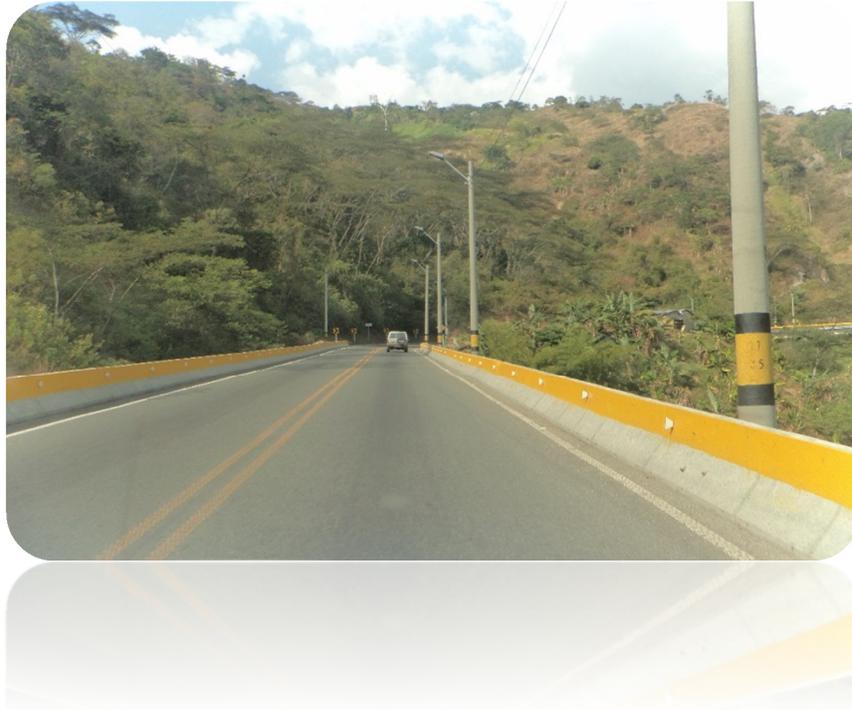


**ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA
SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO – SANTA FE UF 2.1
PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1**



Elaborado para:



Elaborado por:



Consultoría Colombiana S.A.

Bogotá D.C.

Mayo de 2017

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO – SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.3	

ÍNDICE DE MODIFICACIONES

Índice de Revisión	Sección Modificada	Fecha Modificación	Observaciones

REGISTRO DE RESPONSABLES

Número de Revisión		
Responsable por Elaboración	Nombre	
	Firma	
Responsable por Elaboración	Nombre	
	Firma	
Responsable por Revisión Coordinador Ambiental	Nombre	
	Firma	
Responsable por Aprobación Gerente del Proyecto	Nombre	
	Firma	
Fecha		

 Agencia Nacional de Infraestructura	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO – SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	 Devimar SOMOS TU VÍA
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.3	

**ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA
 SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO – SANTA FE UF 2.1
 PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1**

TABLA DE CONTENIDO

	PÁG.
7 DEMANDA, USO, APROVECHAMIENTO Y/O AFECTACIÓN DE RECURSOS NATURALES	1
7.1 AGUAS SUPERFICIALES.....	1
7.1.1 Demanda de Agua a Utilizar	1
7.1.2 Identificación de las fuentes de captación y caudal a solicitar	3
7.1.3 Diseño tipo de la infraestructura y sistema de captación, derivación, conducción, restitución de sobrantes y distribución.....	8
7.1.4 Análisis de Conflictos Actuales o Potenciales sobre la Disponibilidad y Usos	9
7.2 AGUAS SUBTERRÁNEAS	28
7.3 VERTIMIENTOS	28
7.3.1 Vertimiento en cuerpo de agua.....	28
7.3.2 Vertimiento en suelo.....	106
7.4 OCUPACIONES DE CAUCE.....	106
7.4.1 Puentes a Construir.....	106
7.4.2 Obras de drenaje menor.....	108
7.4.3 Ocupación por fuente de materiales	110
7.4.4 Diseño de las obras propuestas.....	111
7.5 APROVECHAMIENTO FORESTAL	113
7.5.1 Censo e Inventario Forestal y datos obtenidos	113
7.5.2 Censo forestal para los ecosistemas transformados dentro del área de intervención del proyecto	127
7.5.3 Volúmenes del aprovechamiento forestal.....	134
7.5.4 Especies en amenaza, veda y/o endemismo en las áreas de intervención del proyecto	136
7.5.5 Justificación del aprovechamiento forestal.....	138
7.5.6 Sistema de aprovechamiento y extracción (Labores de remoción de la cobertura).....	138
7.5.7 Destinación de los productos forestales.....	142
7.6 EMISIONES ATMOSFÉRICAS.....	143
7.6.1 Identificación de las fuentes de emisión existentes	144
7.6.2 Identificación de fuentes de emisión atmosférica proyectadas	149
7.6.3 Modelo de Dispersión.....	153
7.7 MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN.....	186

 Agencia Nacional de Infraestructura	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO – SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	 Devimar SOMOS TU VÍA
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.3	

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO – SANTA FE UF 2.1 PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1

ÍNDICE DE TABLAS

	PÁG.
Tabla 7-1 Volumen de agua requerido para uso industrial.....	2
Tabla 7-2 Demanda de agua para la planta de trituración de materiales (Uso industrial)...	2
Tabla 7-3 Demanda de agua total en el proyecto	3
Tabla 7-4 Identificación de sitios de captación	3
Tabla 7-5. Caudal disponible corrientes consideradas para captación	4
Tabla 7-6. Caudal a captar en cada corriente.....	4
Tabla 7-7. Vías de acceso a las Captaciones	6
Tabla 7-8. Frecuencia de Caudales Máximos Estación Peñalta	11
Tabla 7-9. Frecuencia de Caudales Máximos Estación Cañafisto.....	12
Tabla 7-10 Estimación de caudales máximos por método de transposición	14
Tabla 7-11. Frecuencia de Caudales Mínimos Estación Peñalta.....	16
Tabla 7-12. Frecuencia de Caudales Mínimos Estación Cañafisto	17
Tabla 7-13 Estimación de caudales mínimos por método de transposición.....	20
Tabla 7-14. Usuarios registrados por CORANTIOQUIA	21
Tabla 7-15 Caudales característicos en la cuenca del río Aurrá– Estación Peñalta	24
Tabla 7-16 Caudales característicos en la cuenca del río Cauca- Estación Cañafisto.....	26
Tabla 7-17. Caudales medios estimados en cuencas de sitio de captación (m ³ /s).....	27
Tabla 7-18 Sitios propuestos para vertimiento	29
Tabla 7-19 Volumen total de agua a verter	34
Tabla 7-20 Puntos y caudales de vertimiento solicitados.....	35
Tabla 7-21. Resultados de calidad de agua cuerpos de agua objeto de vertimiento.....	41
Tabla 7-22 Caracterización fisicoquímica de las aguas industriales y domesticas	42
Tabla 7-23 Balance de masas río Aurrá.....	44
Tabla 7-24 Balance de masas quebrada Seca	44
Tabla 7-25 Factor de dilución en el río Aurrá	45
Tabla 7-26 Factor de dilución en la quebrada Seca.....	46
Tabla 7-27 Resultados hidráulicos de la prueba de trazadores en el río Aurrá	47
Tabla 7-28 Resultados hidráulicos de la prueba de trazadores en la quebrada Seca.....	47
Tabla 7-29. Ecuaciones de dispersión longitudinal teórico	48
Tabla 7-30. Coeficiente de dispersión longitudinal del trazador y teórico del río Aurrá..	48
Tabla 7-31. Coeficiente de dispersión longitudinal del trazador y teórico de la quebrada Seca.....	48
Tabla 7-32. Coeficientes de dispersión longitudinal teórico del río Aurrá en los escenarios	

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO – SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.3	

de caudal mínimo y máximo	49
Tabla 7-33. Coeficientes de dispersión longitudinal teórico de la quebrada Seca en los escenarios de caudal mínimo y máximo.....	49
Tabla 7-34. Coeficiente de dispersión lateral teórico y calculado con el trazador.....	49
Tabla 7-35. Coeficiente de dispersión lateral teórico en los diferentes escenarios	50
Tabla 7-36 Ecuaciones de longitud de zona de mezcla teórica	50
Tabla 7-37 Longitud de zona de mezcla teórica para el río Aurrá comparada con la del análisis de trazadores	51
Tabla 7-38 Longitud de zona de mezcla teórica para la quebrada Seca comparada con la del análisis de trazadores	51
Tabla 7-39 Longitud de zona de mezcla teórica para el río Aurrá en los escenarios de caudal mínimo y máximo	51
Tabla 7-40 Longitud de zona de mezcla teórica para la quebrada Seca en los escenarios de caudal mínimo y máximo	52
Tabla 7-41 Constante de reaireación en los escenarios de caudal medido, mínimo y máximo.....	53
Tabla 7-42 Constante de desoxigenación en los escenarios de caudal medido, mínimo y máximo.....	53
Tabla 7-43 Variables a introducir en el modelo de calidad para cada cuerpo de agua	55
Tabla 7-44. Escenario Caudal medido con trazadores río Aurrá.....	56
Tabla 7-45. Escenario caudal mínimo río Aurrá	57
Tabla 7-46. Escenario caudal máximo río Aurrá.....	57
Tabla 7-47 Escenario Velocidad con caudal medido con trazadores río Aurrá	58
Tabla 7-48. Escenario velocidad con caudal mínimo río Aurrá.....	59
Tabla 7-49. Escenario Velocidad con caudal Máximo.....	59
Tabla 7-50. Escenario Profundidad con caudal medido con trazadores río Aurrá.....	60
Tabla 7-51. Escenario profundidad con caudal mínimo río Aurrá.....	61
Tabla 7-52. Escenario profundidad con caudal máximo río Aurrá	61
Tabla 7-53 Escenario temperatura con caudal medido con trazadores río Aurrá.....	63
Tabla 7-54 Escenario temperatura con caudal mínimo río Aurrá	63
Tabla 7-55. Escenario Temperatura con caudal máximo río Aurrá	64
Tabla 7-56. Escenario DQO con caudal medido con trazadores río Aurrá	65
Tabla 7-57 Escenario DQO con caudal mínimo río Aurrá.....	66
Tabla 7-58 Escenario DQO con caudal máximo río Aurrá	66
Tabla 7-59 Escenario DBO ₅ con caudal medido con trazadores río Aurrá	68
Tabla 7-60 Escenario DBO ₅ con caudal mínimo río Aurrá.....	68
Tabla 7-61 Escenario DBO ₅ con caudal máximo río Aurrá	69
Tabla 7-62 Escenario pH con caudal medido con trazadores río Aurrá.....	70
Tabla 7-63 Escenario pH con caudal mínimo río Aurrá.....	71
Tabla 7-64 Escenario pH con caudal máximo río Aurrá	72
Tabla 7-65 Escenario Solidos Suspendidos Totales con caudal medido con trazadores río Aurrá.....	73
Tabla 7-66 Escenario Solidos Suspendidos Totales con caudal mínimo río Aurrá	74

 Agencia Nacional de Infraestructura	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO – SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	 Devimar SOMOS TU VÍA	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL		
	VERSIÓN 0.3		

Tabla 7-67 Escenario Solidos Suspendidos Totales con caudal máximo río Aurrá.....	75
Tabla 7-68 Escenario Coliformes Totales con caudal medido con trazadores río Aurrá..	76
Tabla 7-69 Escenario Coliformes Totales con caudal mínimo río Aurrá.....	76
Tabla 7-70 Escenario Coliformes Totales con caudal máximo río Aurrá.....	77
Tabla 7-71 Escenario Coliformes Fecales con caudal medido con trazadores río Aurrá..	78
Tabla 7-72 Escenario Coliformes Fecales con caudal mínimo río Aurrá.....	79
Tabla 7-73 Escenario Coliformes Fecales con caudal máximo río Aurrá.....	80
Tabla 7-74. Escenario Caudal medido con trazadores quebrada Seca	81
Tabla 7-75. Escenario caudal mínimo quebrada Seca.....	82
Tabla 7-76. Escenario caudal máximo quebrada Seca	83
Tabla 7-77 Escenario Velocidad con caudal medido con trazadores quebrada Seca.....	83
Tabla 7-78. Escenario velocidad con caudal mínimo quebrada Seca.....	84
Tabla 7-79. Escenario Velocidad con caudal máxima quebrada Seca	85
Tabla 7-80. Escenario Profundidad con caudal medido con trazadores quebrada Seca....	85
Tabla 7-81. Escenario profundidad caudal mínimo quebrada Seca	86
Tabla 7-82. Escenario profundidad caudal máximo quebrada Seca.....	87
Tabla 7-83 Escenario temperatura con caudal medido con trazadores quebrada Seca	88
Tabla 7-84 Escenario temperatura con caudal mínimo quebrada Seca	89
Tabla 7-85. Escenario Temperatura con caudal máximo quebrada Seca.....	89
Tabla 7-86. Escenario DQO con caudal medido con trazadores quebrada Seca.....	90
Tabla 7-87 Escenario DQO con caudal mínimo quebrada Seca	91
Tabla 7-88 Escenario DQO con caudal máximo quebrada Seca.....	92
Tabla 7-89 Escenario DBO ₅ con caudal medido con trazadores quebrada Seca.....	93
Tabla 7-90 Escenario DBO ₅ con caudal mínimo quebrada Seca	94
Tabla 7-91 Escenario DBO ₅ con caudal máximo quebrada Seca.....	94
Tabla 7-92 Escenario pH con caudal medido con trazadores quebrada Seca	96
Tabla 7-93 Escenario pH con caudal mínimo quebrada Seca	96
Tabla 7-94 Escenario pH con caudal máximo quebrada Seca.....	97
Tabla 7-95 Escenario Solidos Suspendidos Totales medido con trazadores quebrada Seca	98
Tabla 7-96 Escenario Solidos Suspendidos Totales con caudal mínimo quebrada Seca ..	99
Tabla 7-97 Escenario Solidos Suspendidos Totales con caudal máximo quebrada Seca	100
Tabla 7-98 Escenario Coliformes Totales con caudal medido con trazadores quebrada Seca.....	102
Tabla 7-99 Escenario Coliformes Totales con caudal mínimo quebrada Seca	102
Tabla 7-100 Escenario Coliformes Totales máximo río Aurrá	103
Tabla 7-101 Escenario Coliformes Fecales medido con trazadores quebrada Seca.....	104
Tabla 7-102 Escenario Coliformes Fecales mínimo quebrada Seca	105
Tabla 7-103 Escenario Coliformes Fecales con caudal máximo quebrada Seca	105
Tabla 7-104. Ubicación de puentes Unidad Funcional 2.1.....	107
Tabla 7-105 Ubicación obras de drenajes Unidad Funcional 2.1.....	108
Tabla 7-106. Polígono de explotación de materiales de arrastre.....	111
Tabla 7-107 Ecosistemas terrestres presentes en el área	113

