores de las campanas o ranuras de cada tubo, deberán ser llenadas con mortero de suficiente espesor para permitir que la superficie interior de los tubos quede a un mismo nivel. Después de colocar el tubo, el resto de la junta se llenará con el mortero, usando una cantidad suficiente para formar un anillo exterior alrededor de la junta. El interior de la junta deberá ser limpiado y alisado.

Para las juntas con lechada de cemento, se deberán emplear moldes u otros medios aprobados por el Interventor, para retener la lechada vertida o bombeada.

Atraque: Tan pronto se hayan asentado los tubos en la mezcla, y una vez endurecido el mortero o la lechada de las juntas, se atracarán a los lados, con una mezcla igual a la utilizada en el solado, hasta una altura no menor de un cuarto (1/4) del diámetro exterior del tubo.

Aletas: Serán en concreto reforzado de 3.000psi con doble malla Q6.

Elaborado por: S.V.R.M	Revisado por: C&MA	Aprobado por: PETRONOVA Colombia	Página 4-98
------------------------	--------------------	-------------------------------------	-------------

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NOGAL			
	Cap 4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1110	Versión: 1	

Relleno: Una vez el atraque haya curado suficientemente, se efectuará el relleno con material seleccionado hasta lograr las cotas requeridas de la vía.

El Interventor se abstendrá de autorizar el empleo de tubos que presenten los siguientes daños:

- Fracturas o grietas que atraviesen la pared, excepto una grieta en el extremo que no exceda el espesor de la junta
- Defectos superficiales tales como hormigueros y textura abierta.
- Extremos dañados que impidan la construcción de juntas aceptables.
- Cualquier grieta continua que tenga un ancho en superficie igual o superior a tres décimas de milímetro (0,3mm) y se extienda en una longitud mayor de trescientos milímetros (300mm), en cualquier sitio del tubo.
- Timbre que no sea claro al colocarlos en posición vertical y golpearlos ligera y secamente con un martillo liviano.

Para determinar la sanidad del tubo, se colocará verticalmente y se golpeará con un martillo debiendo producirse un timbre metálico. Si ello no sucede o si en el tubo se advierten grietas u otros defectos de forma o dimensiones en exceso de los límites aceptados por esta especificación, se descartará y se reemplazará por una muestra adicional del mismo embarque que sea sana sin que dicho reemplazo implique costo alguno para la empresa.

Tabla 4-52. Especificaciones técnicas de tubos y alcantarillas

ÍTEM	OBSERVACIONES
Resistencia del Hormigón del tubo	$F'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$ (4.000psi)
Resistencia del acero del tubo	$F_y = 2800 \text{ Kg/cm}^2$ (40.000psi)
Cemento	Tipo Pórtland, con contenidos no inferiores a 350 Kg/m^3
Material del primer relleno	$1,8 \text{ ton/m}^3$, compactado con cualquier suelo que tenga un contenido de arcillas $LL > 50\%$.
Material del segundo relleno	Relleno compacto con material seleccionado de la excavación.
Base y atraque	Con dimensiones de acuerdo al diámetro del tubo y en el material que se especifique. Hormigón de $F'c = 140 \text{ Kg/cm}^2$, o material granular compactado en capas de 10 cm.
Aletas	Hormigón de $F'c = 140 \text{ Kg/cm}^2$

Fuente: Manual: obras de drenaje y protección de carreteras de la Secretaría de Obras Públicas de Antioquia.

Se recomienda fabricar la infraestructura en tubería de acero, ya que ésta presenta una opción más económica en su construcción y se adapta a las situaciones del área donde no se cuenta con sitios de extracción de material de construcción cercanos.

Elaborado por: S.V.R.M	Revisado por: C&MA	Aprobado por: PETRONOVA Colombia	Página 4-99
------------------------	--------------------	-------------------------------------	-------------

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NOGAL			
	Cap 4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1110	Versión: 1	

Box Coulvert

Son estructuras de sección rectangular construidas generalmente en concreto que se diseñan para conducir corrientes de agua y para dar continuidad a una vía de forma cómoda y segura.

Proceso Constructivo.

- ✓ **Localización y replanteo:** consiste en ubicar en el terreno los ejes y elementos correspondientes a la cimentación y la estructura que se va a construir, según los planos de diseño.
- ✓ **Desvío de la corriente:** esta tarea se puede realizar con mayor seguridad y eficiencia en época de menor precipitación, donde los caudales disminuyen y se facilita su manejo. La actividad se basa en construir un canal temporal para el desvío de la corriente a intervenir, de tal manera que permita realizar las actividades sin interrupciones del flujo. Es recomendable instalar trinchos y sacos rellenos de suelo para evitar la erosión lateral y el aporte de sedimentos a la corriente; así como seguir las recomendaciones hechas por la respectiva autoridad ambiental, en cuanto a la ocupación de cauce se refiere.
- ✓ **Preparación del Terreno:** consiste en realizar la excavación, perfilado y adecuación del terreno para la construcción de la cimentación.
- ✓ **Cimentación:** implica la construcción de placa, vigas o atraque en concreto ciclópeo con el objetivo de apoyar y transmitir las cargas de la propia estructura y las generadas por la vía y tránsito de vehículos.
- ✓ **Placa de fondo:** esta etapa consiste en el amarre del refuerzo en ambos sentidos según el diseño, instalación de la formaleta, vaciado y vibrado de concreto de 3.000 psi para conformar una placa maciza de espesor variable sobre la cual se construirán los muros del box. Se debe prever la instalación del acero de arranque para los muros.
- ✓ **Muros:** esta actividad consiste en el amarre del refuerzo, en la instalación, apuntalamiento y alineamiento de la formaleta, en el vaciado y vibrado de concreto de 3.000 psi para los muros que conforman el box. Luego de fundidos los muros se verificarán la verticalidad de los mismos.
- ✓ **Placa superior:** la actividad involucra, la instalación de la formaleta, el amarre del acero de refuerzo en ambos sentidos según los diseños, vaciado y vibrado de concreto de 3.000 psi, para conformar una placa de espesor variable que sirva de soporte a la estructura de la vía.
- ✓ **Aletas:** la labor consiste en la construcción de los muros de contención de los materiales de relleno laterales y estabilización de la banca.
- ✓ **Rellenos:** consiste en extender y compactar el material designado para la base y sub-base de la vía; así como los espacios conformados por las aletas de confinamiento por lo menos al 95% del proctor modificado.
- ✓ **Actividades de restauración:** se refiere a todas las labores de retiro y limpieza de los materiales sobrantes de construcción y aquellas involucradas con la respectiva señalización. En esta etapa se debe redirigir el flujo de la corriente hacia la estructura nueva y a su cauce original.

Elaborado por: S.V.R.M	Revisado por: C&MA	Aprobado por: PETRONOVA Colombia	Página 4-100
------------------------	--------------------	-------------------------------------	--------------

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NOGAL			
	Cap 4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1110	Versión: 1	

Puentes

Los puentes son estructuras que se diseñan y construyen con el objeto de dar continuidad a un sistema de conducción o transporte como por ejemplo una vía, sobre un obstáculo natural o artificial, generalmente representado por una corriente o una depresión topográfica. Los materiales más comunes usados en la construcción de puentes son acero estructural, concreto reforzado y en menor cantidad madera.

En general los puentes están conformados por dos partes básicas de la siguiente manera:

- **La Infraestructura:** es la parte que sirve de apoyo al puente y su función consiste en transmitir las cargas generadas a la cimentación. Está constituida por los apoyos extremos llamados estribos y los intermedios llamados pilas.
- **La Superestructura:** hace referencia a los elementos que se apoyan sobre los estribos y pilas y su función es servir de soporte y rodadura al flujo de operación (Vehículos, personas, animales), y transmitir las cargas a la infraestructura. Dichos elementos generalmente son vigas y losas o tableros continuos.

Los estribos son los apoyos extremos que tienen la función adicional de contener la tierra en los accesos del puente y son básicamente pilares con muros en los lados. En este tipo de puentes los estribos se pueden construir monolíticamente con la superestructura. Estos pueden ser en concreto reforzado de 3.000 psi. Los muros laterales que contienen el relleno del acceso deben tener la longitud adecuada para evitar la erosión y la pérdida del relleno, pueden construirse monolíticamente con el tronco y el muro de respaldo del estribo.

La losa del puente debe ser en concreto de 4.000 psi de espesor mínimo 0,20 cm y reforzada tanto longitudinalmente como transversalmente. La losa debe reforzarse transversalmente para distribuir las cargas vivas en forma lateral.

Se recomienda fabricar la infraestructura en tubería de acero, ya que esta presenta una opción más económica en su construcción, y se adapta a las situaciones donde no se cuenta con sitios de extracción de material de construcción cercano.

Los diseños tipo para las alcantarillas, box couvert y puentes en concreto se encuentra en el **capítulo 2. Descripción de las actividades del proyecto**

Elaborado por: S.V.R.M	Revisado por: C&MA	Aprobado por: PETRONOVA Colombia	Página 4-101
------------------------	--------------------	-------------------------------------	--------------

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NOGAL			
	Cap 4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1110	Versión: 1	

4.4.4 Impactos Ambientales Previsibles

Tabla 4-53. Impactos asociados a la ocupación de cauces

ACTIVIDAD	IMPACTOS	CARACTER	IMPORTANCIA AMBIENTAL
Construcción de obras de arte	Alteración de las propiedades fisicoquímicas del agua.	Negativo	MEDIA
	Modificación del patrón de drenaje natural	Negativo	MEDIA
	Obstrucción, desviación de cauces	Negativo	MEDIA
	Afectación a corredores biológicos	Negativo	MEDIA
	Cambio en la calidad de vida	Positivo	-----

Los impactos asociados a esta actividad pueden ser minimizados llevando a cabo un adecuado control durante su construcción especialmente en las técnicas empleadas y el manejo de disposición de materiales.

Estas obras generan un impacto positivo en el mejoramiento de las vías y la mitigación de contaminantes sobre los cuerpos de agua debido al paso de los vehículos sobre el cuerpo de agua directamente.

En general, las medidas de manejo a tener en cuenta para el desarrollo de la actividad se presentan en la **Ficha 10 “Manejo de cruces de cuerpos de agua” del capítulo 7 “PMA” del presente documento.**

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NOGAL			
	Cap 4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1110	Versión: 1	

4.5 MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

En caso que el material de corte y/o zonas de préstamo no sea apto para la conformación de las obras civiles del proyecto, el material para el terraplén y afirmado requerido se comprará a terceros debidamente legalizados del área.

En la región donde se encuentra el APE Canelo Nugal existen los siguientes sitios licenciados:

Tabla 4-54. Canteras licenciadas en el área de estudio

Municipio	Titular	Resolución
Villa Garzón	Juan Camilo Silva R.	Res. 1054 de 29 de Diciembre de 2008
Villa Garzón	Flor Marina Eusse	Res. 0788 de 2005
Puerto Asís (vereda Hong Kong)	José Ricardo Quijano (Asociación de mineros)	Solicitud EC7-104, por minería de hecho
Puerto Caicedo	Dídimo Montero	IGG-15301, minería de hecho, licencia en trámite, sitio El Paraíso
Puerto Guzmán	Fernández Mera Balastrera El Muelle "El Jauno"	Placa: LHK 14261 MAH: 16331

Fuente. C&MA Ltda.