 Agencia Nacional de Infraestructura	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO – SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	 Devimar SOMOS TU VÍA	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL		
	VERSIÓN 0.3		

Tabla 7-108 Ecosistemas susceptibles de aprovechamiento forestal	114
Tabla 7-109 Distribución del área de influencia en los tipo de ecosistemas susceptibles de aprovechamiento forestal.....	115
Tabla 7-110 Ecosistemas naturales presentes en el área de influencia.....	117
Tabla 7-111 Parámetros estadísticos	118
Tabla 7-112 Unidades de parcelas de muestreo	119
Tabla 7-113 Volumen por parcela para Arbustal abierto esclerófilo del Orobioma bajo de los Andes	120
Tabla 7-114 Estadígrafos para el cálculo de volumen promedio para el Arbustal abierto esclerófilo del Orobioma bajo de los Andes.....	121
Tabla 7-115 Volumen por parcela para Arbustal denso alto del Orobioma bajo de los Andes.....	121
Tabla 7-116 Estadígrafos para el cálculo de volumen promedio para Arbustal denso alto del Orobioma bajo de los Andes	122
Tabla 7-117 Volumen por parcela para Bosques de Galería del Orobioma bajo de los Andes.....	122
Tabla 7-118 Estadígrafos para el cálculo de volumen promedio para Bosque de Galería del Orobioma bajo de los Andes	123
Tabla 7-119 Volumen por parcela para Bosque Fragmentado con vegetación secundaria del Orobioma bajo de los Andes	123
Tabla 7-120 Estadígrafos para el cálculo de volumen promedio para Bosque Fragmentado del Orobioma bajo de los Andes	124
Tabla 7-121 Volumen por parcela para Herbazal denso de tierra firme con arbustos del Orobioma bajo de los Andes	124
Tabla 7-122 Estadígrafos para el cálculo de volumen promedio para Herbazal denso de tierra firme con arbustos del Orobioma bajo de los Andes	125
Tabla 7-123 Volumen por parcela para Vegetación Secundaria Alta del Orobioma bajo de los Andes	125
Tabla 7-124 Estadígrafos para el cálculo de volumen promedio para Vegetación Secundaria Alta del Orobioma bajo de los Andes.....	126
Tabla 7-125 Volumen por parcela para Vegetación Secundaria Baja del Orobioma bajo de los Andes	126
Tabla 7-126 Estadígrafos para el cálculo de volumen promedio para Vegetación Secundaria Baja del Orobioma bajo de los Andes	127
Tabla 7-127 Resultados del censo forestal en chaflanes	128
Tabla 7-128 Identificación del sitio del campamento	129
Tabla 7-129 Resultados del censo forestal para campamento.....	129
Tabla 7-130 Identificación de sitios de ZODME	129
Tabla 7-131 Resultados del censo forestal para ZODME.....	129
Tabla 7-132 Identificación del sitio para la planta N° 2	130
Tabla 7-133 Resultados del censo forestal para la planta N° 2	130
Tabla 7-134 Identificación del sitio para áreas de servicio	131
Tabla 7-135 Resultados del censo forestal para áreas de servicio.....	131

 ANI Agencia Nacional de Infraestructura	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO – SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	 Devimar SOMOS TU VÍA	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL		
	VERSIÓN 0.3		

Tabla 7-136 Identificación del sitio para la fuente de material	132
Tabla 7-137 Resultados del censo forestal para la Fuente de material.....	132
Tabla 7-138 Identificación del acceso a la fuente de material	133
Tabla 7-139 Resultados del censo forestal para el acceso a la fuente de material	133
Tabla 7-141 Resultados del censo forestal para las cunetas	133
Tabla 7-142 Volúmenes totales por muestreo en ecosistemas naturales.....	134
Tabla 7-143 Censo forestal en ecosistemas naturales presentes en los tipos de actividad	135
Tabla 7-144 Volúmenes totales por ecosistema natural (censo y muestreo).....	136
Tabla 7-145 Especies en amenaza, en peligro y/o vulnerables dentro registradas en el censo forestal para el área de intervención del proyecto	137
Tabla 7-146 Censo forestal en ecosistemas transformados presentes en los tipos de actividad	140
Tabla 7-147 Resultados del censo forestal (Ecosistemas transformados, ZODMES, Campamentos, Áreas de Servicio, Planta, cunetas, Fuente de material y su vía de acceso)	141
Tabla 7-148 Potenciales fuentes de contaminación atmosférica asociadas al proyecto..	150
Tabla 7-149 Actividades objeto de permiso de emisiones	151
Tabla 7-150. Características y Criterios	151
Tabla 7-151. Características generales planta de asfalto	154
Tabla 7-152. Datos meteorológicos.....	157
Tabla 7-153. Valores promedio de altura de mezcla y tipo de estabilidad atmosférica para el área a partir de los datos modelados (datos anuales).....	159
Tabla 7-154. Comparación de las concentraciones de la campaña de monitoreo PST con los resultados de la modelación	173
Tabla 7-155 Comparación de las concentraciones de la campaña de monitoreo PM10 con los resultados de la modelación	176
Tabla 7-156. Comparación de las concentraciones de la campaña de monitoreo NO ₂ con los resultados de la modelación	179
Tabla 7-157 Comparación de la concentraciones de la campaña de monitoreo de SO ₂ con los resultados de la modelación	182
Tabla 7-158 Comparación de las concentraciones de la campaña de monitoreo CO con los resultados de la modelación.....	185
Tabla 7-159 Fuentes de materiales licenciadas a utilizar	187

 Agencia Nacional de Infraestructura	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO – SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	 Devimar SOMOS TU VÍA
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.3	

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO – SANTA FE UF 2.1 PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1

ÍNDICE DE FIGURAS

	PÁG
Figura 7-1. Localización de puntos de captación de agua.....	5
Figura 7-2. Esquema tipo de captación de agua con carro tanque	8
Figura 7-3. Sistema portátil de floculación	9
Figura 7-4. Caudales máximos mensuales - Estación Peñalta (Río Aurrá).....	10
Figura 7-5. Análisis Caudales Máximos Estación Peñalta.....	11
Figura 7-6. Caudales máximos mensuales - Estación Cañafisto (Río Cauca).....	12
Figura 7-7. Análisis Caudales Máximos Estación Cañafisto	13
Figura 7-8. Caudales mínimos mensuales - Estación Peñalta (Río Aurrá)	15
Figura 7-9. Análisis Caudales Mínimos Estación Peñalta.....	16
Figura 7-10. Caudales mínimos mensuales - Estación Cañafisto (Río Cauca)	17
Figura 7-11. Análisis Caudales Mínimos Estación Cañafisto	18
Figura 7-12. Curva de duración de Caudales de corrientes.....	22
Figura 7-13. Caudales medios mensuales - Estación Peñalta (Río Aurrá).....	23
Figura 7-14. Curva de Duración de Caudales (CDC) Río Aurrá – Estación Peñalta.....	24
Figura 7-15. Caudales medios mensuales - Estación Cañafisto (Río Cauca).....	25
Figura 7-16. Curva de Duración de Caudales (CDC) del Río Cauca - Estación Cañafisto	25
Figura 7-17. Localización de los puntos de vertimiento propuestos	29
Figura 7-18. Planta - Desarenador para Tratamiento Primario	31
Figura 7-19. Perfil - Desarenador para Tratamiento Primario.....	32
Figura 7-20. Unidades Sanitarias Portátiles	33
Figura 7-21 Esquema básico de un tanque séptico.....	33
Figura 7-22. Superficie del río Aurrá en el programa HEC-RAS	39
Figura 7-23 Diagrama esquemático del proceso de calibración del modelo QUAL2KW	54
Figura 7-24 Escenario Caudal medido con trazadores río Aurrá	56
Figura 7-25. Escenario Caudal Mínimo río Aurrá.....	56
Figura 7-26. Escenario caudal máximo río Aurrá	57
Figura 7-27. Escenario velocidad con caudal medido con trazadores río Aurrá.....	58
Figura 7-28. Escenario velocidad con caudal mínimo río Aurrá.....	58
Figura 7-29. Escenario velocidad con caudal máximo río Aurrá.....	59
Figura 7-30. Escenario Profundidad con caudal medido con trazadores río Aurrá.....	60
Figura 7-31. Escenario profundidad con caudal mínimo río Aurrá.....	60
Figura 7-32. Escenario profundidad con caudal máximo río Aurrá.....	61
Figura 7-33 Escenario temperatura con caudal medido con trazadores río Aurrá	62
Figura 7-34 Escenario temperatura con caudal mínimo río Aurrá	63

 Agencia Nacional de Infraestructura	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO – SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	 Devimar SOMOS TU VÍA	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL		
	VERSIÓN 0.3		

Figura 7-35 Escenario Temperatura con caudal máximo río Aurrá	64
Figura 7-36. Escenario DQO con caudal medido con trazadores río Aurrá.....	65
Figura 7-37 Escenario DQO con caudal mínimo río Aurrá.....	65
Figura 7-38 Escenario DQO con caudal máximo río Aurrá.....	66
Figura 7-39 Escenario DBO ₅ con caudal medido con trazadores río Aurrá.....	67
Figura 7-40 Escenario DBO ₅ con caudal mínimo río Aurrá	68
Figura 7-41 Escenario DBO ₅ con caudal máximo río Aurrá.....	69
Figura 7-42 Escenario pH con caudal medido con trazadores río Aurrá.....	70
Figura 7-43 Escenario pH con caudal mínimo río Aurrá	71
Figura 7-44 Escenario pH con caudal máximo río Aurrá.....	71
Figura 7-45 Escenario Solidos Suspendidos Totales con caudal medido con trazadores río Aurrá.....	73
Figura 7-46 Escenario Solidos Suspendidos Totales con caudal mínimo río Aurrá	74
Figura 7-47 Escenario Solidos Suspendidos Totales con caudal máximo río Aurrá.....	74
Figura 7-48 Escenario Coliformes Totales con caudal medido con trazadores río Aurrá.....	75
Figura 7-49 Escenario Coliformes Totales con caudal mínimo río Aurrá	76
Figura 7-50 Escenario Coliformes Totales con caudal máximo río Aurrá.....	77
Figura 7-51 Escenario Coliformes Fecales con caudal medido con trazadores río Aurrá	78
Figura 7-52 Escenario Coliformes Fecales con caudal mínimo río Aurrá	79
Figura 7-53 Escenario Coliformes Fecales con caudal máximo río Aurrá.....	79
Figura 7-54 Escenario Caudal medido con trazadores quebrada Seca.....	81
Figura 7-55. Escenario Caudal Mínimo quebrada Seca	82
Figura 7-56. Escenario caudal máximo quebrada Seca.....	82
Figura 7-57. Escenario velocidad con caudal medido con trazadores quebrada Seca	83
Figura 7-58. Escenario velocidad con caudal mínimo quebrada Seca	84
Figura 7-59. Escenario velocidad con caudal máximo quebrada Seca.....	84
Figura 7-60. Escenario Profundidad con caudal medido con trazadores quebrada Seca	85
Figura 7-61. Escenario profundidad caudal mínimo quebrada Seca.....	86
Figura 7-62. Escenario profundidad caudal máximo quebrada Seca	86
Figura 7-63 Escenario temperatura caudal medido con trazadores quebrada Seca.....	88
Figura 7-64 Escenario temperatura con caudal mínimo quebrada Seca.....	88
Figura 7-65 Escenario Temperatura con caudal máximo quebrada Seca.....	89
Figura 7-66. Escenario DQO con caudal medido con trazadores quebrada Seca	90
Figura 7-67 Escenario DQO con caudal mínimo quebrada Seca	91
Figura 7-68 Escenario DQO con caudal máximo quebrada Seca	91
Figura 7-69 Escenario DBO ₅ con caudal medido con trazadores quebrada Seca	93
Figura 7-70 Escenario DBO ₅ con caudal mínimo quebrada Seca.....	93
Figura 7-71 Escenario DBO ₅ con caudal máximo quebrada Seca	94
Figura 7-72 Escenario pH con caudal medido con trazadores quebrada Seca	95
Figura 7-73 Escenario pH con caudal mínimo quebrada Seca.....	96
Figura 7-74 Escenario pH con caudal máximo quebrada Seca	97
Figura 7-75 Escenario Solidos Suspendidos Totales con caudal medido con trazadores quebrada Seca.....	98