Es importante aclarar que la compra del material no se limita a las canteras referidas anteriormente y que llegado el caso el material se podrá adquirir de otras canteras que cuenten con los permisos requeridos para este fin.

4.5.1 Volúmenes estimados de las vías de acceso y plataformas

Vías de acceso

Los estimativos de corte y relleno finales estarán dados por los levantamientos preliminares y los prediseños de obras civiles de las nuevas vías de acceso, los cuales no han sido establecidos en esta etapa del proyecto.

El corredor de las vías de acceso buscará inicialmente localizar el trazado de tal forma que se compensen los volúmenes de corte con los volúmenes de terraplén, con taludes de corte con inclinaciones adecuadas, de acuerdo al tipo de material y con alturas que garanticen la estabilidad general del corredor. Para tal fin se proyectó una línea de pendiente con un máximo de 10%.

De acuerdo con la geomorfología del área, la vía de acceso se proyecta en corte (conformación de terraplén) sobre una topografía plana a suavemente ondulada y por tal razón, las alturas de los taludes de corte no son considerables por cuanto la sub rasante se proyecta la misma topografía del terreno natural descapotado.

Elaborado por: S.V.R.M	Revisado por: C&MA	Aprobado por: PETRONOVA Colombia	Página 4-103
------------------------	--------------------	-------------------------------------	--------------

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NOGAL			
	Cap 4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1110	Versión: 1	

Las vías de acceso nuevas contarán con una capa de rodadura constituida por material de sub-base granular con espesor de 0,25m., instalando geo-celdas en el interface suelo-suelo granular, en toda el área de la vía ó 0,40m de sub base granular, instalando manto de empalizada y geo-textil tejido 2400 en el interface suelo-suelo granular. Para los movimientos de tierra para la construcción de vías de acceso se contempló un derecho de vía a descapotar de máximo 14 metros, incluyendo la zona de préstamo, terraplén de 1 metro de altura y un descapote con espesor de máximo 0,45 cm.

Tabla 4-55. Volúmenes de movimientos de tierra por longitud máxima de vías de acceso

VÍA	LONGITUD	DESCAPOTE (m ²)	CORTE (m ³)	TERRAPLEN (m ³)
Buenos Aires del Mandúr – Las Villas	5,08 Km	71.120	32.004	33.020
Buenos Aires del Mandúr – Nuevo Horizonte	5,94 Km	83.160	37.422	38.610
Vías de acceso directo a plataformas partiendo de las dos anteriores a construir (teniendo en cuenta una longitud máxima de 4 Km por locación * 5 plataformas)	20 Km	280.000	126.000	130.000
TOTAL	31,02 Km	434.280	195.426	201.630

Estos volúmenes presentados son aproximados; los volúmenes reales de movimientos de tierra de cada vía se determinarán al momento de que se conozcan las ubicaciones exactas de cada plataforma de perforación y se realice la ingeniería de detalle del pozo; estos volúmenes se presentarán en el plan de manejo ambiental de cada pozo.

Es importante aclarar que la vía que conduce de la vereda San Luis a la vereda Buenos Aires del Mandúr, solo será sujeta a actividades de adecuación, las cuales contemplan la ampliación de la banca a 4,5m, la aplicación y conformación con material de afirmado, la adecuación de obras de arte (alcantarillas) para el manejo de drenajes en donde sea necesario y la adecuación de los pontones de madera existentes en el cruce del caño El Porvenir, caño Timaná, quebrada El Águila y caño Azul.

Plataforma de perforación

El movimiento de tierras para la construcción de la plataforma dependerá de la geomorfología del área donde se ubiquen los pozos exploratorios. Los volúmenes exactos de material de corte y relleno requeridos para la construcción de las plataformas dependerán del área definitiva donde se ubicará la plataforma y se consignarán en el plan de manejo ambiental respectivo para cada pozo.

Elaborado por: S.V.R.M	Revisado por: C&MA	Aprobado por: PETRONOVA Colombia	Página 4-104
------------------------	--------------------	-------------------------------------	--------------

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NOGAL			
	Cap 4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1110	Versión: 1	

El material de descapote de material vegetal se estima realizarlo en un espesor mínimo de 10cm y máximo de 30cm lo que dará un volumen máximo de 21.000m³ de material sobrante por plataforma; este material se acordonará a un lado de cada plataforma y podrá ser utilizado en la revegetalización de los taludes y del área de cada plataforma.

En razón a que la topografía del área es relativamente plana, es decir no existen diferencias de niveles apreciables, se deben proyectar las plataformas en terraplén con material seleccionado. Las plataformas tendrán un área 70.000 m² cada una (incluyendo zona de préstamo y zona de manejo y disposición de cortes de perforación), con una capa de afirmado de mínimo 0,25m, instalando geo-celdas en el interface suelo-suelo granular, en toda el área de plataforma, donde operará el taladro, los campamentos y zonas de servicios generales.

Se realizó un apique exploratorio a 1,50 m de profundidad, para caracterizar el material del subsuelo en áreas de interés para la perforación y no se observó nivel freático, la característica del suelo superficial es de carácter francoarcilloso, perteneciente a los depósitos aluviales.

Debido al tipo de suelo que predomina en la zona y a las cargas que serán aplicadas en la plataforma, la recomendación final del estudio técnico de suelos es la construcción de un terraplén con relleno y suelo granular de mínimo 1m. Igualmente se recomienda instalar geoceldas, para garantizar aun más la estabilidad de la vía y la plataforma, disminuyendo así el espesor de la capa de afirmado.

Tabla 4-56. Movimientos de tierras para las plataformas de perforación (unalocación tipo)

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD
1	Descapote (plataforma 7 has)	m ³	21.000
2	Rellenos / Terraplén	m ³	15.300
3	Suministro, nivelación y conformación de material de afirmado	m ³	3.750
4	Suministro e instalación de geo-celdas	m ²	15.000
5	Suministro e instalación de geomembrana HR 500	m ²	1.500
6	Excavación de piscinas	m ³	895
7	Filtro Francés (Piscina)	ml	46
8	Excavación de estructuras	m ³	52
9	Relleno de estructuras	m ³	10
10	Excavación de zona de préstamo	m ³	15.292

Fuente: Ingeniería Básica para vías y plataformas, C&MA Ltda.

Elaborado por: S.V.R.M	Revisado por: C&MA	Aprobado por: PETRONOVA Colombia	Página 4-105
------------------------	--------------------	----------------------------------	--------------

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NOGAL			
	Cap 4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1110	Versión: 1	

4.5.2 Impactos ambientales previsible

Tabla 4-57. Impactos asociados a la extracción de material de afirmado

CAUSA	IMPACTOS	IMPORTANCIA AMBIENTAL
Extracción de material de afirmado	Activación de fenómenos de remoción en masa	BAJA
	Desestabilización de taludes	BAJA
	Activación de procesos erosivos	BAJA
	Cambios en la geoforma	BAJA
	Alteración de las propiedades fisicoquímicas del agua superficial	BAJA
	Obstrucción, desviación o desestabilización de cauces	BAJA

Estos impactos están relacionados con la actividad de extracción de material de arrastre, pero son considerados de importancia BAJA teniendo en cuenta que se trata de un sitio legalizado cuyos métodos de extracción deben ser apropiados.

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NOGAL			
	Cap 4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1110	Versión: 1	

4.6 APROVECHAMIENTO FORESTAL

En el área de interés exploratorio Canelo Nogal (municipio de Puerto Guzmán, departamento de Putumayo, jurisdicción de CORPOAMAZONÍA), las unidades de cobertura vegetal leñosa corresponden a las zonas de bosques fragmentados, bosques de galería, bosque denso, vegetación secundaria o en transición, mosaicos de cultivos, pastos y espacios naturales y pastos arbolados, las cuales podrán ser intervenidas por la construcción de obras civiles como vías de acceso y plataformas de perforación, dependiendo del lugar a realizar dichas actividades, y que representan el aprovechamiento forestal detallado en este numeral

Previo al inicio de las actividades de construcción se implementará el respectivo Plan de Manejo Ambiental para cada pozo exploratorio, en el cual se realizará el inventario forestal al 100% sobre las áreas puntuales a intervenir y éste permitirá establecer el volumen de material maderable a remover para cada actividad.

4.6.1 Unidades de cobertura vegetal

A continuación se presenta una pequeña descripción de las coberturas a intervenir para el desarrollo del proyecto exploratorio Canelo Nogal.

Tabla 4-58 Unidades de cobertura vegetal Área de interés exploratorio Canelo Nogal

COBERTURA DE LA TIERRA			SIMBOLO	DESCRIPCION GENERAL	AREA (Ha)	PORCENTAJE (%)
NIVEL 1	NIVEL 2	NIVEL 3				
Territorios agrícolas	Pastos	Pastos arbolados	Pa	Cobertura que incluye las tierras cubiertas con pastos en los cuales se ha estructurado potreros con presencia de árboles de altura superior a 5 metros, distribuidos en forma dispersa. Se encuentran Pasto panameño (<i>Cynodon plectostachyus</i>), Pasto puntero (<i>Hyparhenia rufa</i>), Pasto común (<i>Paspalum notatum</i>); asociados con árboles.	No cartografiable (incluida en la cobertura Mosaicos de pastos, cultivos y espacios naturales)	
	Áreas agrícolas heterogéneas	Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	M	Comprende las superficies del territorio ocupadas principalmente por coberturas de cultivos y pastos en combinación con espacios naturales importantes. El patrón de distribución de las zonas de cultivos, pastos y espacios naturales no pueden ser representados individualmente, con parcelas con tamaño mayor a 25 hectáreas.	462,41	6,70

Elaborado por: S.V.R.M	Revisado por: C&MA	Aprobado por: PETRONOVA Colombia	Página 4-107
------------------------	--------------------	----------------------------------	--------------

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NOGAL			
	Cap 4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1110	Versión: 1	

Tabla 4-58 Unidades de cobertura vegetal Área de interés exploratorio Canelo Nogal

COBERTURA DE LA TIERRA			SIMBOLO	DESCRIPCION GENERAL	AREA (Ha)	PORCENTAJE (%)
NIVEL 1	NIVEL 2	NIVEL 3				
Bosques y áreas semi-naturales	Bosques	Bosque denso	Bd	Cobertura constituida por una comunidad vegetal dominada por elementos típicamente arbóreos, los cuales forman un estrato de copas (dosel) más o menos continuo cuya área de cobertura arbórea representa más de 70% del área total de la unidad, y con altura del dosel superior a cinco metros.	4407,35	63,86
		Bosque fragmentado	Bf	Comprende los territorios cubiertos por bosques densos o abiertos cuya continuidad horizontal está afectada por la inclusión de pastos, cultivos o vegetación en transición, las cuales deben representar entre el 5% y el 30% del área de la unidad de bosque.	1679,15	24,33
		Bosque de galería	Bg	Son manchas de bosque distribuidos a lo largo del río Mandúr, que drenan la planicie aluvial del área de estudio. El sotobosque está representado por algunos arbustos, bejucos y especies herbáceas. La vegetación está adaptada a inundaciones periódicas. La vegetación protectora está constituida por las familias Meliáceas, Moráceas, Acanthaceas y Mimosáceas.	No cartografiable, (incluida en la cobertura de bosques fragmentados)	
	Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva	Vegetación secundaria o en transición	Vs	Comprende aquella cobertura vegetal originada por el proceso de intervención y sucesión de la vegetación natural, o por la destrucción de la vegetación primaria, que puede encontrarse en recuperación tendiendo al estado original. Alcanzan características estructurales y florísticas en un lapso de tiempo relativamente corto.	352,67	5,11

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NOGAL			
	Cap 4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1110	Versión: 1	

Tabla 4-58 Unidades de cobertura vegetal Área de interés exploratorio Canelo Nogal

COBERTURA DE LA TIERRA			SIMBOLO	DESCRIPCION GENERAL	AREA (Ha)	PORCENTAJE (%)
NIVEL 1	NIVEL 2	NIVEL 3				
Superficies de agua	Aguas continentales	Ríos	R	Un río es una corriente natural de agua que fluye con continuidad, posee un caudal considerable y desemboca en el mar, en un lago o en otro río. Se considera como unidad mínima cartografíale aquellos ríos que presenten un ancho del cauce mayor o igual a 50 metros. En el área se encuentran el Río Mandúr.	No cartografiable (menor a 50 metros de ancho)	
TOTAL					6901,58	100

Fuente: Informe aprovechamiento forestal. C&MA Ltda., 2011.