 Agencia Nacional de Infraestructura	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO – SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	 Devimar SOMOS TU VÍA
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.3	

Figura 7-76 Escenario Solidos Suspendidos Totales caudal mínimo quebrada Seca.....	99
Figura 7-77 Escenario Solidos Suspendidos Totales con caudal máximo quebrada Seca	99
Figura 7-78 Escenario Coliformes Totales con caudal medido con trazadores quebrada Seca.....	101
Figura 7-79 Escenario Coliformes Totales con caudal mínimo quebrada Seca.....	102
Figura 7-80 Escenario Coliformes Totales con caudal máximo quebrada Seca	103
Figura 7-81 Escenario Coliformes Fecales medido con trazadores quebrada Seca	104
Figura 7-82 Escenario Coliformes Fecales mínimo quebrada Seca.....	104
Figura 7-83 Escenario Coliformes Fecales caudal máximo quebrada Seca.....	105
Figura 7-84 Localización de ocupaciones de cauce	112
Figura 7-85 Área de Intervención del proyecto UF 2.1.....	116
Figura 7-86 Forma y tamaño de las parcelas de muestreo	118
Figura 7-87. Localización General de las Instalaciones.....	152
Figura 7-88. Distribución de frecuencias datos de viento	157
Figura 7-89. Altura de capa de mezcla a diferentes horas del día (datos anuales).....	158
Figura 7-90. Isopletras partículas suspendidas totales –PST para un tiempo de ponderación de 24 horas (Planta 2).....	160
Figura 7-91. Isopletras partículas suspendidas totales –PST para un tiempo de ponderación promedio anual (Planta 2).....	161
Figura 7-92. Isopletras material particulado respirable PM10 para un tiempo de ponderación de 24 horas (Planta 2)	162
Figura 7-93. Isopletras material particulado respirable PM10 para un tiempo de ponderación promedio anual (Planta 2).....	163
Figura 7-94. Isopletras dióxido de nitrógeno NO ₂ ponderación 24 horas (Planta 2).....	164
Figura 7-95. Isopletras dióxido de nitrógeno NO ₂ ponderación promedio anual (Planta 2)	165
Figura 7-96. Isopletras dióxido de azufre –SO ₂ para un tiempo de ponderación de 24 horas (Planta 2)	166
Figura 7-97. Isopletras dióxido de azufre –SO ₂ para un tiempo de ponderación promedio anual (Planta 2).....	167
Figura 7-98. Isopletras monóxido de carbono –CO para un tiempo de ponderación de 8 horas (Planta 2).....	168
Figura 7-99. Isopletras monóxido de carbono –CO para un tiempo de ponderación 1 hora (Planta 2)	169
Figura 7-100. Isopletras partículas suspendidas totales – PST para un tiempo de ponderación de 24 horas (Fuente de materiales)	171
Figura 7-101 Isopletras partículas suspendidas totales – PST para un tiempo de ponderación promedio anual	172
Figura 7-102 Isopletras material particulado respirable PM10 para un tiempo de ponderación de 24 horas (Fuente de material).....	174
Figura 7-103 Isopletras material particulado respirable PM10 para un tiempo de ponderación promedio anual (fuente de material).....	175
Figura 7-104 Isopletras dióxido de nitrógeno NO ₂ ponderación 24 horas (fuente de	

 Agencia Nacional de Infraestructura	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO – SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	 Devimar SOMOS TU VÍA
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.3	

material).....	177
Figura 7-105 Isopletras dióxido de nitrógeno NO ₂ ponderación promedio anual (Fuente de materiales)	178
Figura 7-106 Isopletras dióxido de azufre – SO ₂ para un tiempo de ponderación de 24 horas (Fuente de materiales).....	180
Figura 7-107 Isopletras dióxidos de azufre –SO ₂ para un tiempo de ponderación promedio anual (Fuente de materiales).....	181
Figura 7-108 Isopletras monóxido de carbono – CO para un tiempo de ponderación 8 horas (Fuente de material)	183
Figura 7-109 Isopletras monóxido de carbono –CO para un tiempo de ponderación 1 hora (Fuente de material).....	184
Figura 7-110 Localización fuente de materiales para el proyecto.....	188

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO – SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.3	

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO – SANTA FE UF 2.1

PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

	PÁG.
Fotografía 7-1 Avance de las plumas de trazador en el río Aurrá.....	37
Fotografía 7-2. Fuentes fijas (Vía San Jerónimo – Santa Fe de Antioquia).....	145
Fotografía 7-3. Punto de control de vehículos, vereda La Puerta del municipio de Sopetrán.....	145
Fotografía 7-4. Centros urbanos.....	146
Fotografía 7-5. Fuentes Móviles (Vía San Jerónimo – Santa Fe de Antioquia).....	147
Fotografía 7-6. Vía secundaria.....	148
Fotografía 7-7 Zona de actividades industriales y comerciales.....	149
Fotografía 7-8. Acceso a trituradora Santa Fe, vereda Los Almendros del municipio de Sopetrán.....	149

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO – SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.3	

7 DEMANDA, USO, APROVECHAMIENTO Y/O AFECTACIÓN DE RECURSOS NATURALES

El presente documento hace parte del Estudio de Impacto Ambiental para la construcción de la segunda calzada entre San Jerónimo y Santa Fe De Antioquia; unidad funcional 2.1 del proyecto Autopista al Mar 1 y contiene la caracterización detallada de los recursos naturales que demandará el proyecto durante su etapa constructiva, de tal forma que sirva de soporte a la autoridad ambiental para el otorgamiento de los permisos requeridos.

Dichos permisos corresponden a la concesión de agua para uso industrial y doméstico, ocupaciones de cauce en sitios donde se requiere construir obras de drenaje, viaductos o puentes, vertimientos industriales y domésticos, emisiones atmosféricas, aprovechamiento forestal y explotación de materiales de arrastre en la fuente de materiales, el cual se localiza sobre la quebrada Seca.

Por otro lado, para atender lo establecido en la Ley 373 de 1997, “Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico”, en el numeral 11.2 OTROS PLANES Y PROGRAMAS del presente estudio, se presenta el programa de uso eficiente y ahorro del agua que se implementará durante el desarrollo de las actividades constructivas. En cuanto a los FUN -Formulario Único Nacional de Permiso-, en el Anexo O. Demanda, se presenta la totalidad de formularios requeridos para la solicitud de los permisos que se describen.

A continuación se presenta una caracterización detallada de los recursos naturales que demandará el proyecto y los cuales serán utilizados, aprovechados o afectados durante todas las fases de construcción del mismo, con el fin de solicitar los respectivos permisos.

7.1 AGUAS SUPERFICIALES

Durante la etapa de construcción del tramo correspondiente a la Unidad Funcional 2.1 del proyecto Autopista al Mar I, se requerirá aguas para diferentes usos, de tal forma se prevé la captación de aguas para suplir las necesidades de las instalaciones temporales como lo es la planta de trituración, asfalto y concreto, también para humectación y compactación en los diferentes frentes de obra, además para actividades como hormigones, curado y compactación de terraplenes, limpieza e higiene.

7.1.1 Demanda de Agua a Utilizar

A continuación se presentan los volúmenes requeridos para consumo industrial y doméstico durante las actividades constructivas del proyecto.

7.1.1.1 Consumo Industrial

Con base en la información relacionada previamente en del *Capítulo 3. Descripción del Proyecto* del presente estudio, a continuación se presenta el estimado de requerimiento de agua del proyecto, la cual se empleará en las actividades de elaboración de hormigones y su curado, compactación de terraplenes, operación de la planta de triturado y demás actividades de limpieza e higiene (Ver Tabla 7-1), para el caso particular de la planta de triturado de materiales a localizar en el área de explotación (Fuente de materiales), el requerimiento de agua se presenta en la Tabla 7-3.

Tabla 7-1 Volumen de agua requerido para uso industrial

UNIDAD FUNCIONAL	CAUDAL REQUERIDO (l/s)	USO					
		Hormigones		Compactación terraplenes y capas granulares (m³)		Otras tareas de limpieza e higiene	
		m³	Litros	m³	Litros	m³	Litros
UF 2.1	7,15	20.945	20.945.000	209.452	209.452.000	47.603	47.603.000

La determinación del caudal requerido tiene en cuenta una duración de 5 años de la etapa de construcción y una captación de 10 horas/día.

Fuente: DEVIMAR. 2016.

Tabla 7-2 Demanda de agua para la planta de trituración de materiales (Uso industrial)

UNIDAD FUNCIONAL	USO	
	Planta de trituración	
	m³/s	L/s
UF 2.1	0,02	20

Fuente: DEVIMAR. 2016.

7.1.1.2 Consumo Domestico

Para la construcción de la segunda calzada entre San Jerónimo y Santa Fe de Antioquia (Unidad Funcional 2.1) los requerimientos de agua para uso doméstico se asocia con el consumo del personal que operará la planta de concreto, asfalto y triturado a localizar en la vereda La Puerta del municipio de Sopetrán, por lo tanto, teniendo en cuenta una población estimada de 15 personas y considerando los módulos de consumo determinados por el RAS (2000) para una población con un nivel de complejidad medio la *Dotación Neta Máxima* es de 175 l/hab/d, por lo anterior se requieren 2.625 l/día, equivalentes a **0,03038 l/s**.

 Agencia Nacional de Infraestructura	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO – SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	 Devimar SOMOS TU VÍA
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.3	

7.1.1.3 Demanda de Agua Total

Acorde con lo indicado anteriormente, la demanda total de agua para las actividades de construcción se presentan en la Tabla 7-3.

Tabla 7-3 Demanda de agua total en el proyecto

Requerimiento de Agua	Caudal a Utilizar (l/s)
Uso Doméstico	0,030
Uso Industrial	27,15
Demanda Total	27,18

Fuente: Consultoría Colombiana 2.016

7.1.2 Identificación de las fuentes de captación y caudal a solicitar

Para la identificación de las fuentes objeto de captación, se tuvo en cuenta la información recopilada durante el trabajo de campo entre los días del 4 a 10 de junio donde se realizó la caracterización de cada uno de los puntos entre San Jerónimo y Santa Fe de Antioquia, además de la información de hidrología en la zona. Acorde con lo anterior, se plantea la captación en los puntos y corrientes que se presentan en la Tabla 7-4; se debe tener en cuenta que la coordenada indicada corresponde a un punto de referencia, desde el cual se medirá una franja de 50 metros a su alrededor, en la cual se efectuará finalmente la captación del recurso, lo anterior teniendo en cuenta posibles cambios en el comportamiento del cuerpo de agua y condiciones para la instalación de los equipos requeridos para la captación.

Tabla 7-4 Identificación de sitios de captación

ID	Corriente	Vereda/Municipio	Coordenadas Magna Sirgas origen Oeste*		Uso	
			Este	Norte	I	D
CAP 1	Río Aurrá	Los Almendros - Sopetrán	1141310,18	1212041,52	X	
CAP 2	Río Aurrá	Los Almendros - Sopetrán	1141805,67	1211233,01	X	
CAP 3	Río Aurrá	El Rodeo - Sopetrán	1142618,93	1209696,29	X	X
CAP 5	Río Cauca	Los Almendros– Sopetrán	1139135,09	1212010,15	X	
CAP 6	Quebrada Seca	La Puerta - Sopetrán	1142534,12	1205982,59	X	

*Coordenadas de referencia desde las cuales se definirá el punto definitivo de captación en una franja de 50 metros aguas arriba y 50 metros aguas abajo, de acuerdo a las condiciones de la zona al momento de la construcción.

Fuente: (Consultoría Colombiana S.A, 2016)

 Agencia Nacional de Infraestructura	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO – SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	 Devimar SOMOS TU VÍA
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.3	

Para determinar el caudal de agua a solicitar en cada punto de captación, se tomó como referencia los caudales medios mensuales estimados en la corriente hasta el punto propuesto para captación. Dicho caudal se calculó a partir del área de la cuenca hasta el sitio de captación y con los datos de rendimientos hídricos calculados en la estación Peñalta sobre el río Aurrá y Cañafisto sobre el río Cauca. A partir del caudal medio mensual más bajo para cada punto, se descontó el caudal ambiental, el cual fue calculado según la metodología sugerida por el IDEAM (MAVDT, 2004), equivalente a un porcentaje de descuento de 25% sobre el caudal medio mensual más bajo de la corriente, acorde con lo anterior se tienen los caudales que se presentan en la Tabla 7-5.

Tabla 7-5. Caudal disponible corrientes consideradas para captación

ID	Corriente	Mínimo caudal medio mensual (m ³ /s)	Caudal ambiental (m ³ /s)	Caudal disponible	
				m ³ /s	l/s
CAP 1	Río Aurrá	2,87	0,72	2,15	2152,5
CAP 2	Río Aurrá	2,85	0,71	2,14	2137,5
CAP 3	Río Aurrá	2,77	0,69	2,08	2077,5
CAP 5	Río Cauca	625,64	156,41	469,23	469230
CAP 6	Quebrada Seca	2,75	0,69	2,07	2066,15

Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2016.

Teniendo en cuenta además del caudal disponible, la demanda total de agua del proyecto y la localización de los puntos propuestos para obtener el recurso, se consideran los siguientes caudales de captación en cada caso. (Tabla 7-6).

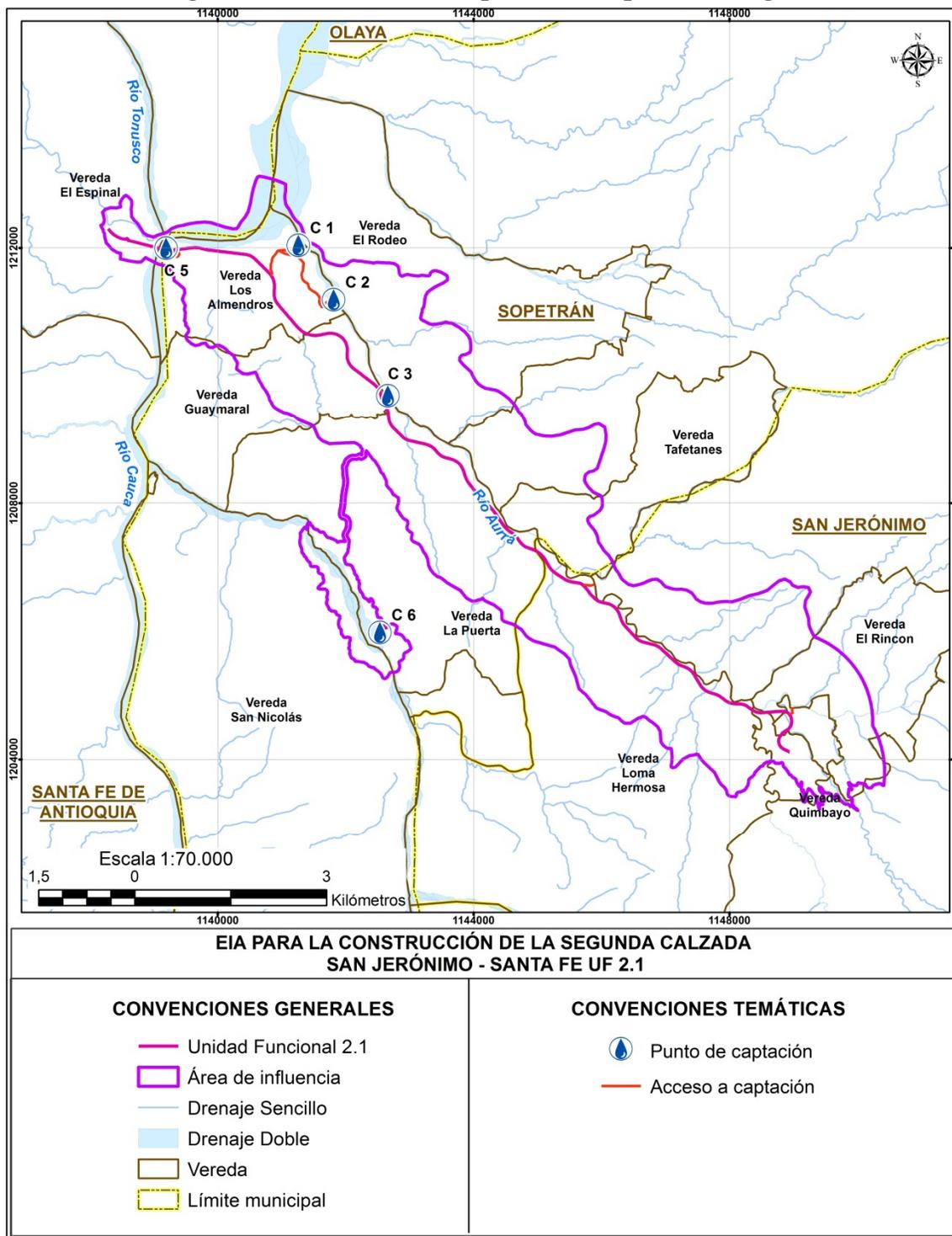
Tabla 7-6. Caudal a captar en cada corriente

ID	Corriente prevista para captación	Caudal disponible (l/s)	Caudal a captar (l/s)	Uso	
				Industrial (l/s)	Doméstico (l/s)
CAP 1	Rio Aurrá	2152,5	1,5	1,5	
CAP 2	Rio Aurrá	2137,5	1,5	1,5	
CAP 3	Rio Aurrá	2077,5	1,48	1,45	0,03
CAP 5	Rio Cauca	469230	2,7	2,7	
CAP 6	Quebrada Seca	2066,15	20	20	
Total Caudal de captación			27,18	27,15	0,03

Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2016.

A continuación en la Figura 7-1 se muestra la localización geográfica de cada uno de los puntos de captación para la construcción de la segunda calzada entre San Jerónimo y Santa Fe de Antioquia (UF 2.1).

Figura 7-1. Localización de puntos de captación de agua



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016

7.1.2.1 Accesos a Captaciones

El acceso a los cinco (5) puntos de captación que se contemplan para el proyecto vial, se efectúa a través de accesos existentes (captaciones 1, 2, 3 y 5) o mediante accesos que se adecuaran para las actividades constructivas del proyecto (captación 6) (Ver Tabla 7-7). A continuación se hace una breve descripción del estado de estos accesos, teniendo en cuenta que información más detallada puede ser consultada en el capítulo 3 del presente estudio.

El acceso a la captación número 3 referida al río Aurrá, se efectúa desviando a la altura de la vereda Guaymaral del municipio de Sopetrán, a través de una vía en recebo con cunetas en tierra, sobre la cual se recorrer aproximadamente 161 metros, presenta un puente sobre el río lo cual facilita el acceso a la franja de captación propuesta, a través de esta vía se llega a la vereda El Rodeo.

Las captaciones número 2 y 1 tienen un acceso en una calzada en recebo con cunetas en tierra las cuales están relacionadas con tránsito de volquetas y equipos pesados por ser tránsito a zonas de explotación de materiales, estas también hacen referencia al Río Aurrá y se localizan en la vereda Los Almendros del municipio de Sopetrán.

La captación número 5 correspondiente al río Cauca cuenta con un acceso en recebo y cunetas de tierra, la vía está relacionada con el tránsito liviano, localizada a la altura de la vereda Los Almendros del municipio de Sopetrán.

Para el acceso a la captación número 6 (Quebrada Seca) se efectúa a través de la vía que conduce a la vereda La Puerta, la cual será empleada igualmente para el acceso a la fuente de materiales del proyecto, corresponde a una vía en tierra con obras de arte en algunos sectores que será objeto de adecuación por el proyecto para permitir el tránsito bidireccional, posteriormente, se transita dentro de la franja de explotación de materiales de arrastre.

Tabla 7-7. Vías de acceso a las Captaciones

No.	Vía de Acceso	Captación
Captación No. 3 – Río Aurrá		

No.	Vía de Acceso	Captación
Captación No. 2 – Río Aurrá		
Captación No. 1 – Río Aurrá		
Captación No. 5 – Río Cauca		
Captación No. 6 – Quebrada Seca		

Fuente. (Consultoría Colombiana S.A, 2016)

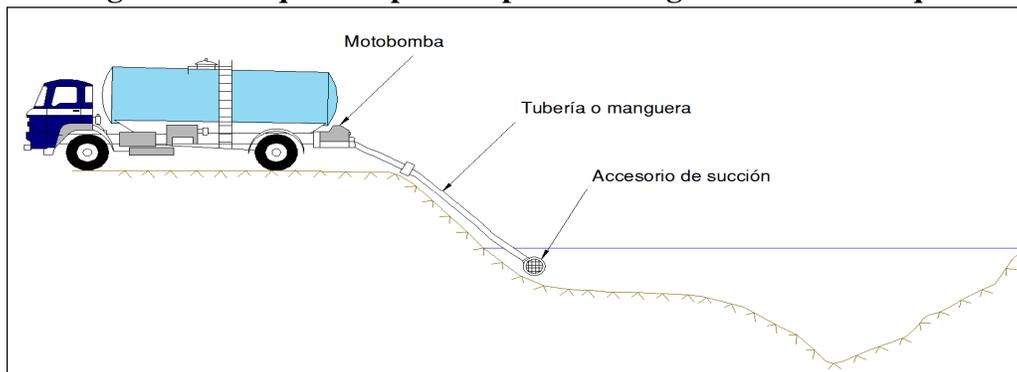
7.1.3 Diseño tipo de la infraestructura y sistema de captación, derivación, conducción, restitución de sobrantes y distribución

A continuación se presenta los aspectos generales que serán considerados para hacer uso del recurso durante las actividades constructivas.

7.1.3.1 Captación con bomba desde carro tanque

La captación de aguas se propone realizarla mediante motobomba acoplada a carro tanque, la cual se unirá a una manguera de agua o tubería proveniente de la corriente de agua; esta alternativa, evita la intervención de la corriente con la construcción de infraestructura o con el ingreso de los vehículos en las corrientes superficiales en las cuales se solicita concesión. En el caso de requerirse la captación del recurso a través de una alternativa diferente a la señalada, se asegurará el cumplimiento de las obligaciones que sean establecidas por la autoridad al momento de otorgar la autorización. (Figura 7-2).

Figura 7-2. Esquema tipo de captación de agua con carro tanque



Fuente: (Consultoría Colombiana S.A, 2016)

7.1.3.2 Conducción

El transporte podrá realizarse a través de carro tanques o líneas de conducción, siempre considerando la medición del caudal captado mediante el uso de medidores de flujo o flujómetros, de tal forma que no se sobrepasen los caudales aprobados en cada corriente. Para la instalación de las líneas de conducción, se considerará su localización a un costado de las vías existentes, de tal forma que no se requiera la intervención de áreas.

7.1.3.3 Tratamiento

Los sistemas de conducción o transporte llevarán los caudales captados a una unidad de tratamiento de aguas según sea la necesidad (doméstica o industrial); en las cuales se asegurarán las condiciones requeridas para su uso. De modo preliminar, no se considera

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO – SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.		
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL		
	VERSIÓN 0.3		

el tratamiento de agua para uso industrial, sin embargo, en el caso de ser necesario se utilizarán floculadores portátiles o equipos similares, que entreguen el agua con bajo contenidos de sólidos; estos equipos se localizaran de acuerdo a la actividad que demande el recurso (Figura 7-3).

Figura 7-3. Sistema portátil de floculación



Fuente. (Consultoría Colombiana S.A, 2016)

Para el caso del agua destinada al uso doméstico se prevé el uso de una planta de tratamiento compacta convencional, que cuente con unidades independientes de filtración y clarificación, de fácil operación y mantenimiento, la cual se ubicará en el área denominada Planta 2 en la que se incluye la de asfalto, concreto y triturado.

El sistema de captación–conducción–almacenamiento–tratamiento y distribución del agua contará con el adecuado mantenimiento para garantizar el suministro permanente del recurso a las zonas industriales, y demás instalaciones que lo requieran, en la cantidad y calidad requerida para las actividades industriales y domésticas (sanitarios).

7.1.4 Análisis de Conflictos Actuales o Potenciales sobre la Disponibilidad y Usos

En el área de estudio se localizarán cinco captaciones, a saber, Captación 1, 2 y 3 situadas sobre el río Aurrá, la Captación 5 sobre el río Cauca y finalmente la captación 6 en la Quebrada La Seca; las corrientes ya mencionadas se encuentran instrumentadas, por lo que los caudales característicos se obtienen a partir de los registros históricos.

7.1.4.1 Caudales Máximos

Los caudales de un río son completamente aleatorios, dependen de ciertos factores tales como precipitación, geología, vegetación, topografía, temperatura, entre otros. Sin embargo los factores que tienen una mayor influencia son las precipitaciones y las condiciones geológicas.