La descripción de las unidades de vegetación mencionadas anteriormente y la caracterización florística de las mismas se detalla en el **capítulo 3 – Línea base socio-ambiental** del presente EIA.

4.6.2 Caracterización florística

Para el inventario forestal se realizaron inventarios florísticos en puntos representativos para la caracterización de las coberturas presentes en el área de interés exploratorio Canelo Nogal. Para esta actividad se siguió la metodología propuesta en las guías técnicas del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT), metodología que se describe a continuación:

La composición florística y el análisis estructural de la vegetación se realizó mediante inventario forestal de las unidades de cobertura de bosque fragmentado, bosque denso, vegetación secundaria o en transición, mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales y pastos arbolados. Para la cobertura vegetal arbórea, se realizó el montaje de diecinueve (19) parcelas en el municipio de Puerto Guzmán; es decir se realizaron cinco (5) parcelas para bosque denso alto: 1 en la vereda El Porvenir y 4 en la vereda Buenos Aires del Mandúr de (100m*10m), cuatro (4) parcelas tanto para bosque denso bajo y para bosque fragmentado de (50m*20m) cada una en las veredas Buenos Aires del Mandúr, El Porvenir San Luis y Nueva Unión, tres (3) parcelas en vegetación secundaria o en transición en las veredas Nueva Unión, La Estrella y Buenos Aires del Mandúr y tres (3) parcelas en pastos arbolados de (50m*20m): 2 en la vereda Buenos Aires del Mandúr y 1 en la vereda San Luis. La ubicación de las parcelas de muestreo o las Unidades de muestreo Forestal (UMF) se presentan en la Tabla 4-59 y en el **Anexo J: Cartografía - C&MA-PTN-AMB-1110 – 08 -11/24**

Elaborado por: S.V.R.M	Revisado por: C&MA	Aprobado por: PETRONOVA Colombia	Página 4-109
------------------------	--------------------	----------------------------------	--------------

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NOGAL			
	Cap 4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1110	Versión: 1	

Tabla 4-59. Localización de parcelas inventariadas

PARCELA	COBERTURA VEGETAL	COORDENADAS ORIGEN BOGOTA DATUM MAGNA SIRGAS	
		NORTE	ESTE
UMF 1	Bosque denso alto	592178	756020
UMF 2	Bosque denso alto	585998	753659
UMF 3	Bosque denso alto	588914	757000
UMF 4	Bosque denso alto	588465	755601
UMF 5	Bosque denso alto	586019	753438
UMF 6	Bosque denso bajo	587792	752271
UMF 7	Bosque denso bajo	587488	752890
UMF 8	Bosque denso bajo	592381	755532
UMF 9	Bosque denso bajo	588712	754617
UMF 10	Bosque fragmentado	594700	752977
UMF 11	Bosque fragmentado	592876	753119
UMF 12	Bosque fragmentado	591933	753736
UMF 13	Bosque fragmentado	592291	752834
UMF 14	Vegetación secundaria o en transición	593086	752814
UMF 15	Vegetación secundaria o en transición	595608	756982
UMF 16	Vegetación secundaria o en transición	590031	753711
UMF 17	Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales / Pastos arbolados	595191	752799
UMF 18	Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales / Pastos arbolados	588147	753563
UMF 19	Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales / Pastos arbolados	591476	753995

Fuente: C&MA Ltda, Trabajo de Campo, 2011.

En cada una de estas parcelas se realizaron los siguientes inventarios: identificación de Fustales en transeptos de (100m*10m) o (50m*20m), dentro de éstos se muestrearon subparcelas de 5m*5m para Latizales y parcelas de 2m*2m para el respectivo inventario forestal de Brinzales (Figura 4-22).

Elaborado por: S.V.R.M	Revisado por: C&MA	Aprobado por: PETRONOVA Colombia	Página 4-110
------------------------	--------------------	----------------------------------	--------------

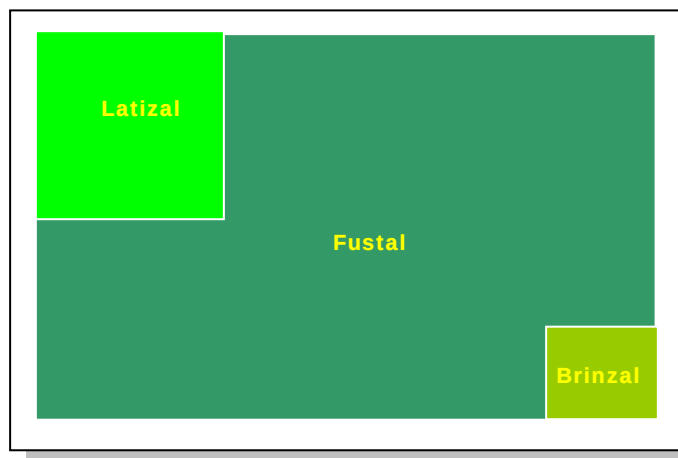


Figura 4-22. Diseño de parcelas para la caracterización vegetal de las coberturas

En la parcela de (100m*10m) o (50m*20m), se inventariaron todos los individuos existentes con DAP superiores a 10cm (Diámetro a la altura del pecho a 1,30 m del suelo) a los cuales se les midió el DAP y se marcaron con números consecutivos (Fotografía 4-8), se estimó la altura total y comercial de los individuos, diámetro de copa, se identificaron las especies con su nombre común, y también se tomó información respecto a los usos de las especies por parte de los habitantes de la región.



Fotografía 4-8. Delimitación de la parcela, Identificación y Medición de DAP de fustal

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NOGAL			
	Cap 4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1110	Versión: 1	

4.6.2 Áreas y volúmenes de aprovechamiento

Área de aprovechamiento

De acuerdo con la cobertura vegetal del área de interés exploratorio Canelo Nogal, durante la construcción de vías, plataformas para pozos, y demás infraestructura asociada al proyecto, se intervendrán zonas con cobertura vegetal de bosque fragmentado, bosque denso, bosque de galería, vegetación secundaria o en transición, mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales y pastos arbolados.

Las coberturas de bosque de galería y pastos arbolados no fueron cartografiables debido a que se encontró que éstas ocupan áreas menores a 25 hectáreas dentro del área del proyecto, por lo tanto su caracterización estructural y cálculo de volumen maderable se incluyó dentro de la caracterización de las coberturas de bosques fragmentados y mosaicos de cultivos, pastos y espacios naturales, respectivamente.

Según las actividades exploratorias a desarrollar en el área Canelo Nogal, en la Tabla 4-60 se presenta el cálculo estimado del área a intervenir sobre cualquiera de las coberturas vegetales identificadas en la zona de estudio, por la construcción de las diferentes obras civiles que se citan a continuación:

Tabla 4-60. Área a intervenir en el APE Canelo Nogal para construcción de plataformas

OBRA CIVIL	ÁREA UNITARIA (ha)	CANTIDAD	ÁREA TOTAL (ha)
Plataformas multipozo	7	5	35

Fuente: C&MA Ltda., 2011.

Tabla 4-61. Área a intervenir en el APE Canelo Nogal para construcción de vías de acceso

TRAYECTO DE VÍA	LONGITUD (Km)	ANCHO DE OBRA (m)	ÁREA TOTAL (ha)
Buenos Aires del Mandúr – Las Villas	5,08 Km	14	7,11
Buenos Aires del Mandúr – Nuevo Horizonte	5,94 km	14	8,31
Vías de acceso directo a plataformas partiendo de las dos anteriores a construir (teniendo en cuenta una longitud máxima de 4 Km por locación * 5 plataformas)	20 km	14	28
TOTAL			43,42

Fuente: C&MA Ltda., 2011.

Elaborado por: S.V.R.M	Revisado por: C&MA	Aprobado por: PETRONOVA Colombia	Página 4-112
------------------------	--------------------	----------------------------------	--------------

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NOGAL			
	Cap 4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1110	Versión: 1	

En total el proyecto exploratorio en el área de interés Canelo Nogal tendrá una intervención máxima de 78,42 hectáreas, tanto para las vías a adecuar, a construir y las plataformas multipozo.

Volumen de aprovechamiento

En la Tabla 4-62 se presentan los factores de volúmenes de aprovechamiento forestal para cada tipo de cobertura.

Tabla 4-62. Factor de volúmenes por tipo cobertura vegetal

VOLUMENES DE LAS COBERTURAS VEGETALES	FACTOR DE VOLUMEN POR CADA TIPO DE COBERTURA
	100 %
Bosque fragmentado (Volumen total m ³ /ha)	135,75
Bosque denso alto(Volumen total m ³ /ha)	836,2
Bosque denso bajo (Volumen total m ³ /ha)	249,1
Vegetación secundaria (rastroy alto y bajo) (Volumen total m ³ /ha)	69,13
Fustales en mosaicos de pastos, cultivos y espacios naturales (Volumen total m ³ /ha)	40,107

Fuente: C&MA Ltda, Enero 2011

Para determinar los volúmenes de cobertura vegetal leñosa a remover por las actividades del proyecto no se tendrán en cuenta los bosques de galería para la construcción de plataformas, ya que solo podrán ser intervenidos por la construcción de vías y líneas de flujo.

Con el propósito de establecer un volumen máximo de aprovechamiento forestal por la construcción de plataformas, se analizó la condición más crítica de remoción de cobertura leñosa por esta actividad, la cual correspondería a una intervención en área de un 100% en bosque denso alto para la construcción de las 5 plataformas de 7 has cada una, siendo de esta forma se tendría un volumen máximo maderable a remover de 29.267 m³, dentro del desarrollo de todo el proyecto exploratorio.