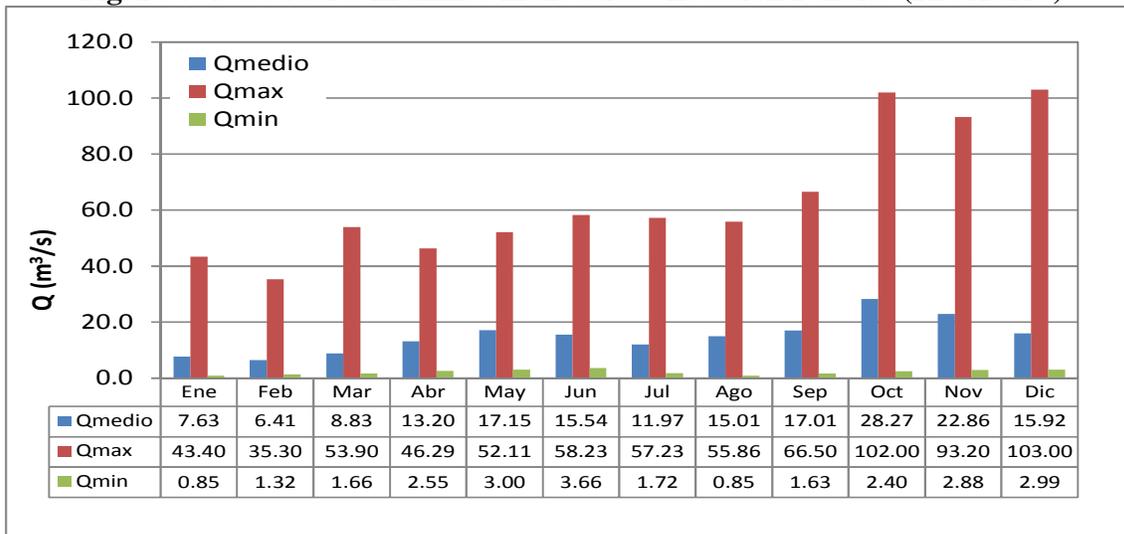
Los valores de caudales máximos de una estación, así como los de precipitación siguen una distribución de probabilidades. En una serie de datos estadísticos de una estación hidrológica, es indispensable resumir esta multitud de cifras en elementos sintéticos que caractericen la estación desde el punto de vista considerado. Una serie de datos de precipitación o de caudales máximos puede ser ajustada a una distribución probabilística.

La información de caudales máximos anuales de cada estación fue procesada y ajustada mediante software a funciones probabilísticas.

7.1.4.1.1 Estación Peñalta (Río Aurrá)

La Estación Peñalta registra un caudal máximo medio anual de 14.98 m³/s, en un registro de 32 años. La serie de máximos muestra un caudal mínimo de 0.85 m³/s en los meses de enero y agosto y máximo de 103 m³/s en el mes de diciembre (Ver Figura 7-4).

Figura 7-4. Caudales máximos mensuales - Estación Peñalta (Río Aurrá)



Fuente: Consultoría Colombiana, 2016.

➤ Análisis de Frecuencia

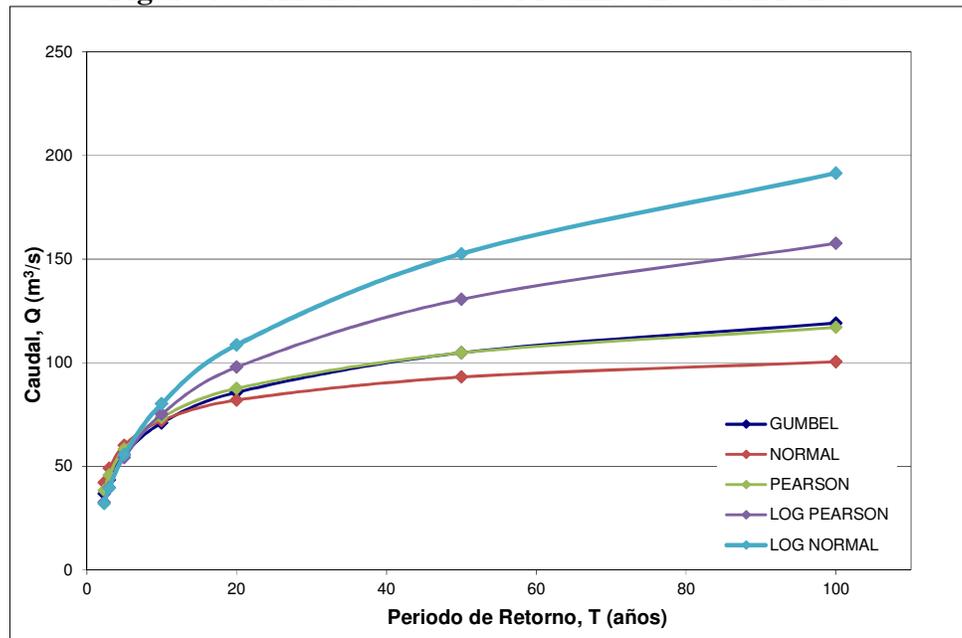
El análisis de frecuencia de los registros máximos anuales de caudal reportados de la estación Peñalta en el río Aurrá indica 21.06 m³/s para un periodo de retorno de 1.33 años, y 55.59 m³/s para 5 años. Los resultados de acuerdo con cada distribución de probabilidad se muestran en la Tabla 7-8 y en la Figura 7-5.

Tabla 7-8. Frecuencia de Caudales Máximos Estación Peñaalta

PERIODO RETORNO	VALOR ESPERADO PARA CADA DISTRIBUCIÓN PARA CADA Tr					CAUDAL SELECCIONADO
	GUMBEL	NORMAL	PEARSON	LOG PEARSON	LOG NORMAL	
(años)	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s
1.33	21.06	23.07	20.75	18.51	17.83	21.06
2	32.37	37.29	33.41	28.26	27.58	32.37
5	55.59	60.13	58.26	54.19	55.57	55.59
10	70.95	72.08	73.61	75.16	80.18	70.95
20	85.70	81.94	87.57	97.80	108.53	85.70
50	104.78	93.04	104.71	130.56	152.56	104.78
100	119.08	100.44	116.99	157.58	191.44	119.08
PRUEBA CHI CUADRADO	16.55	37.41	31.68	23.09	20.64	16.55
	0.011	0.000	0.000	0.000	0.002	0.01

Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2016.

Figura 7-5. Análisis Caudales Máximos Estación Peñaalta

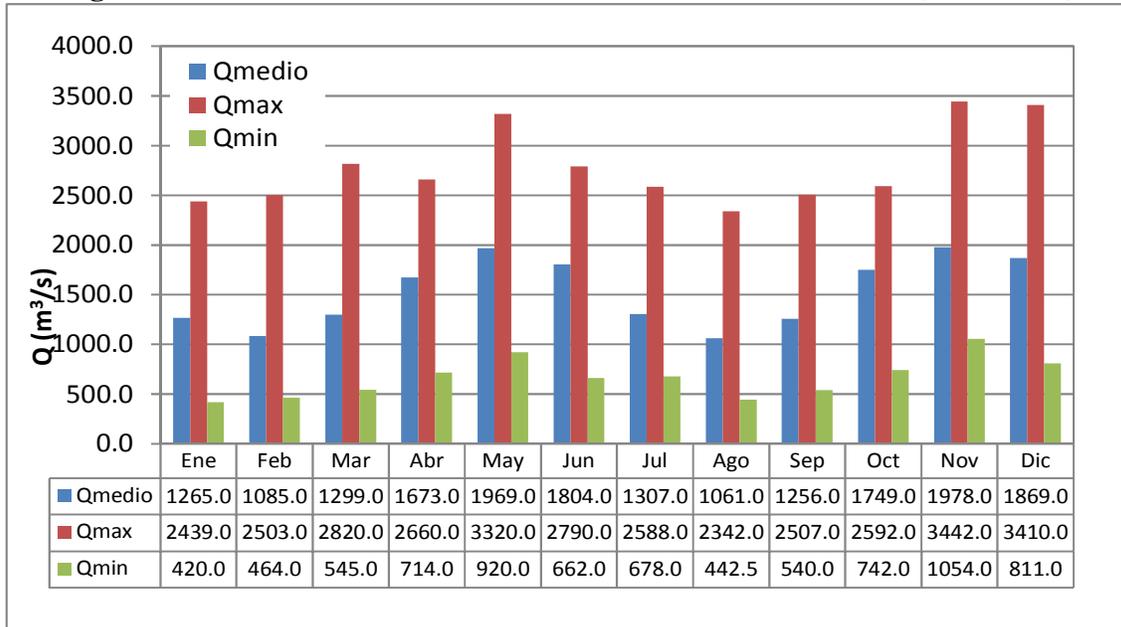


Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2016.

7.1.4.1.2 Estación Cañafisto (Río Cauca – Santa Fe de Antioquia)

La Estación Cañafisto registra un caudal máximo medio anual de 1526.3m³/s, en un registro de 32 años. La serie de máximos muestra un caudal mínimo de 420 m³/s y máximo de 3442 m³/s. (Ver Figura 7-6).

Figura 7-6. Caudales máximos mensuales - Estación Cañafisto (Río Cauca)



Fuente: Consultoría Colombiana, 2016.

➤ **Análisis de Frecuencia**

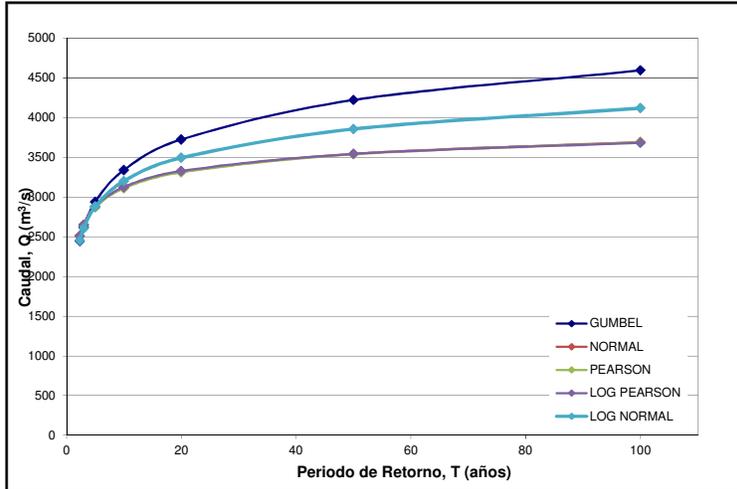
El análisis de frecuencia de los registros máximos anuales de caudal reportados de la estación Cañafisto en el río Cauca indican 2125.70 m³/s para un periodo de retorno de 1.33 años, y 2876.90 m³/s para 5 años. Los resultados de acuerdo con cada distribución de probabilidad se muestran en la Tabla 7-9 y en la Figura 7-7.

Tabla 7-9. Frecuencia de Caudales Máximos Estación Cañafisto

Periodo retorno (años)	Valor esperado para cada distribución para cada tr					Caudal seleccionado m ³ /s
	GUMBEL m ³ /s	NORMAL m ³ /s	PEARSON m ³ /s	LOG PEARSON m ³ /s	LOG NORMAL m ³ /s	
1.33	2039.50	2125.70	2126.80	2113.60	2070.80	2125.70
2	2334.50	2413.90	2409.50	2403.90	2349.80	2413.90
5	2939.90	2876.90	2868.40	2880.10	2878.70	2876.90
10	3340.70	3119.10	3110.40	3127.80	3201.30	3119.10
20	3725.20	3319.00	3311.40	3327.80	3494.70	3319.00
50	4222.90	3544.00	3539.00	3544.30	3857.10	3544.00
100	4595.90	3694.00	3691.40	3682.10	4119.30	3694.00
PRUEBA CHI CUADRADO	4.00	2.50	4.50	4.50	4.50	2.50
	0.549	0.777	0.343	0.343	0.480	0.78

Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2016

Figura 7-7. Análisis Caudales Máximos Estación Cañafisto



Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2016.

7.1.4.1.3 Transposición de Caudales -Cuencas instrumentadas (INVIAS, 2009)

Es posible que la estación hidrométrica sobre la corriente de agua que cruza la vía que se estudia no se encuentre exactamente en el sitio de proyecto de la obra de drenaje vial, sino en la misma hoya hidrográfica, en otra ubicación. Se pueden transferir caudales máximos instantáneos anuales de diferentes periodos de retorno de esta estación hasta el sitio de proyecto, mediante relaciones de áreas de drenaje, así:

$$Q_{SP} = Q_{EH} \times \left(\frac{A_{SP}}{A_{EH}} \right)^x$$

Dónde:

QSP: Caudal en el sitio de proyecto (m³/s).

QEH: Caudal en la estación hidrométrica (m³/s).

ASP: Área hoya hidrográfica hasta el sitio de proyecto (km²).

AEH: Área hoya hidrográfica hasta la estación hidrométrica (km²).

El exponente x es un valor que fluctúa usualmente entre 0.5 y 0.75. A falta de datos de investigación, se acostumbra tomar un valor igual a 0.5.

En todo caso, para la aplicación de esta metodología es imperativo que las áreas de drenaje no sean muy diferentes. En general, esta diferencia no podrá ser mayor o menor al 50 % del valor original del área de drenaje.

7.1.4.1.4 Cálculo Caudales máximos sitios de captación

Aplicando la metodología anteriormente expuesta, se obtienen los caudales máximos mostrados en la Tabla 7-10.

 Agencia Nacional de Infraestructura	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO – SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	 Devimar SOMOS TU VÍA
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.3	

Tabla 7-10 Estimación de caudales máximos por método de transposición

ID	Corriente	Área _{sp} (Km ²)	Estación	Área _{eh} (Km ²)	Asp/Aeh	Transposición de caudales							
						Aplicación	1.33	2	5	10	20	50	100
Captación 3	Río Aurrá	230.01	Peñalta	192.06	1.198	Válido	23.05	35.43	60.83	77.65	93.78	114.66	130.31
Captación 2	Río Aurrá	236.23	Peñalta	192.06	1.230	Válido	23.36	35.90	61.64	78.69	95.04	116.20	132.06
Captación 1	Río Aurrá	238.14	Peñalta	192.06	1.240	Válido	23.46	36.05	61.89	79.01	95.42	116.67	132.60
Captación 5	Río Cauca	32,975.39	Cañafisto	32609.86	1.011	Válido	2137.58	2427.39	2892.98	3136.53	3337.55	3563.81	3714.65
Captación 6	Quebrada Seca	228.65	Peñalta	192.06	1.190	Válido	22.98	35.32	60.65	77.42	93.50	114.32	129.93

Fuente: Consultoría Colombiana S.A. 2015

7.1.4.2 Caudales Mínimos

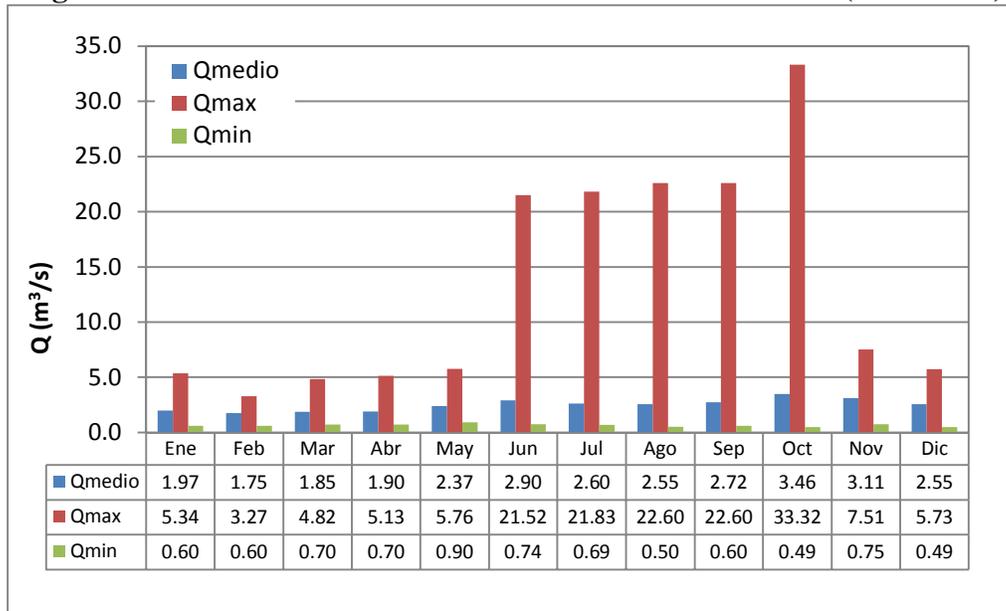
Se presenta, la información de cada estación hidrométrica, correspondiente a los valores mínimos mensuales de caudales, reportados por el IDEAM.

Los valores mínimos en hidrología de drenaje (precipitación o caudales), se pueden ajustar a distribuciones probabilísticas. Aunque existen numerosas distribuciones de probabilidad para valores máximos, es muy común en hidrología utilizar para estos valores las distribuciones de probabilidad Gumbel (escuela europea) y log-Pearson Tipo III (escuela americana).

7.1.4.2.1 Estación Peñalta (Río Aurrá)

La Estación Peñalta registra un caudal mínimo medio anual de 2.48 m³/s, en un registro de 32 años. La serie de medios muestra un caudal mínimo de 0.49 m³/s y máximo de 33.32 m³/s. (Ver Figura 7-8).

Figura 7-8. Caudales mínimos mensuales - Estación Peñalta (Río Aurrá)



Fuente: Consultoría Colombiana, 2016.

➤ Análisis de Frecuencia

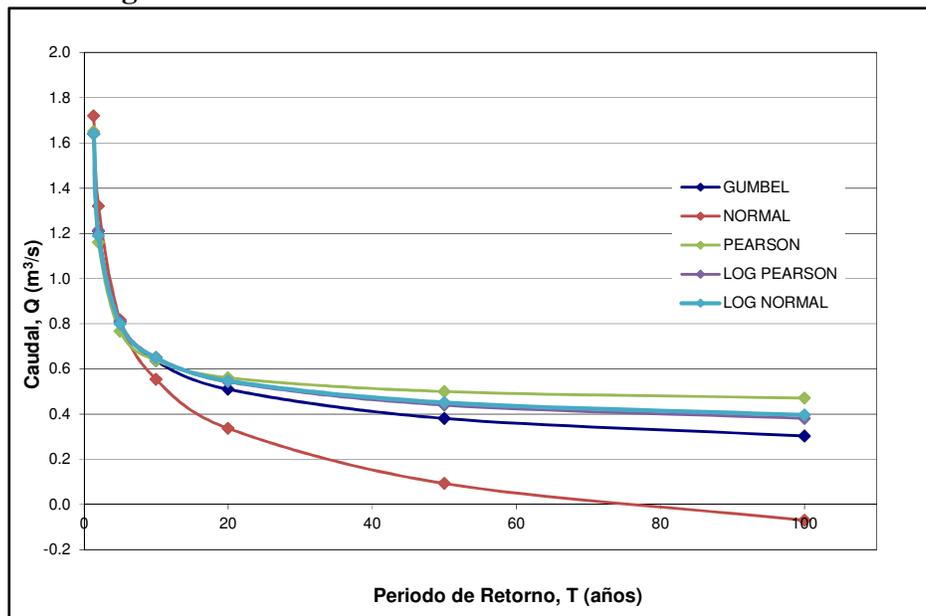
El análisis de frecuencia de los registros mínimos anuales de caudales reportados de la estación Peñalta en el río Aurrá indica 1.64 m³/s para un periodo de retorno de 1.33 años, y 0.81 m³/s para 5 años. Los resultados de acuerdo con cada distribución de probabilidad se muestran en la Tabla 7-11 y en la Figura 7-9.

Tabla 7-11. Frecuencia de Caudales Mínimos Estación Peñalta

Periodo Retorno (años)	Valor esperado para cada distribución para cada Tr					Caudal Seleccionado m ³ /s
	GUMBEL m ³ /s	NORMAL m ³ /s	PEARSON m ³ /s	LOG PEARSON m ³ /s	LOG NORMAL m ³ /s	
1.33	1.64	1.72	1.65	1.64	1.64	1.65
2	1.21	1.32	1.16	1.21	1.19	1.16
5	0.81	0.82	0.77	0.81	0.80	0.77
10	0.64	0.55	0.64	0.65	0.65	0.64
20	0.51	0.34	0.56	0.54	0.55	0.56
50	0.38	0.09	0.50	0.44	0.45	0.50
100	0.30	-0.07	0.47	0.38	0.40	0.47
PRUEBA CHI CUADRADO	4.86	4.10	1.81	7.52	3.33	1.81
	0.434	0.534	0.771	0.111	0.649	0.77

Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2016.

Figura 7-9. Análisis Caudales Mínimos Estación Peñalta

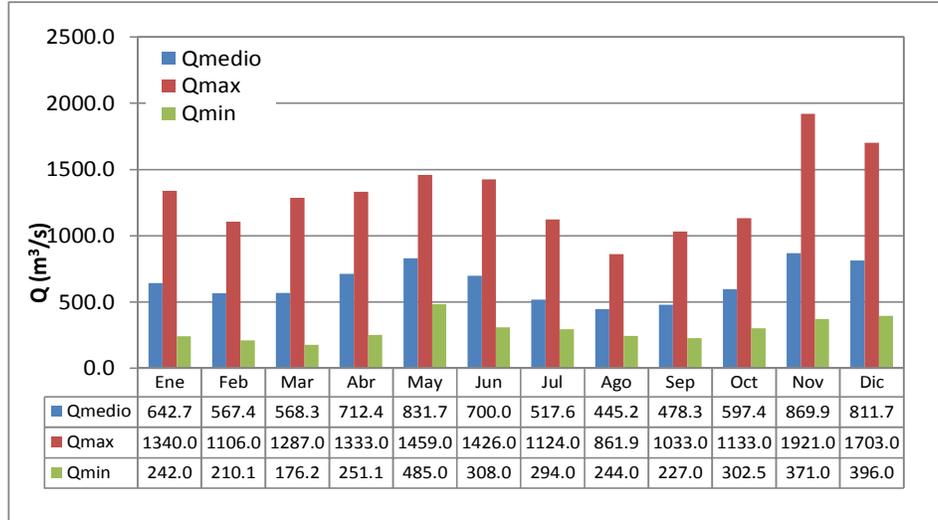


Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2016.

7.1.4.2.2 Estación Cañafisto (Río Cauca – Santa Fe de Antioquia)

La Estación Cañafisto registra un caudal mínimo medio anual de 645.2 m³/s, en un registro de 32 años. La serie de mínimos muestra un caudal mínimo de 176.2 m³/s y máximo de 1921 m³/s. (Ver Figura 7-10).

Figura 7-10. Caudales mínimos mensuales - Estación Cañafisto (Río Cauca)



Fuente: Consultoría Colombiana, 2016.

➤ Análisis de Frecuencia

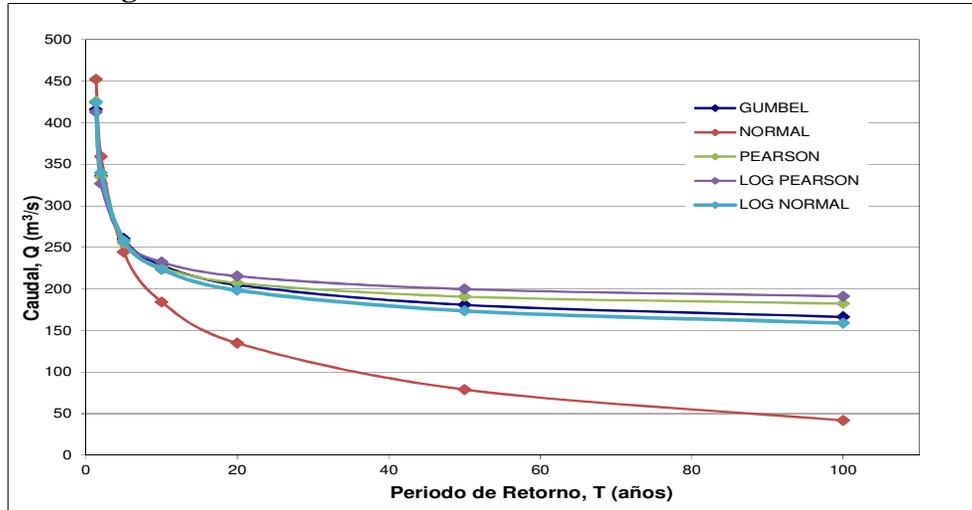
El análisis de frecuencia de los registros mínimos anuales de caudales reportados de la estación Cañafisto en el río Cauca indica 424.40 m³/s para un periodo de retorno de 1.33 años y 258.10 m³/s para 5 años. Los resultados de acuerdo con cada distribución de probabilidad se muestran en la Tabla 7-12 y en la Figura 7-11.

Tabla 7-12. Frecuencia de Caudales Mínimos Estación Cañafisto

Periodo retorno (años)	Valor esperado para cada distribución para cada tr					Caudal seleccionado m ³ /s
	GUMBEL m ³ /s	NORMAL m ³ /s	PEARSON m ³ /s	LOG PEARSON m ³ /s	LOG NORMAL m ³ /s	
1.33	415.90	452.30	425.70	413.00	424.40	424.40
2	336.20	359.40	334.70	327.00	339.80	339.80
5	260.60	244.50	255.20	257.90	258.10	258.10
10	228.50	184.40	226.00	232.40	223.50	223.50
20	204.90	134.80	207.20	215.40	198.40	198.40
50	180.90	78.93	190.80	199.80	173.60	173.60
100	166.30	41.71	182.30	191.20	158.80	158.80
PRUEBA CHI CUADRADO	3.50	13.00	6.00	4.50	3.00	3.00
	0.623	0.023	0.199	0.343	0.700	0.70

Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2016.

Figura 7-11. Análisis Caudales Mínimos Estación Cañafisto



Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2016.

7.1.4.2.3 Transposición de Caudales -Cuencas instrumentadas (INVIAS, 2009)

Es posible que la estación hidrométrica sobre la corriente de agua que cruza la vía que se estudia no se encuentre exactamente en el sitio de proyecto de la obra de drenaje vial, sino en la misma hoya hidrográfica, en otra ubicación. Se pueden transferir caudales máximos instantáneos anuales de diferentes periodos de retorno de esta estación hasta el sitio de proyecto, mediante relaciones de áreas de drenaje, así:

$$Q_{SP} = Q_{EH} \times \left(\frac{A_{SP}}{A_{EH}} \right)^x$$

Dónde:

QSP: Caudal en el sitio de proyecto (m³/s).

QEH: Caudal en la estación hidrométrica (m³/s).

ASP: Área hoya hidrográfica hasta el sitio de proyecto (km²).

AEH: Área hoya hidrográfica hasta la estación hidrométrica (km²).

El exponente x es un valor que fluctúa usualmente entre 0.5 y 0.75. A falta de datos de investigación, se acostumbra tomar un valor igual a 0.5.

En todo caso, para la aplicación de esta metodología es imperativo que las áreas de drenaje no sean muy diferentes. En general, esta diferencia no podrá ser mayor o menor al 50 % del valor original del área de drenaje.