Es importante aclarar que estos volúmenes se calculan bajo la condición más crítica del proyecto y los valores reales y específicos se presentarán en el plan de manejo ambiental de cada pozo, al momento de conocer las ubicaciones exactas de los mismos y realizar el inventario al 100% de la cobertura vegetal a intervenir, con lo cual se calcularán las compensaciones del proyecto por volumen real removido, teniendo en cuenta además que para la construcción de vías y plataformas se dará prelación a la intervención de zonas de mosaicos de pastos, cultivos y espacios naturales y pastos arbolados.

Elaborado por: S.V.R.M	Revisado por: C&MA	Aprobado por: PETRONOVA Colombia	Página 4-113
------------------------	--------------------	----------------------------------	--------------

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NOGAL			
	Cap 4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1110	Versión: 1	

Para la determinación del cálculo de aprovechamiento forestal por la construcción de las vías de acceso, se definieron los volúmenes de acuerdo con la distribución porcentual de cada tipo de cobertura vegetal existente en el área de influencia directa del proyecto. Con respecto a lo anterior se obtiene que el 6,70% (462,41ha) del APE Canelo Nogal está representado por una cobertura vegetal de mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales, el 24,33% (1679,15ha) por bosques fragmentados, el 63,86% (4407,35ha) por bosque denso, el cual tiene un factor de dominancia direccionado hacia el bosque denso alto con un 70% (3085,15 ha) de esta cobertura y el 30% (1322,21ha) restante del área de esta cobertura corresponde a bosque denso bajo, y finalmente el 5,11% (352,67ha) corresponde a vegetación secundaria y en transición, lo cual nos da inferencia para proyectar un aprovechamiento estimado por la construcción de vías, teniendo en cuenta la distribución espacial de cada cobertura.

Tabla 4-63. Factor de volúmenes por tipo cobertura vegetal

ÁREA TOTAL DE INTERVENCIÓN POR CONSTRUCCIÓN DE VÍAS (ha)	FACTOR DE VOLUMEN POR CADA TIPO DE COBERTURA (m ³ /ha)	DISTRIBUCIÓN DE PORCENTAJES POR COBERTURA (%)	VOLUMEN TOTAL POR COBERTURA (m ³)	TOTAL DE VOLUMEN MADERABLE ESTIMADO A REMOVER POR CONSTRUCCIÓN DE VÍAS (m ³)
43,42	BDa= 836,2	44,702	16.230,31	20.006,56
	BDb = 249,1	19,158	2.072,11	
	BF= 135,75	24,33	1.434,07	
	VS= 69,13	5,11	153,38	
	M= 40,107	6,7	116,68	

Es importante aclarar que en el plan de manejo ambiental de cada pozo, cuando se determine la ubicación exacta de los pozos a perforar, se realizará el inventario al 100% de la cobertura vegetal real a intervenir por las vías de acceso y con base en este volumen real se determinará la compensación a realizar, además las vías de acceso buscarán siempre intervenir en su menor proporción la vegetación de alto vigor vegetativo, dándole prelación a diseños de vías que transiten principalmente por pastos, cultivos y potreros.

El volumen total de aprovechamiento forestal para el proyecto se presenta en la Tabla 4-64.

Tabla 4-64. Volumen máximo de aprovechamiento forestal por el proyecto

ACTIVIDAD	VOLUMEN A REMOVER (m ³)
Construcción de plataformas	29.267
Construcción de vías	20.006,56
TOTAL	49.273,56

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NOGAL			
	Cap 4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1110	Versión: 1	

El volumen de aprovechamiento forestal total para el desarrollo de todas las actividades del proyecto exploratorio en el APE Canelo Nogal será máximo de 49.273,56 m³.

4.6.4 Análisis estadístico

El cálculo de las unidades de muestreo para cada uno de los tipos de cobertura se realizó con base al error máximo requerido, si se quería alcanzar un error inferior al 15% con un nivel de confianza del 95%; para lo que se siguió la Metodología General para la presentación de Estudios Ambientales (MAVDT 2010). Se realizó un pre-muestreo preeliminar de baja intensidad donde se estimó primero la desviación estándar y la media poblacional, lo que me permitió calcular el coeficiente de variación de la población que vamos a muestrear. Luego, se calculó el número de unidades de muestreo a evaluar en el campo.

Número de parcelas:

$$n = t^2(CV)^2 / (E\%)^2$$

Donde,

t = es un valor de la t-student definido a una significancia alpha (α) y con n-1 grados de libertad

CV = Coeficiente de variación estimado

E% = Error de muestreo máximo permitido a un nivel de confiabilidad del 95%

Cálculo del error de muestreo

Para estimar el error de muestreo, el cual nos indica el intervalo de confianza en el que se encuentra el promedio de la población a una probabilidad deseada previamente definida, se realizó el análisis estadístico correspondiente para determinar los parámetros de las unidades muestreadas.

Por la unidad de cobertura vegetal de Bosque fragmentado se realizó un inventario forestal utilizando parcelas rectangulares de 20x50m (1000m²), las cuales fueron seleccionadas mediante el método de muestreo estratificado al azar. Se realizaron cuatro (4) parcelas para la categoría fustal (DAP ≥ 10 cm). Dentro de cada parcela se realizó el inventario de los individuos latizales con DAP entre 2.5 y 9.9 cm, en un área de 25 m². El área total de muestreo para fustales fue de 4.000 m² y para latizales de 100 m². El cálculo del Error de muestreo (%) para el bosque fragmentado, se puede ver en la Tabla 4-65.

Elaborado por: S.V.R.M	Revisado por: C&MA	Aprobado por: PETRONOVA Colombia	Página 4-115
------------------------	--------------------	-------------------------------------	--------------

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NOGAL			
	Cap 4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1110	Versión: 1	

Tabla 4-65. Cálculo del error de muestreo para Bosque fragmentado

UNIDAD DE MUESTREO FORESTAL	VOLUMEN TOTAL (m ³)	VOLUMEN AL CUADRADO
1	25,853	668,38
2	24,941	622,05
3	23,237	539,96
4	28,688	823,00
TOTAL	102,719	2653,39
PARÁMETROS ESTADÍSTICOS		
Número de parcelas (n)	4	
Valor de la media (X)	25,679	
Desviación estándar (S)	1,194	
Coeficiente de variación CV (%)	4,6	
Error estándar de la media (SX)	0,597	
Error de muestreo (E%)	7,4	

Fuente: C&MA Ltda, 2011.

Para el bosque denso alto se realizó un inventario forestal utilizando parcelas rectangulares de 10x100m (1000m²), las cuales fueron seleccionadas mediante el método de muestreo estratificado al azar. Se realizaron cinco (5) parcelas para la categoría fustal (DAP ≥ 10 cm). Dentro de cada parcela se realizó el inventario de los individuos latizales con DAP entre 2.5 y 9.9 cm, en un área de 25 m². El área total de muestreo para fustales fue de 5.000 m² y para latizales de 125 m². El cálculo del Error de muestreo (%) para el bosque denso alto, se puede ver en la Tabla 4-66

Tabla 4-66 Cálculo del error de muestreo para Bosque denso alto

UNIDAD DE MUESTREO FORESTAL	VOLUMEN (m ³)	VOLUMEN AL CUADRADO
1	105,277	11083,246
2	109,986	12096,920
3	102,364	10478,388
4	106,948	11437,874
5	102,203	10445,453
TOTAL	526,778	55541,883
PARAMETROS ESTADÍSTICOS		
Número de parcelas (n)	5	
Valor de la media (X)	105,355	
Desviación estándar (S)	3,274	
Coeficiente de variación CV (%)	3,10	
Error estándar de la media (SX)	1,464	
Error de muestreo (E%)	3,8	

Fuente: C&MA Ltda, 2011.

En el Bosque denso bajo se realizó un inventario forestal utilizando parcelas rectangulares de 20x50m (1000 m²), las cuales fueron seleccionadas mediante el método de muestreo estratificado al azar. Se realizaron cuatro (4) parcelas para la categoría fustal (DAP ≥ 10 cm). Dentro de cada parcela se realizó el inventario de los individuos latizales con DAP entre 2.5 y 9.9 cm, en un área de 25 m². El área total de

Elaborado por: S.V.R.M	Revisado por: C&MA	Aprobado por: PETRONOVA Colombia	Página 4-116
------------------------	--------------------	----------------------------------	--------------

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NOGAL			
	Cap 4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1110	Versión: 1	

muestreo para fustales fue de 4.000 m² y para latizales de 100 m². El cálculo del Error de muestreo (%) para el bosque denso bajo, se puede ver en la Tabla 4-67

Tabla 4-67. Cálculo del error de muestreo para Bosque denso bajo

UNIDAD DE MUESTREO FORESTAL	VOLUMEN (m ³)	VOLUMEN AL CUADRADO
1	40,288	1623,123
2	32,293	1042,838
3	41,458	1718,766
4	37,131	1378,711
TOTAL	151,17	5763,438
PARAMETROS ESTADISTICOS		
Número de parcelas (n)	4	
Valor de la media (X)	37,792	
Desviación estándar (S)	4,096	
Coeficiente de variación CV (%)	10,8	
Error estándar de la media (SX)	2,048	
Error de muestreo (E%)	14,2	

Fuente: C&MA Ltda, 2011.

Para la vegetación secundaria o en transición se realizó un inventario forestal utilizando parcelas rectangulares de 20x50m (1000 m²), las cuales fueron seleccionadas mediante el método de muestreo estratificado al azar. Se realizaron tres (3) parcelas para la categoría fustal (DAP ≥ 10 cm). Dentro de cada parcela se realizó el inventario de los individuos latizales con DAP entre 2.5 y 9.9 cm, en un área de 25 m². El área total de muestreo para fustales fue de 3.000 m² y para latizales de 75 m². En la Tabla 4-68 se observa el cálculo del error de muestreo (%) para la vegetación secundaria o en transición.

Tabla 4-68. Cálculo del error de muestreo para la vegetación secundaria o en transición

UNIDAD DE MUESTREO FORESTAL	VOLUMEN (m ³)	VOLUMEN AL CUADRADO
1	15,142	229,280
2	15,092	227,768
3	18,444	340,181
TOTAL	48,678	797,230
PARAMETROS ESTADISTICOS		
Número de parcelas (n)	3	
Valor de la media (X)	16,226	
Desviación estándar (S)	1,921	
Coeficiente de variación CV (%)	11,8	
Error estándar de la media (SX)	1,10	
Error de muestreo (E%)	14,7	

Fuente: C&MA Ltda, 2011.

En la cobertura de pastos arbolados se realizó un inventario forestal utilizando parcelas rectangulares de 20x50m (1000 m²), las cuales fueron seleccionadas mediante el

Elaborado por: S.V.R.M	Revisado por: C&MA	Aprobado por: PETRONOVA Colombia	Página 4-117
------------------------	--------------------	----------------------------------	--------------

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NOGAL			
	Cap 4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1110	Versión: 1	

método de muestreo estratificado al azar. Se realizaron tres (3) parcelas para la categoría fustal ($DAP \geq 10$ cm). Dentro de cada parcela se realizó el inventario de los individuos latizales con DAP entre 2.5 y 9.9 cm, en un área de 25 m². El área total de muestreo para fustales fue de 3.000 m² y para latizales de 75 m². En la Tabla 4-69 se observa el cálculo del error de muestreo (%) para los pastos arbolados.

Tabla 4-69 Cálculo del Error de muestreo para mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales / pastos arbolados

UNIDAD DE MUESTREO FORESTAL	VOLUMEN (m ³)	VOLUMEN AL CUADRADO
1	6,099	37,198
2	7,808	60,965
3	8,826	77,898
TOTAL	22,733	176,061
PARAMETROS ESTADÍSTICOS		
Número de parcelas (n)	3	
Valor de la media (X)	7,577	
Desviación estándar (S)	1,378	
Coficiente de variación CV (%)	18,1	
Error estándar de la media (SX)	0,79	
Error de muestreo (E%)	4,5	

Fuente: C&MA Ltda, 2011.

El inventario forestal presentó un error de muestreo inferior al 15% (bosque fragmentado de 7,4%; bosque denso alto de 3,8%, bosque denso bajo de 14,2%, vegetación secundaria o en transición de 14,7% y mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales y pastos arbolados de 4,5%); con una probabilidad del 95%.

Los parámetros hallados son menores al exigido por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial MAVDT en los términos de referencia HI-TER-1-02, el cual establece que para la realización del inventario forestal, el muestreo debe contar con un nivel de probabilidad del 95% y un error de muestreo no superior al 15%; por lo tanto el error de muestreo calculado se encuentra dentro del rango permisible para inventarios forestales y la intensidad de muestreo es aceptada.

4.6.5 Técnicas de remoción y destino final del producto del aprovechamiento

La primera actividad a realizar en el proceso de aprovechamiento es la marcación de los individuos a aprovechar, esta marcación se debe hacer después de cruzar los diseños de las vías de acceso y plataformas de exploración, con la vegetación existente, posteriormente se deben demarcarlos individuos con DAP mayor a 10cm, para así dar inicio a las labores de apeo.

Elaborado por: S.V.R.M	Revisado por: C&MA	Aprobado por: PETRONOVA Colombia	Página 4-118
------------------------	--------------------	----------------------------------	--------------

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NOGAL			
	Cap 4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1110	Versión: 1	

Tala dirigida

Consiste en el apeo de los árboles en una dirección deseada para procesarlo, o que queden en una posición conveniente para el arrastre. La dirección final depende de varios factores, entre ellos, la dirección natural de caída y las posibilidades de minimizar los daños a otros árboles y reducir el riesgo de los operarios.

El operario determina la dirección de caída y realiza el corte en dos etapas. Primero el corte de caída, un corte en forma de cuña hasta 1/5 o 1/4 del diámetro, el cual determina la dirección del volteo. El segundo corte lo hace en forma transversal desde el lado opuesto del primero y en forma ligeramente descendente, llegando hasta unos centímetros sobre el corte de caída.

Generalmente al ejecutar el segundo corte el motosierrista deja una primera porción del fuste sin cortar, como medida de seguridad para mantener para mantener la posición del árbol hasta que termine el corte. Una vez talado el árbol, el operario elimina las ramas del fuste y descopan los árboles, para facilitar la operación de amarre de los fustes.

El corte dirigido es un método de apeo que señala la dirección que debe tomar el árbol al caer. Para hacer este corte se necesita hacer una cuña de madera que forme un ángulo de 45° y que no penetre en más de una cuarta parte el diámetro del árbol. Los aspectos más importantes a considerar en esta actividad son las características del árbol como son:

Árboles con pudrición central: es muy común encontrar árboles con el duramen atacado por insectos, por lo tanto es muy difícil dirigir la caída, pues la bisagra no funciona en la forma más apropiada y el árbol puede quedar sin ningún control a pesar del empleo de las cuñas.

Apeo de árboles cuando hay viento: es de cuidado cuando el árbol presenta buena copa, pues el viento puede hacer inclinar el árbol en la misma dirección de caída.

Árboles con Bambas: se presenta gran dificultad para hacer los cortes de caída y de dirección ya que la posibilidad de emplear las cuñas es mínima.

Árboles inclinados: está se encuentra determinada por su inclinación natural o hacia el lado donde se encuentran las ramas más pesadas. Cuando estos árboles se encuentran muy inclinados se necesita la ayuda de palancas para facilitar el volteo del mismo.

En ocasiones es necesario cambiar la dirección de caída para evitar perjuicios a los operarios o a los demás árboles. Por lo tanto el operario debe mirar la dirección natural de caída y luego definir en qué dirección se puede dirigir.

Para asegurar el éxito de la tala, se debe prevenir accidentes de trabajo e impactos sobre la vegetación adyacente. Los árboles deben ser sometidos a labores de preparación, realizando las siguientes actividades:

Elaborado por: S.V.R.M	Revisado por: C&MA	Aprobado por: PETRONOVA Colombia	Página 4-119
------------------------	--------------------	-------------------------------------	--------------

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NOGAL			
	Cap 4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1110	Versión: 1	

- Limpiar el fuste del árbol de lianas.
- Limpiar la base del fuste del árbol de vegetación arbustiva que pueda dificultar las labores y tránsito de los trabajadores forestales.
- Limpiar el fuste de termitas o de nidos de otros insectos, que en el momento de la tala puedan perturbar al motosierrista.
- Colocar las herramientas de trabajo en sentido opuesto a la caída del árbol.
- Constatar que la dirección de caída es la apropiada y que no existen riesgos de accidente.
- Definir las rutas y caminos de escape.

Troceo

El troceo consiste en seccionar el fuste en trozas de dimensiones prefijadas para facilitar el arrastre y posterior transporte. El tipo y potencia de la maquinaria de arrastre, define en gran medida, el tamaño de las trozas a extraer. Hay que tener presente que las maderas pesadas se manejan más fácil con dimensiones menores.

El tipo de corte más apropiado se escoge después de determinar las dimensiones y dificultad que cada troza presenta, las curvaturas hacia abajo o hacia arriba que provocan zonas de tensión y compresión, y el terreno donde descansa la troza.

La maquinaria que se utilizará para el aprovechamiento será sencilla y liviana. El aserrador utilizará motosierra para el apeado, descopado, troceado y aserrado del árbol e igualmente porque las condiciones económicas y físicas del área no permiten utilizar otro tipo de maquinaria. Así mismo esta herramienta aparte del desperdicio que ocasiona por falta de adiestramiento del operario no causa mayor impacto ambiental. Aparte de la motosierra, en los sitios del apeo del árbol se utilizarán machetes, cuñas, porras.

Operaciones de extracción

La saca es el proceso de transporte de los árboles, rollizos o trozas desde la zona de corta hasta la zona de carga parcial, donde serán apilados para su transporte al destino final.

En esta práctica de aprovechamiento forestal se utiliza sistema de saca, por vía terrestre, mediante tracción animal o con un tractor de oruga, para el transporte menor de madera hasta las zonas de apilado menor. Para el transporte mayor será necesario un camión de estacas para el transporte de trozas mayores, de las zonas de apilado menor hasta donde sea necesario.

Destino final de los productos del aprovechamiento

De acuerdo a los artículos 5 del capítulo II y 12 del capítulo IV del decreto 1791 de 1996 el producto forestal no será comercializado, ya que el proyecto tendrá una utilidad de interés público nacional, por lo tanto la madera será utilizada en el desarrollo de actividades propias de la construcción del proyecto.

Lo obtenido de la extracción de material vegetal desde madera hasta el aserrín y las hojas, serán utilizados por el proyecto en la medida de lo necesario. Siendo posibles usos:

Elaborado por: S.V.R.M	Revisado por: C&MA	Aprobado por: PETRONOVA Colombia	Página 4-120
------------------------	--------------------	-------------------------------------	--------------

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NOGAL			
	Cap 4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1110	Versión: 1	

Madera: La madera rolliza y dimensionada puede ser utilizada en el establecimiento de campamentos y como soporte temporal de diversas estructuras utilizadas para la construcción de las vías y las plataformas. Al ser un material resistente y de fácil manipulación, sería de gran ayuda en aspectos de estructuras para obras de conservación y civiles, tales como trinchos, pilotes, puentes, obras de contingencia y corrección del suelo.

Aserrín: Puede ser utilizado para prevenir accidentes con la maquinaria en la fuga de aceite, ya que ayudaría a absorberlo. También puede ser utilizado como material que amortigüe ciertos impactos de la maquinaria sobre el suelo.

Hojas, ramas y raíces producto del desmonte: Se recogerá todo el material vegetal para su adecuado secado y descomposición, con el fin conformar una capa de materia orgánica que aporte nutrientes al suelo, ubicándolos sobre terraplenes, taludes y áreas compensatorias que vayan a ser revegetalizadas.

4.6.6 Impactos ambientales previsibles

Tabla 4-70. Impactos asociados al aprovechamiento forestal

ACTIVIDAD	IMPACTOS	IMPORTANCIA AMBIENTAL
Desmonte y descapote	Pérdida de la capa orgánica del suelo	ALTA
	Activación de procesos erosivos	MEDIA
	Remoción de cobertura vegetal	ALTA
	Afectación a comunidades faunísticas terrestres y avifauna	MEDIA
	Afectación a especies amenazadas	MEDIA
	Afectación a corredores biológicos	MEDIA
	Modificación del paisaje	MEDIA
	Cambio en el uso del suelo	MEDIA

Para la remoción de la cobertura vegetal aprovechable se deberán seguir las medidas de manejo ambiental establecidas en el **Plan de Manejo Ambiental (capítulo 7) – Ficha 16. Desmonte y descapote**, del presente documento.

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NOGAL			
	Cap 4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1110	Versión: 1	

4.7 RESIDUOS SÓLIDOS

4.7.1 Identificación

En la perforación de cada uno de los pozos exploratorios se producen residuos sólidos de dos tipos: domésticos e industriales. Los domésticos están conformados principalmente por: papel, plásticos, madera, metales, vidrio, textiles, desechos de comida, etc. Los residuos industriales son los generados en la operación y mantenimiento de todos los equipos de perforación, cuyos principales componentes son: cortes de perforación, filtros usados, baterías, chatarra, residuos químicos, canecas y textiles de más contaminados.

Para el adecuado manejo de los residuos sólidos domésticos deberá tenerse en cuenta la separación de los residuos reciclables, no reciclables / no biodegradables, orgánicos y especiales, con el fin de facilitar su manejo y disposición.

Las medidas presentadas a continuación se deberán aplicar en las actividades de adecuación y construcción de obras civiles y de infraestructura (vías de acceso, líneas de flujo, líneas eléctricas, facilidades de producción, sitios de tratamiento de residuos, entre otras), perforación exploratoria y pruebas de producción.