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO – SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.3	

7.1.4.2.4 Cálculo Caudales mínimos sitios de captación

Aplicando la metodología anteriormente expuesta, se obtienen los caudales mínimos mostrados en la Tabla 7-13.

Tabla 7-13 Estimación de caudales mínimos por método de transposición

ID	Corriente	Área _{sp} (Km ²)	Estación	Área _{eh} (Km ²)	Asp/Aeh	Transposición de caudales							
						Aplicación	1.33	2	5	10	20	50	100
Captación 3	Río Aurrá	230.01	Peñalta	192.06	1.198	Válido	1.81	1.27	0.84	0.70	0.61	0.55	0.51
Captación 2	Río Aurrá	236.23	Peñalta	192.06	1.230	Válido	1.83	1.29	0.85	0.71	0.62	0.55	0.52
Captación 1	Río Aurrá	238.14	Peñalta	192.06	1.240	Válido	1.84	1.29	0.86	0.71	0.62	0.56	0.52
Captación 5	Río Cauca	32,975.39	Cañafisto	32609.86	1.011	Válido	426.77	341.70	259.54	224.75	199.51	174.57	159.69
Captación 6	Quebrada Seca	228.65	Peñalta	192.06	1.190	Válido	1.80	1.27	0.84	0.70	0.61	0.55	0.51

Fuente: Consultoría Colombiana S.A. 2015

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO – SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.3	

7.1.4.3 Inventario y cuantificación aguas abajo de la captación

El inventario de usos y usuarios fue realizado en las fuentes de agua a intervenir para captaciones, es decir sobre el río Aurrá, el río Cauca y la quebrada Seca. En el *Capítulo 5.1.7 Usos del Agua* del presente estudio, se muestra el inventario detallado de los usos y usuarios identificados en el área de estudio para la construcción de la segunda Calzada entre San Jerónimo y Santa Fe de Antioquia, los cuales corresponden a los reportes obtenidos en campo y el reporte entregado por CORANTIOQUIA como autoridad ambiental de la zona.

Para el río Cauca se identificó una sola captación cercana, localizada en el municipio de Santa Fe de Antioquia a la altura de la vereda Obregón, no obstante esta se localiza a aproximadamente 1,3 kilómetros aguas arriba de la captación propuesta. En cuanto a usuarios sobre el río Aurrá, de acuerdo al reporte entregado por CORANTIOQUIA en el mes de julio del presente año, se registra solo un usuario en cercanías de la captación 3, sin embargo esta se localiza aguas arriba del punto propuesto a 260 metros aproximadamente. Para la quebrada Seca se registra una captación a 2,9 kilómetros aguas abajo aproximadamente y una captación a 59 metros aguas arriba del punto de captación propuesto, otorgada a la empresa Aguas San Nicolás S.A. E.S.P.; cabe mencionar que esta captación se localiza dentro del polígono de fuente de materiales no obstante, la extracción de materiales se concentrara en la zona sur del polígono, por lo cual no se prevé afectación. (Ver Tabla 7-14).

Acorde con lo anterior, se considera que no existirá conflicto con los usuarios identificados, dado principalmente a la disponibilidad de cada corriente, la localización propuesta para las captaciones y la distancia existente entre los puntos propuestos por el proyecto y los autorizados a cada usuario por la autoridad ambiental.

Tabla 7-14. Usuarios registrados por CORANTIOQUIA

Usuario	Municipio	Corriente	Caudal autorizado (l/s)	Vereda	Coordenadas Magna Sirgas origen Oeste	
					Este	Norte
Pentágono Construcciones S.A	Santa Fe de Antioquia	Río Cauca	1,344	El Espinal	1138988,60	1210620,27
Blanca Grimaneza Paniagua Gallego	Sopetrán	Aurrá (Acequia)	9,40	La Puerta	1142718,00	1209421,59
Consejo Comunitario de la comunidad negra de San Nicolás	Sopetrán	Quebrada Seca	0,99	San Nicolás	1140643,14	1207768,62
Aguas San Nicolás S.A. E.S.P.	Sopetrán	Quebrada Seca	17,082	La Puerta	1142552,58	1205926,61

Fuente. (Consultoría Colombiana S.A, 2016)

7.1.4.4 Curvas de Duración de Caudal

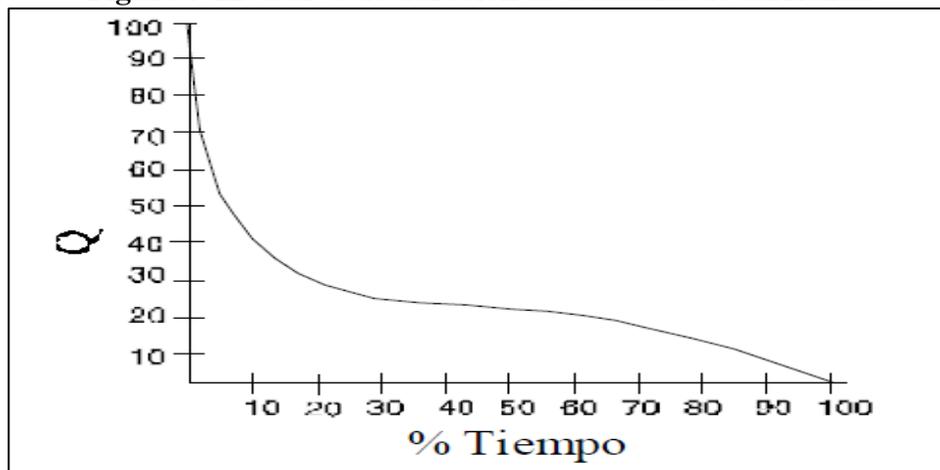
La curva de duración (CDC) es un procedimiento gráfico para el análisis de la frecuencia de los datos de caudales y representa la frecuencia acumulada de ocurrencia de un caudal determinado. Es una gráfica que tiene el caudal, Q , como ordenada y el número de días del año (generalmente expresados en % de tiempo) en que ese caudal, Q , es excedido o igualado, como abscisa. La ordenada Q para cualquier porcentaje de probabilidad, representa la magnitud del flujo en un año promedio, que espera que sea excedido o igualado un porcentaje, P , del tiempo.

Los datos de caudal medio anual, mensual o diario se pueden usar para construir la curva. Los caudales se disponen en orden descendente, usando intervalos de clase si el número de valores es muy grande. Si N es el número de datos, la probabilidad de excedencia, P , de cualquier descarga (o valor de clase), Q es:

$$P = N/m$$

Siendo m el número de veces que se presenta en ese tiempo el caudal. Si se dibuja el caudal contra el porcentaje de tiempo en que éste es excedido o igualado se tiene una gráfica como la mostrada en la Figura 7-12.

Figura 7-12. Curva de duración de Caudales de corrientes



Fuente: Consultoría Colombiana S.A. (2016)

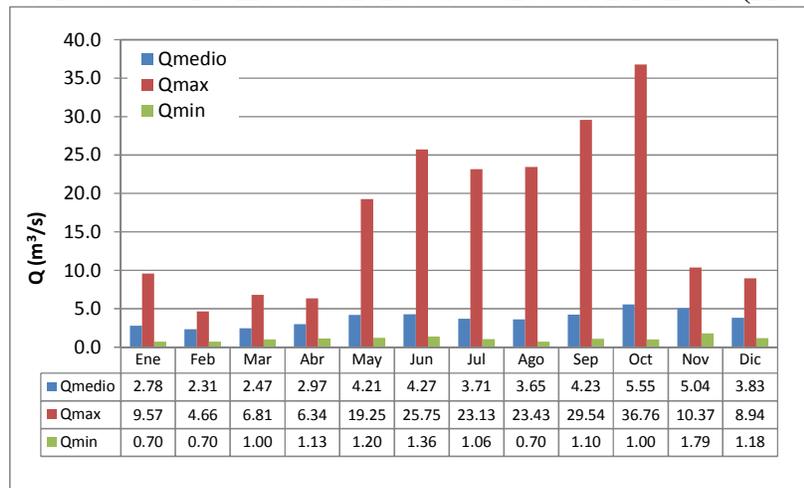
La curva de duración de caudales resulta del análisis de frecuencias de la serie histórica de caudales medios diarios. Se estima que si la serie histórica es suficientemente buena, la curva de duración es representativa del régimen de caudales medios de la corriente y por lo tanto puede utilizarse para pronosticar el comportamiento del régimen futuro de caudales, o sea el régimen que se presentará durante la vida útil del proyecto.

Las curvas de duración tienen formas típicas que dependen de las características de las cuencas vertientes. En cuencas de montaña, por ejemplo, la pendiente pronunciada en el tramo inicial de la curva indica que los caudales altos se presentan durante períodos cortos, mientras que en los ríos de llanura no existen diferencias muy notables en las pendientes de los diferentes tramos de la curva.

7.1.4.5 Estación Peñalta (Río Aurrá)

La Estación Peñalta registra un caudal medio anual de 3.75 m³/s, en un registro de 32 años. La serie de medios muestra un caudal mínimo de 0.70 m³/s y máximo de 36.76 m³/s. (Ver Figura 7-13).

Figura 7-13. Caudales medios mensuales - Estación Peñalta (Río Aurrá)

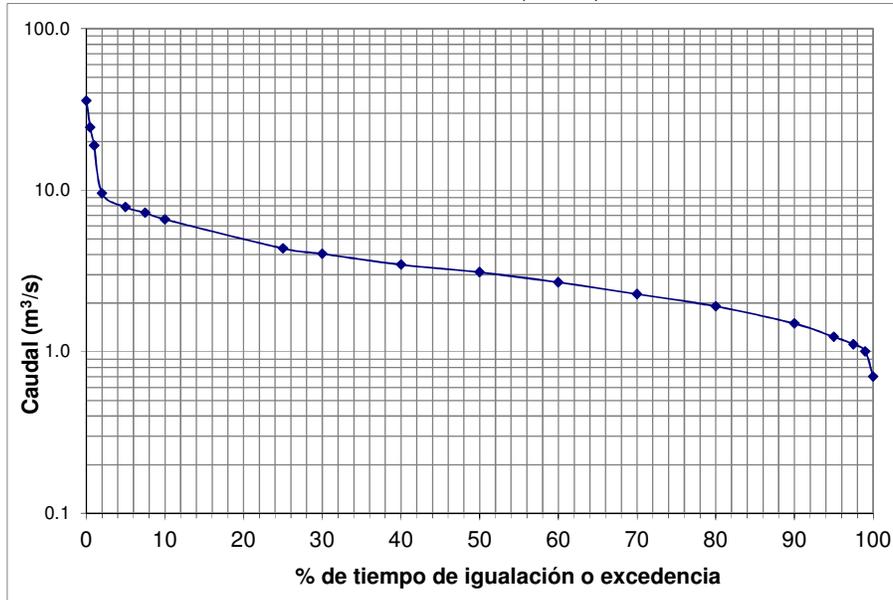


Fuente: Consultoría Colombiana, 2016.

➤ Curva de duración de caudales

En la Figura 7-14 se presenta la CDC para el río Aurrá en la estación de registro respectiva.

Figura 7-14. Curva de Duración de Caudales (CDC) Río Aurrá – Estación Peñalta



Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2016.

Así se obtienen caudales característicos del río Aurrá a la altura de la estación, los cuales se presentan en la Tabla 7-15.

Tabla 7-15 Caudales característicos en la cuenca del río Aurrá– Estación Peñalta

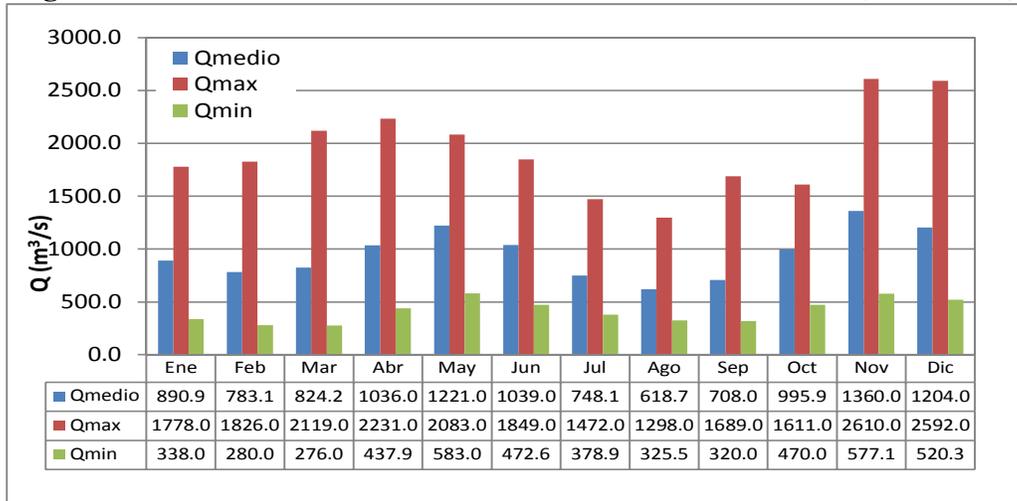
Porcentaje del tiempo que el caudal es excedido (%)	Caudal m³/s Estación Peñalta (Río Aurrá)
1	9.75
5	8.02
10	6.85
25	4.35
50	3.00
75	1.95
90	1.47
95	1.21
97.5	1.10
100	1.00

Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2016.