4.7.2 Residuos sólidos domésticos

El manejo y disposición de los residuos sólidos de cada pozo exploratorio a perforar se realizará de la siguiente manera:

Tabla 4-71. Manejo de los residuos sólidos domésticos

SEGREGACIÓN EN LA FUENTE	RECOLECCIÓN	TRATAMIENTO Y DISPOSICIÓN FINAL
Residuos orgánicos Caneca de color NEGRO	Son los residuos alimenticios correspondientes a restos de comida: cáscaras de frutas y demás, provenientes del casino y de las áreas de alimentación	Estos residuos podrán ser entregados a la comunidad para el levante de especies menores teniendo en cuenta lo establecido en la Resolución 2341 del 23 Agosto del 2007 expedida por el ICA, o se dispondrán en algún relleno sanitario autorizado. En caso que estos residuos no puedan ser aprovechados, se dispondrán en un sitio de disposición final autorizado por CORPOAMAZONÍA.
No reciclables / No biodegradables Caneca de color AMARILLO	Tales como papeles y cartón no aptos para reciclaje, jabones y detergentes biodegradables, madera, entre otros, papel carbón, bolsas de plásticos, servilletas, papel y/o elementos	Estos residuos serán llevados a rellenos sanitarios o sitios de disposición final que cuenten con los respectivos permisos ambientales para su operación.

Elaborado por: S.V.R.M	Revisado por: C&MA	Aprobado por: PETRONOVA Colombia	Página 4-122
------------------------	--------------------	----------------------------------	--------------

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NOGAL			
	Cap 4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1110	Versión: 1	

SEGREGACIÓN EN LA FUENTE	RECOLECCIÓN	TRATAMIENTO Y DISPOSICIÓN FINAL
	de servicios sanitarios, papel aluminio, cajas de empacar comidas, textiles, limpiones, traperos, toallas absorbentes, entre otros.	Actualmente, el municipio de Piamonte cuenta con una celda transitoria la cual es usada para la disposición final de los residuos sólidos orgánicos mientras se consolida y legaliza el sitio para establecer el relleno sanitario del municipio. En Puerto Guzmán la empresa EMSOGUZMÁN S.A. E.S.P. es la encargada de la recolección, manejo y disposición final de los residuos sólidos orgánicos.
Reciclables Caneca de color VERDE	Corresponden a papel (de impresión, periódicos, revistas, "kraft", etc. en buen estado), cartón, aluminio, vidrio en todas sus presentaciones, metales ferrosos, madera, envases de plástico, bolsas, PVC, PET (gaseosas litro), etc. También los aislantes térmicos (poliestireno) como recipientes de bebidas, etc. Estos residuos deberán estar en buen estado.	Estos residuos serán llevados a la caseta de almacenamiento temporal de cada pozo, para posteriormente cuando se tenga un volumen considerable se entreguen y comercialicen con recicladores de la zona (ver Tabla 4-73).
Especiales Caneca de color ROJO	En este recipiente se deberán recolectar los residuos hospitalarios, gasas, jeringas, medicamentos vencidos (si llegasen a existir).	En caso de generarse, estos residuos serán almacenados en bolsas rojas, para posteriormente trasladarlos a los departamentos vecinos como Nariño o Huila, los cuales cuentan con empresas de servicio especial de aseo de residuos hospitalarios que se encuentren autorizados, ya que en el departamento del Putumayo no existe una empresa especializada para tratar esta clase de residuos.

4.7.3 Residuos sólidos industriales

La siguiente tabla muestra cuales son los residuos industriales que se espera generar durante el desarrollo del proyecto de perforación exploratoria Canelo Nogal, así como su respectivo tratamiento y disposición.

Elaborado por: S.V.R.M	Revisado por: C&MA	Aprobado por: PETRONOVA Colombia	Página 4-123
------------------------	--------------------	----------------------------------	--------------

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NOGAL			
	Cap 4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1110	Versión: 1	

Tabla 4-72. Manejo de los residuos sólidos industriales

RESIDUOS	TRATAMIENTO Y DISPOSICIÓN
Madera que se genere de los embalajes de equipos y repuestos utilizados en la perforación.	Si es de menor tamaño se podrá almacenar en una caneca de color amarillo o de lo contrario se almacenará temporalmente en el área de residuos en el sitio destinado para tal fin, para posteriormente integrarla con el manejo de residuos reciclables.
Papel y cartón de las bolsas y sacos usados como empaque de químicos, cementos, fluidos de completamiento y tratamiento de agua.	Se recogerán y apilarán en las áreas de la plataforma de perforación de cada pozo destinadas para el almacenamiento temporal de residuos en una caneca de color amarillo o directamente en la caseta de almacenamiento temporal, en un sitio identificado y de manera ordenada, para posteriormente ser entregados a las empresas recicladoras de la región.
Filtros usados de aceite y combustible de los motores, generalmente de tela o cartón con marco de acero galvanizado.	El componente fibroso de los filtros deberá ser recogido en canecas de 55 galones de color rojo , para luego ser entregado a una empresa que tenga operación en el área y que cuente con los respectivos permisos ambientales, para su disposición final. El marco metálico podrá incorporarse dentro del manejo de la chatarra que se produce en las plataformas de perforación.
Estopas, guantes, overoles, trapos entre otros textiles, que no se puedan reciclar por estar impregnados de aceites o hidrocarburos.	El manejo de esta clase de desechos estará a cargo del contratista del taladro y se almacenarán en canecas de color gris , para posteriormente entregarlos a empresas especializadas que cuenten con los respectivos permisos ambientales para su funcionamiento.
Aceites quemados.	Serán manejados por cada contratista que los genere y serán entregados a empresas que cuenten con los permisos ambientales vigentes para su tratamiento y disposición.
Pimpinas, tambores plásticos, galones, baldes, protectores de rosca, mangueras inservibles, residuos de tubería de PVC, etc.	Serán recolectados en canecas con tapa o en la caseta de almacenamiento de residuos del área de la plataforma de perforación de cada pozo exploratorio, la cual estará debidamente identificada y techada. Los envases de almacenamiento de químicos los deberá recoger la empresa contratista para envasar los mismos productos que contenían. Las canecas de químicos no se podrán regalar a la comunidad, deberán ser reutilizadas por el contratista. Los protectores de rosca serán reutilizados por el contratista
Baterías de plomo y secas.	Estos residuos deberán devolverse a los proveedores para el reciclaje y recuperación y así establecer convenios.

Elaborado por: S.V.R.M	Revisado por: C&MA	Aprobado por: PETRONOVA Colombia	Página 4-124
------------------------	--------------------	----------------------------------	--------------

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NOGAL			
	Cap 4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1110	Versión: 1	

RESIDUOS	TRATAMIENTO Y DISPOSICIÓN
Llantas.	Deberán devolverse al proveedor o se deben implementar acciones o programas para aumentar su vida útil.
Zarandas de las mallas utilizadas en los equipos de control de sólidos.	Deberán almacenarse de manera ordenada bajo techo para comercializarlas al final de la perforación.
Recipientes del cambio de aceites, lubricantes de motores del consumo de ACPM y el embalaje de productos químicos.	Serán recolectados y almacenados en una caseta de almacenamiento debidamente identificada, techada y preferiblemente impermeabilizada para su posterior disposición.
Geomembrana de la piscina.	De construirse piscinas, una vez se evacué el contenido de las mismas se quitará la geomembrana y se entregará a terceros que cuenten con los permisos para su disposición final.
La chatarra que se produce en la fabricación de herramientas, hechizas, elementos, partes, etc.	Los metales serán almacenados en un área destinada para tal fin (caseta de almacenamiento temporal de cada pozo exploratorio), para cuando se tenga un volumen considerable ser entregados o comercializados a las cooperativas de reciclaje de la región.
Bolsas de cemento.	Estas bolsas se deben limpiar, amarrar en bultos (embalar) y almacenar en casetas, para luego comercializadas con las cooperativas de reciclaje de la región.
Suelos contaminados.	Se plantea entregar este tipo de residuos a empresas especializadas en su tratamiento y disposición final, que cuenten con los permisos respectivos.
Salmueras	Empresas especializadas, reuso o devolver al contratista de la actividad

En el área se encuentran las siguientes empresas de reciclaje, rellenos sanitarios y empresas para el manejo de los residuos hospitalarios y contaminados (ver Tabla 4-73):

Elaborado por: S.V.R.M	Revisado por: C&MA	Aprobado por: PETRONOVA Colombia	Página 4-125
------------------------	--------------------	-------------------------------------	--------------

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NOGAL			
	Cap 4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1110	Versión: 1	

Tabla 4-73 Empresas legalizadas en manejo de residuos sólidos

EMPRESA	RESOLUCIÓN	LOCALIZACIÓN
RESIDUOS ACEITOSOS Y CONTAMINADOS CON HIDROCARBUROS		
MMMBJARDÍN	Resolución 0440 del 06 de Julio de 2009	Vereda El Caldero Municipio de Orito - Putumayo
SERVIPETROL LTDA	Resolución 0144 del 26 de Febrero de 2008	Vereda Santa Rosa del 35, Municipio de Orito - Putumayo
INSPECTROL LTDA	Resolución 0143 del 26 de Febrero de 2008	Vereda Santa Rosa del 35, Municipio de Orito - Putumayo
ECO ANÁLISIS LTDA	Resolución 563 del 23 de Julio de 2008	Vereda El Yarumo, municipio de Orito - Putumayo
OCAMPETROL LTDA	Resolución 0770 del 29 de Agosto de 2005	Vereda Alto Mirador, Municipio de Orito - Putumayo
RESIDUOS HOSPITALARIOS		
INCIHUILA S.A. E.S.P.	Resolución 1325 del 28 de Julio de 2006, Emitida por la CAM	Municipio de Neiva – Departamento del Huila
SALVI LTDA	Resolución 614 del 28 de Septiembre de 2000, emitida por CORPONARIÑO	Municipio de Pasto – Departamento de Nariño
RELLENOS SANITARIOS		
ESMOCOA S.A. E.S.P.	Resolución 0198 del 8 de Marzo de 2002, por medio del cual se adoptó el Plan de Manejo Ambiental	Vereda Medio Afán, Municipio de Mocoa - Putumayo
Empresa de Servicios Públicos AAA de PUERTO ASÍS	Resolución 0644 del 01 de agosto de 2006, por medio del cual se aprueba el Plan de Manejo Ambiental	Vereda Kilili, Municipio de Puerto Asís – Putumayo
Empresa de Servicios Públicos AAA Corazón del Putumayo	Resolución 0694 del 05 de Agosto de 1999, por medio del cual se aprueba el Plan de Manejo Ambiental	Vereda Santa Ana, Municipio de Villa garzón – Putumayo
EMPRESAS RECICLADORAS		
Fundación Ecológica del Putumayo - FUNECOMAYO		Municipio de Puerto Asís - Putumayo
Cooperativa de recicladores del sur de la Amazonía - COORSA		Municipio de Puerto Asís - Putumayo
Asociación Puerto Asís más Limpio		Municipio de Puerto Asís - Putumayo
Asociación Unión Familiar		Municipio de Puerto Asís - Putumayo
Asociación de recicladores del Puerto Caicedo - ASORECA		Municipio de Puerto Asís - Putumayo

Fuente: C&MA 2011.

Elaborado por: S.V.R.M	Revisado por: C&MA	Aprobado por: PETRONOVA Colombia	Página 4-126
------------------------	--------------------	----------------------------------	--------------

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NOGAL			
	Cap 4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1110	Versión: 1	

Cortes de perforación base-agua

Dentro de los residuos industriales más importantes por cantidad y por calidad que se generan en un pozo, se encuentran los cortes separados del lodo en los equipos de control de sólidos, producto de la excavación del suelo por acción de la broca de perforación; y los sólidos provenientes del “*dewatering*” o deshidratación del lodo (en caso que se instale este equipo), que sale de línea por envejecimiento, pérdida de propiedades reológicas o cambios en el programa de lodos.

Estos residuos serán almacenados en tanques portátiles o piscinas en el área de la locación de cada pozo a perforar, para posteriormente ser tratados y dispuestos ya sea ex situ a través de alguna empresa especializada (ver Tabla 4-74), la cual deberá contar con el permiso ambiental para el desarrollo de la actividad; o in situ, teniendo en cuenta que estos residuos son inertes ya que provienen de las diferentes formaciones geológicas perforadas y considerando que además de la deshidratación no requieren ningún tratamiento previo a su disposición final. Como alternativa de tratamiento final se contará con el proceso de solidificación-estabilización con cal viva.

Los cortes de tratarse in situ serán extendidos para su secado y mezclados con cal y tierra común. Una vez terminada la perforación del pozo se procederá al traslado de los mismos a la respectiva piscina o a las zonas de disposición de cortes mediante el sistema tipo celdas para su clausura, previa reconformación paisajística y verificación de parámetros establecidos en la prueba de eficiencia de encalamiento.

La solidificación y estabilización se recomienda para los cortes provenientes de sistemas de lodo base agua. También se recomienda, para este tipo de lodos además de la cal, adicionarles tierra.

Los cortes base agua una vez solidificados y estabilizados, pueden ser mezclados con materiales de excavación para luego ser usados como relleno de las piscinas de cortes de las plataformas de perforación, durante la fase de desmantelamiento.

4.7.4 Estimativo de volúmenes

En el área de la plataforma de perforación de cada pozo, el peso promedio generado está entre 0,4 y 0,6 Kg/hab-día, los cuales al multiplicar por el número estimado de personas que permanecen en el área de la plataforma de perforación (84 personas de base), generan en promedio 42 Kg/día. En caso de tener personal extra durante la perforación del pozo se generarán unos 10 Kg/día adicionales.

En un programa de perforación típica para pozos profundos, se manejan los siguientes datos promedio de residuos sólidos en un mes de perforación. Estos datos varían de acuerdo a la profundidad y el tiempo que dure la operación. Los datos presentados en la siguiente tabla fueron tomados a partir de la experiencia de perforación de otros pozos.

Elaborado por: S.V.R.M	Revisado por: C&MA	Aprobado por: PETRONOVA Colombia	Página 4-127
------------------------	--------------------	-------------------------------------	--------------

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NOGAL			
	Cap 4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1110	Versión: 1	

Tabla 4-74. Residuos sólidos típicos en la perforación de pozos

TIPO DE MATERIAL	CANTIDAD PRODUCIDA/MES
Papel y cartón	110Kg
Plástico	106Kg
Madera	220Kg
Metales	300Kg
Vidrio	120Kg
Desechos impregnados(telas, guantes)	100Kg
Materiales especiales(filtros, empaques)	150Kg
Baterías	1 unidad

Fuente: Archivo C&MA

Los residuos especiales referentes a hospitalarios tienen un volumen muy bajo de generación lo cual ha imposibilitado estimar el peso por día o mes, pero en general, estos no alcanzan a ser 3kg por mes de operación incluyendo las perforaciones.

Generación de lodos y cortes

El cálculo del lodo dentro del hueco se realiza teniendo en cuenta el estado mecánico de un pozo tipo para el área del proyecto y el BHA (Bottom Hole Assembly) característico utilizado para la perforación. Para el(los) pozo(s) que se van a perforar en el APE Canelo Nogal, se tiene el siguiente estado mecánico:

Tabla 4-75. Estado mecánico estimado

Revestimiento del Pozo	Diámetro del Hueco (pulg)	Diámetro del Revestimiento (pulg)		Profundidad (pies)	Longitud (pies)
		OD	ID		
Tubo Conductor	26	20	19,125	120	30
Revestimiento de Superficie	17 ^{1/2}	13 ^{3/8}	12,415	2.500	2.470
Revestimiento Intermedio	12 ^{1/4}	9 ^{5/8}	8,681	8.500	6.000
Revestimiento de Producción	8 ^{1/2}	7	6,5	10.500	2.000

Teniendo en cuenta el estado mecánico del pozo se realizaron los cálculos para determinar los volúmenes de lodo necesarios para realizar la perforación del pozo, obteniéndose los siguientes resultados:

Elaborado por: S.V.R.M	Revisado por: C&MA	Aprobado por: PETRONOVA Colombia	Página 4-128
------------------------	--------------------	----------------------------------	--------------

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NOGAL			
	Cap 4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1110	Versión: 1	

Tabla 4-76. Volúmenes de lodos estimados

Secciones	Volumen de Lodo de Perforación (bbl)
Casing Conductor	10,660
Casing de Superficie	369,833
Casing Intermedio	622,263
Casing de Producción	82,087
TOTAL	1084,843

Los cálculos se realizaron teniendo en cuenta que el pozo se encuentra sin la sarta de perforación, por lo tanto este valor resulta ser es un valor máximo aproximado, del lodo requerido para la perforación adecuada del pozo, ya que una vez introducida la sarta de perforación este volumen disminuye debido al desplazamiento del fluido de perforación generado por la tubería. De igual forma, se deben tener en cuenta las pérdidas de circulación que se generan en el pozo, las cuales pueden ser entre un 20 a 30 % del volumen total de lodo (entre 200 a 300 bbl/día) y dependiendo de la causa de la pérdida de circulación; dichas pérdidas deben ser controladas y hacer uso de los tanques de reservas de lodo para continuar con la perforación del pozo, si llegado al caso se evidencia la presencia de una zona ladrona y por lo tanto un aumento en el daño de formación.

La perforación de los pozos en la APE Canelo Nogal se realizará en cuatro etapas o fases:

- ✓ Fase preliminar: La empresa encargada de las obras civiles entrega el contrapozo construido en la locación donde se va a perforar el pozo.
- ✓ Primera fase: Se inicia perforando el pozo con una broca tricónica de 17^{1/2} de pulgada hasta una profundidad de 2500 pies, en esta fase se cementa el casing de superficie.
- ✓ Segunda fase: Se cambia la broca por una de 12^{1/4} de pulgada y se perfora hasta una profundidad de 8500 pies, en esta fase se cementa el casing intermedio.
- ✓ Tercera fase: Se cambia la broca por una de 8^{1/2} de pulgada y se perfora hasta una profundidad de 10500 pies, en esta fase se cementa el casing de producción.

Los cortes (cuttings) generados en el proceso de perforación fueron calculados teniendo en cuenta el volumen del hueco perforado. En la siguiente tabla se muestra el volumen de cortes generados por cada sección perforada, así:

Elaborado por: S.V.R.M	Revisado por: C&MA	Aprobado por: PETRONOVA Colombia	Página 4-129
------------------------	--------------------	-------------------------------------	--------------

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NOGAL			
	Cap 4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1110	Versión: 1	

Tabla 4-77. Volúmenes de cortes estimados

Perforación	Diámetro del Hueco (pulg)	Profundidad (pies)	Volumen de cortes
			(pies ³)
Fase Preliminar	26	120	442,480
Primera Fase	17 ^{1/2}	2500	3975,746
Segunda Fase	12 ^{1/4}	8500	4911,216
Tercera Fase	8 ^{1/2}	10500	78,195
TOTAL			10117,637

4.7.5 IMPACTOS AMBIENTALES PREVISIBLES

Tabla 4-78. Impactos asociados al manejo de residuos sólidos

ACTIVIDAD	IMPACTOS	IMPORTANCIA AMBIENTAL
Disposición de residuos sólidos domésticos e industriales	Alteración de la calidad del aire	MEDIA
	Alteración de las propiedades del suelo	ALTA
	Alteración de las propiedades fisicoquímicas del agua superficial	ALTA
	Alteración de las propiedades fisicoquímicas del agua subterránea	MEDIA
	Afectación a comunidades bióticas acuáticas	MEDIA
	Modificación del paisaje	MEDIA

Una mala recolección y disposición final de los residuos sólidos industriales y domésticos generados en los frentes de trabajo y campamento base en general, puede causar un aumento en el nivel de contaminación ambiental sobre suelos, corrientes de agua superficial y en el paisaje local, por lo tanto su manejo debe estar acorde con lo establecido en el **Plan de Manejo Ambiental – Capítulo 7**, específicamente en las medidas establecidas en la **FICHA 8 “Manejo de residuos sólidos y especiales”**.

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NOGAL			
	Cap 4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1110	Versión: 1	

4.8 MATERIALES SOBRANTES DE CORTE Y EXCAVACIÓN

La construcción y diseños de plataformas con sus respectivas vías de acceso, se realizarán previendo movimientos de tierra compensados para evitar la intervención de áreas de manera innecesaria; sin embargo, durante la etapa de construcción será necesario contar con ZODME's (Zonas de Disposición de Sobrantes de Excavación), especialmente para el sector noroccidental del APE Canelo Nogal, cuya topografía suavemente ondulada no siempre permitirá hacer un manejo compensado de movimiento de tierras. Estas áreas deberán ser avaladas por la interventoría ambiental y se deberán tomar las medidas necesarias para evitar la propagación de materiales térreos hacia áreas adyacentes y el transporte de materiales hacia los drenajes naturales, con la toma de medidas como la instalación de sacos rellenos de suelo para acordonar el material con el fin de impedir su dispersión. Estas zonas serán elegidas de acuerdo a la zonificación ambiental y corresponderán a las mismas intervenidas por el proyecto.

El material sobrante de corte generado durante la construcción de las vías de acceso y las plataformas de perforación, se podrá utilizar para el relleno de las vías o las plataformas si cumple con las especificaciones requeridas para este fin. Si no es posible su reutilización, se dispondrá sobre el derecho de vía o en un área aledaña a la plataforma de perforación; En caso de generarse grandes volúmenes de material sobrante y no se cuente con lugares adecuados para su almacenamiento temporal, deberá contemplarse la alternativa de adecuar una zona de disposición de material de excavación sobrante (ZODMES), siguiendo los criterios para su localización y construcción así como los establecidos en la zonificación ambiental y de manejo del presente documento y las medidas de manejo que se presentan en el Capítulo 7: Plan de Manejo Ambiental del presente documento. Adicionalmente la información del área a utilizar se consignará en el plan de manejo ambiental específico para cada pozo.

Localización. Se debe contemplar que en caso de almacenar el material inerte producto de los movimientos de tierra, se dispondrá en un lugar que no contamine el suelo y no esté cercano a cuerpos de agua. Además, se debe cubrir para evitar el arrastre de partículas a la atmósfera y el escurrimiento hacia algún cuerpo de agua.

- Se seleccionarán zonas de suelos de perfil edáfico pobre, sin riesgo de movimientos en masa ni obstrucción de drenajes naturales, y a distancias no menores de 30m a cuerpos de agua permanentes ni intermitentes.
- No se dispondrán residuos en suelos de baja capacidad portante, ni donde puedan interferir procesos de revegetación espontánea, puedan deteriorar el paisaje o generar riesgo de accidente a la población.
- No se debe ubicar materiales en los lechos de ríos o quebradas, ni en las franjas de protección definidas por la legislación vigente (30 metros de cuerpos de agua y 100 metros de nacimientos). Las aguas infiltradas o provenientes de los drenajes del botadero se deben conducir a un sedimentador antes de su vertimiento al cuerpo receptor.

Elaborado por: S.V.R.M	Revisado por: C&MA	Aprobado por: PETRONOVA Colombia	Página 4-131
------------------------	--------------------	-------------------------------------	--------------

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NOGAL			
	Cap 4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1110	Versión: 1	

Construcción. A continuación se observan criterios básicos referentes a la construcción y adecuación del botadero y a la manera como debe ser dispuesto el material:

- Se debe realizar un descapote en el área donde se va a disponer el material y un desmonte en caso de que existan árboles aislados en esta zona. El descapote debe tener un espesor que en promedio de 0,20m para garantizar el retiro de la capa vegetal. Los materiales de descapote se acordonan en el área de la plataforma junto con el material sobrante del descapote de la misma.
- Se debe realizar obras para manejo de drenajes naturales si los hubiese.
- Los materiales sobrantes de corte se irán extendiendo en el área ya preparada, en capas de espesor suelto entre 0,20 – 0,30m, y apisonadas pasando varias veces el equipo (vibrocompactador), hasta conformar.
- Los taludes finales del botadero deben tener una pendiente de 2H:1V.



Fotografía 4-9. Conformación del talud de ZODMEs

- 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.
- Cada vez que se ascienda por lo menos 3m 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. No hay una altura final estándar, ya que esta variable depende de múltiples factores entre los cuales se cuenta la estabilidad, que también es función de las obras que se hayan realizado para evitar que el ZODME colapse. Lo importante es tener en cuenta que el depósito no debe ser sobrecargado, pues de lo contrario se corre el riesgo de generar inestabilidades.

Elaborado por: S.V.R.M	Revisado por: C&MA	Aprobado por: PETRONOVA Colombia	Página 4-132
------------------------	--------------------	-------------------------------------	--------------

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NOGAL			
	Cap 4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1110	Versión: 1	

- 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 deben llevar hasta los canales naturales o se dispondrán en el medio natural.
- Finalmente, se realizará la empradización y arborización del área conformada, utilizando el material de descapote del área.

A continuación se presenta en la Figura 4-23, el diseño de un ZODME tipo (planta – perfil) para el área de interés exploratorio Canelo Nogal:

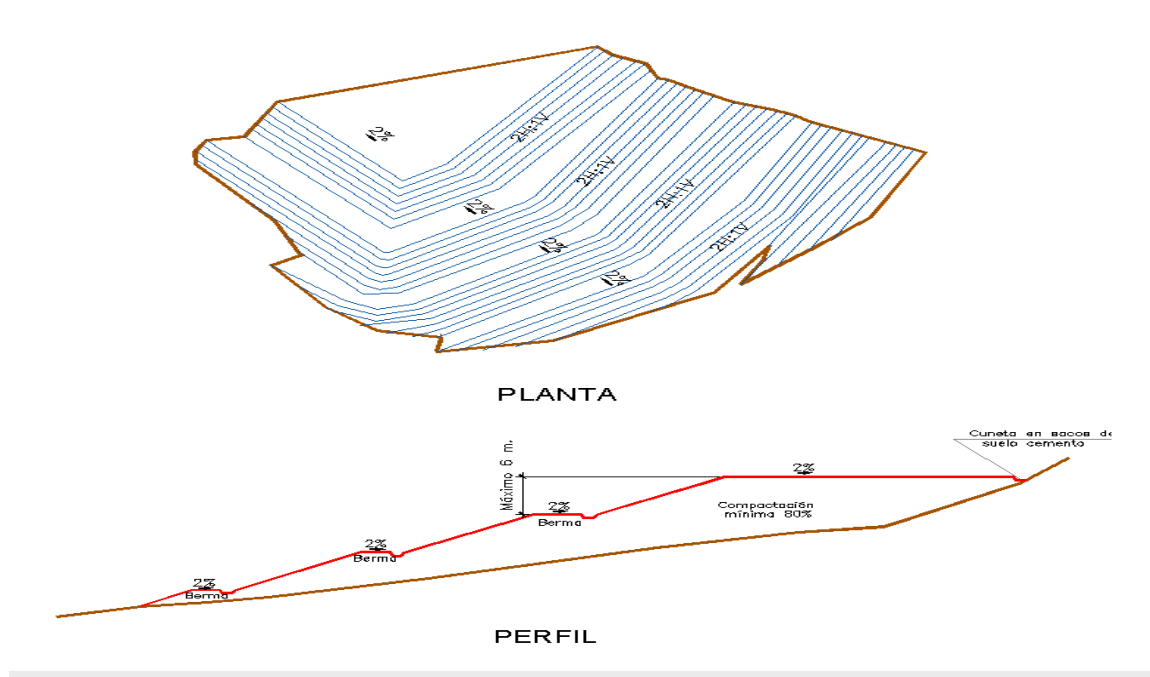


Figura 4-23. Diseño de ZODME tipo

El manejo de aguas de escorrentía se debe hacer por medio de estructuras hidráulicas como cunetas, canales, estructuras de caída entre otras. Las siguientes figuras muestran la sección típica de las estructuras hidráulicas que pueden ser implementadas en el manejo de aguas de escorrentía.

Elaborado por: S.V.R.M	Revisado por: C&MA	Aprobado por: PETRONOVA Colombia	Página 4-133
------------------------	--------------------	-------------------------------------	--------------

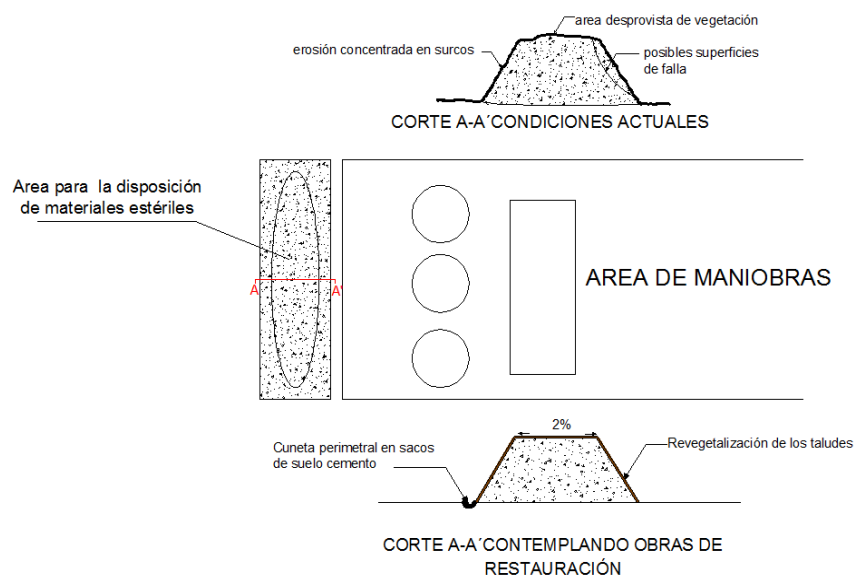


Figura 4-24. Esquema típico para la disposición de materiales estériles.

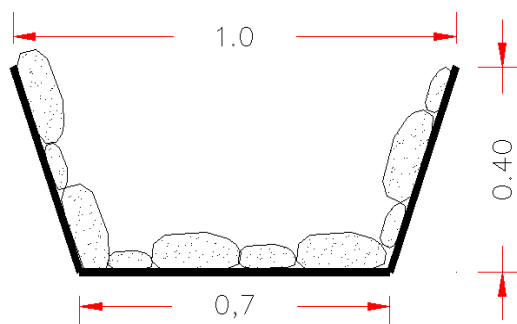
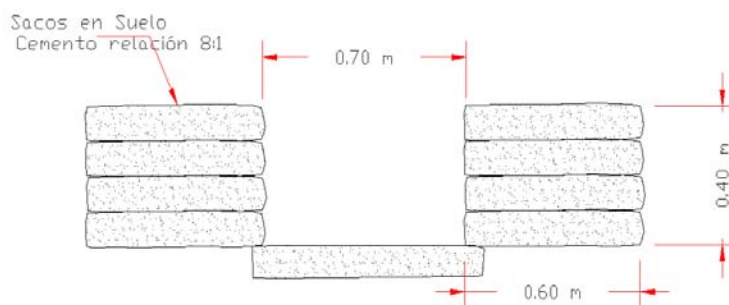


Figura 4-25. Sección típica para cuneta en piedra pegada, manejo de aguas de escorrentía perimetral al ZODME.



	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL ÁREA DE INTERÉS EXPLORATORIO CANELO NOGAL			
	Cap 4: Uso y aprovechamiento de los RNR	C&MA-PTN-AMB-1110	Versión: 1	

Figura 4-26. Estructura de caída en sacos de suelo cemento sección rectangular.

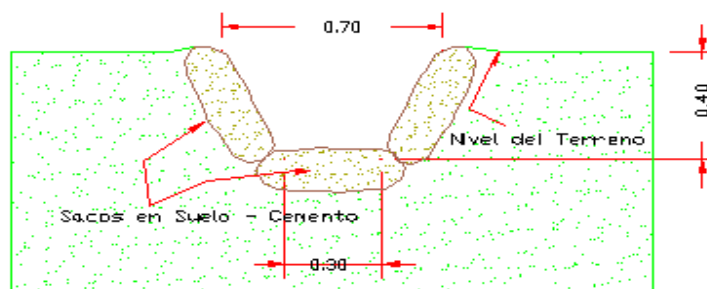


Figura 4-27. Sección de cunetas en sacos de suelo cemento en bermas intermedias.

Una vez terminada la disposición de desechos, el ZODME deberá clausurarse, procediendo a su revegetalización 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.

Selección. Los criterios básicos que se deben tener en cuenta para la selección deben ser evitar el transporte del material a sitios externos a la locación y protección de los cuerpos de agua permanentes o intermitentes que se encuentren cercanos a la ubicación de las plataformas.

De acuerdo a lo establecido en los HI-TER-1-02, la ubicación final de cada ZODME se dará a conocer en el PMA específico para cada pozo junto con la relación de los volúmenes de material a disponer en cada uno de los sitios identificados, indicando su procedencia, análisis de la capacidad portante del sitio con respecto al volumen a disponer, ubicación de las vías de acceso al sitio, diseño y medidas de manejo ambiental para su construcción y operación, propuesta de adecuación final del relleno y programa de revegetalización (diseño paisajístico). El diseño final de cada ZODME deberá estar estructurado con el objetivo de almacenar máximo 20.000 m³, por sitio seleccionado, además, su localización se realizará teniendo en cuenta la zonificación ambiental del área.