7.1.4.6 Estación Cañafisto (Río Cauca – Santa Fe de Antioquia)

La Estación Cañafisto registra un caudal medio anual de 952.4/s, en un registro de 32 años. La serie de medios muestra un caudal mínimo de 276 m³/s y máximo de 2610 m³/s. (Ver Figura 7-15).

Figura 7-15. Caudales medios mensuales - Estación Cañafisto (Río Cauca)

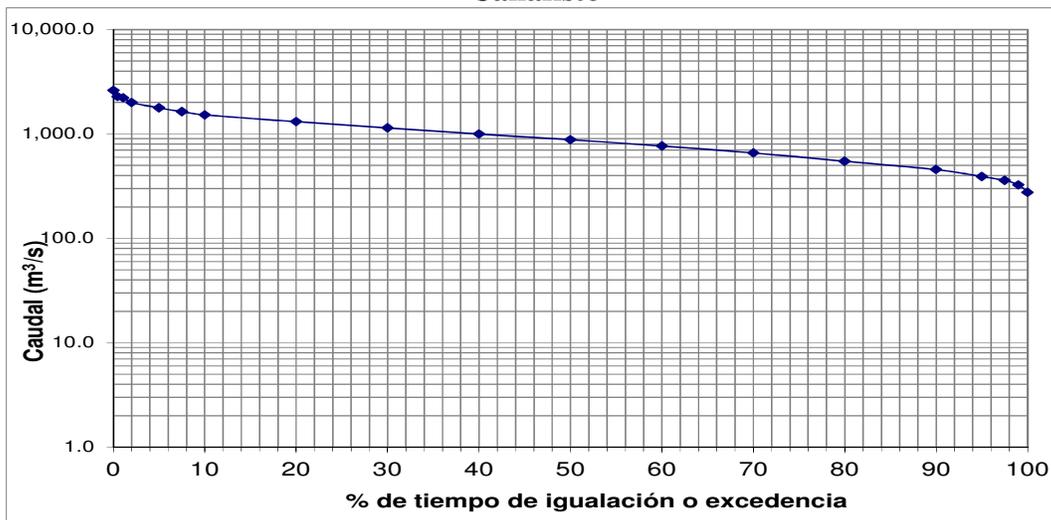


Fuente: Consultoría Colombiana, 2016.

➤ Curva de duración de caudales

En la Figura 7-16 se presenta la CDC para el río Cauca en la estación de registro respectiva.

Figura 7-16. Curva de Duración de Caudales (CDC) del Río Cauca - Estación Cañafisto



Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2016.

Así se obtienen caudales característicos del río Cauca a la altura de la estación, los cuales se presentan en la Tabla 7-16.

Tabla 7-16 Caudales característicos en la cuenca del río Cauca- Estación Cañafisto

Porcentaje del tiempo que el caudal es excedido (%)	Caudal m ³ /s Cañafisto (Río Cauca)
1	2,230.44
5	1,821.20
10	1,552.20
25	1,218.00
50	904.00
75	638.00
90	445.16
95	394.38
97.5	363.54
100	276.00

Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2016

7.1.4.7 Caudales medios cuencas sitios de captación

A partir del área de la cuenca hasta el sitio de captación y con los datos de rendimientos hídricos calculados en la estación Peñalta sobre el río Aurrá y Cañafisto sobre el río Cauca, se obtiene el caudal medio en cada sitio en la Tabla 7-17 se pueden observar los caudales medios estimados.

Tabla 7-17. Caudales medios estimados en cuencas de sitio de captación (m³/s)

ID	Corriente	Estación	Caudal Medio (m ³ /s)												
			Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Medio
Captación 3	Río Aurrá	Peñalta	3.33	2.77	2.96	3.56	5.04	5.11	4.45	4.37	5.06	6.65	6.04	4.59	4.49
Captación 2	Río Aurrá	Peñalta	3.42	2.85	3.04	3.66	5.17	5.25	4.57	4.49	5.20	6.83	6.20	4.71	4.61
Captación 1	Río Aurrá	Peñalta	3.45	2.87	3.06	3.69	5.22	5.29	4.60	4.52	5.24	6.88	6.25	4.75	4.65
Captación 5	Río Cauca	Cañafisto	900.89	791.88	833.44	1047.61	1234.69	1050.65	756.49	625.64	715.94	1007.06	1375.24	1217.50	963.06
Captación 6	Q. Seca	Peñalta	3.31	2.75	2.94	3.54	5.01	5.08	4.42	4.34	5.03	6.61	6.00	4.56	4.47

Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2016.

	<p>CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO – SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.</p>	
	<p>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL</p>	
	<p>VERSIÓN 0.3</p>	

7.2 AGUAS SUBTERRÁNEAS

Dentro de las actividades a desarrollar en el proyecto de la construcción de la segunda calzada entre San Jerónimo y Santa Fe de Antioquia correspondiente a la unidad funcional 2.1 no se tiene previsto la utilización de aguas subterráneas.

7.3 VERTIMIENTOS

Las actividades constructivas a desarrollar, generarán aguas residuales de tipo industrial y doméstico las cuales se manejarán de acuerdo a lo indicado a continuación.

7.3.1 Vertimiento en cuerpo de agua

Se solicita autorización para la disposición de aguas residuales industriales y domésticas sobre el río Aurrá y para la disposición de aguas residuales industriales sobre la quebrada Seca previamente tratadas, y dando cumplimiento a la normatividad vigente (Resolución 0631 de 2015 y Decreto 3930 de 2010 o aquel que lo modifique, sustituya o derogue); estas aguas se generaran durante la construcción del proyecto vial segunda calzada entre San Jerónimo y Santa Fe de Antioquia (Unidad Funcional 2.1 del Proyecto Autopista al Mar 1).

7.3.1.1 Localización de los puntos de vertimiento

La selección de los puntos de vertimiento se realizó teniendo en cuenta la proximidad a los sitios de generación y capacidad de mezcla, transporte y asimilación de los cuerpos de agua (reaireación). Otros aspectos que se tuvieron en cuenta en la definición de los puntos de vertimiento fueron los siguientes:

- Facilidad de acceso
- Mínima afectación a la vegetación existente
- Estabilidad en las márgenes del cauce
- No afectación a la comunidad según el inventario de usos y usuarios del recurso

En la Tabla 7-18 se muestra la ubicación georreferenciada de los puntos de vertimientos y adicionalmente en la Figura 7-17 se puede apreciar su ubicación espacial. Es de anotar que para la conducción de las aguas residuales desde la zona de tratamiento hasta el cuerpo de agua se optará por el uso de manguera o tubería, evitando la afectación de individuos arbóreos adicionales a los ya contemplados en la franja de intervención del proyecto.

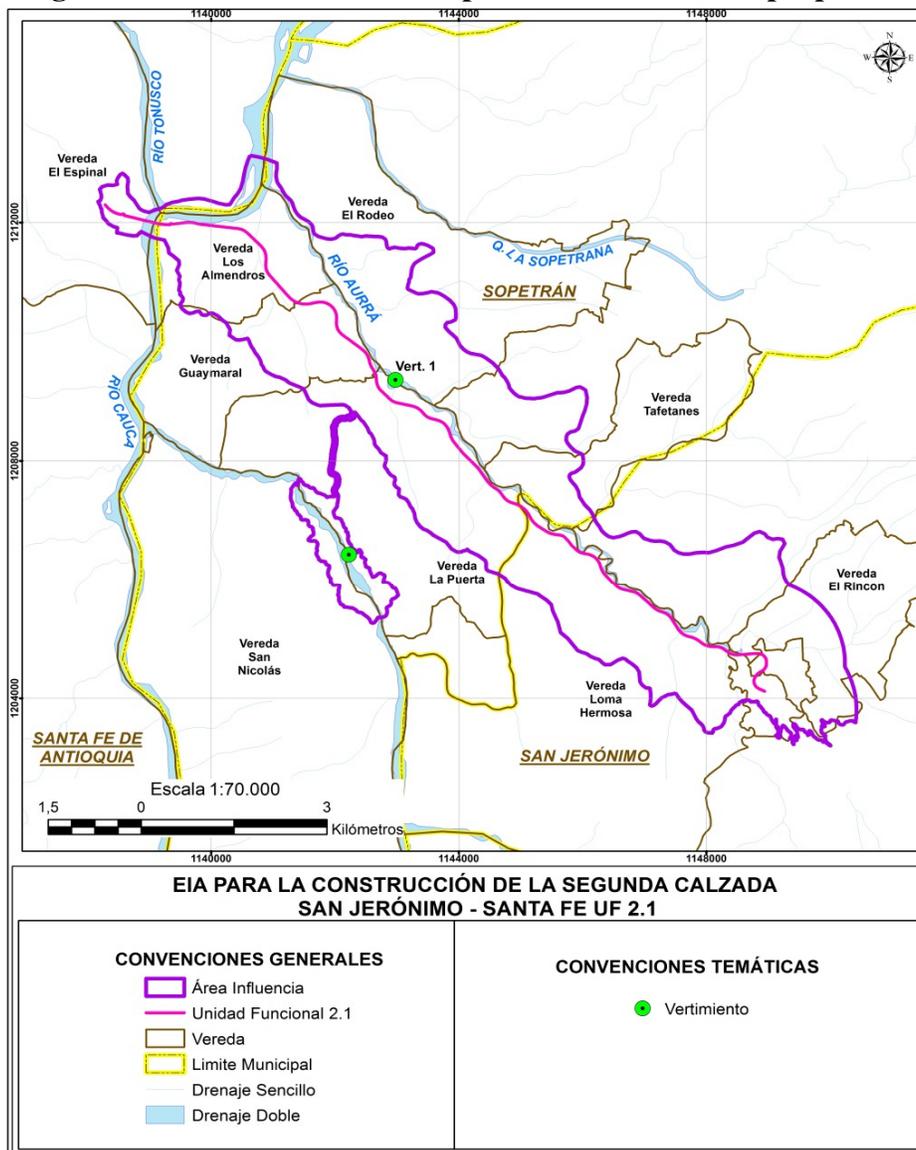
Tabla 7-18 Sitios propuestos para vertimiento

Id	Instalación asociada	Corriente receptora	Coordenadas Magna Sirgas origen Oeste*		Municipio
			Este	Norte	
1	Planta 2	Rio Aurrá	1142977,92	1209359,97	La Puerta – Sopetrán
2	Planta triturado	Quebrada Seca	1142225,10	1206424,80	La Puerta – Sopetrán

*Coordenadas de referencia desde las cuales se definirá el punto definitivo de vertimiento en una franja de 50 metros aguas arriba y 50 metros aguas abajo.

Fuente: Consultoría Colombiana 2.016

Figura 7-17. Localización de los puntos de vertimiento propuestos



Fuente. (Consultoría Colombiana S.A, 2016)

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO – SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.3	

A continuación se presenta de forma clara y detallada las condiciones del sistema de vertimiento propuesto, así mismo la caracterización de las aguas residuales industriales y domésticas provenientes del proyecto, sus actividades generadoras, capacidad de asimilación de las fuentes receptoras, la descripción general del sistema de tratamiento necesarios para disminuir la carga contaminante a disponer sobre los cuerpos según lo estipulado en la normatividad vigente

7.3.1.2 Actividades generadoras

Las actividades generadoras de vertimiento corresponden a las desarrolladas en el área de la planta 2 en las que se destacan la preparación de concretos, asfaltos y manejo de materias primas y, las adelantadas en la planta de trituración de materiales que se localizará en cercanía a la zona de extracción de material de arrastre.

7.3.1.2.1 Aguas Residuales Industriales

Durante las actividades constructivas del proyecto vial se adecuará una zona denominada “planta 2”, en la cual se desarrollará el manejo de la materia prima para la composición de concreto y asfalto, se desarrollarán actividades de trituración; además del manejo de arena, agregados, pétreos, cemento, agua y aditivos que se requieren para el proyecto, igualmente se acondicionará un área denominada parque de vigas para el manejo de estructuras prefabricadas. Por otro lado, se acondicionará una zona denominada “planta de trituración”, en la cual se efectuará el manejo de los materiales extraídos en la zona de explotación de materiales de arrastre, de tal forma que se obtenga la granulometría requerida para su incorporación en los procesos constructivos. El desarrollo de las actividades indicadas, implicará la generación de aguas residuales industriales para las cuales se requiere la implementación de estructuras de tratamiento para la posterior entrega a los cuerpos de agua receptores.

Para el caso de las plantas móviles de trituración a localizar dentro del área de intervención del proyecto (dos plantas), se implementarán áreas destinadas para el almacenamiento del agua proveniente del lavado de las mixer, el cual consistirá en un sistema de sedimentadores y cunetas de tal forma que el agua pueda ser recirculada y usada nuevamente en el proceso, por lo cual no se considera un vertimiento por la operación de dichas plantas.

En cuanto a las estructuras de tratamiento propuestas para las aguas residuales industriales, con el fin de evitar la contaminación y/o deterioro de los cuerpos de agua, se resumen a continuación:

En la planta de concreto (dentro del área de la Planta 2) las aguas de escorrentía, así como las aguas del lavado de la planta y de los vehículos (mixer) se conducirán mediante canales perimetrales hacia estructuras sedimentadores (ver Figura 7-18 y Figura 7-19), después de

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO – SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.		
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL		
	VERSIÓN 0.3		

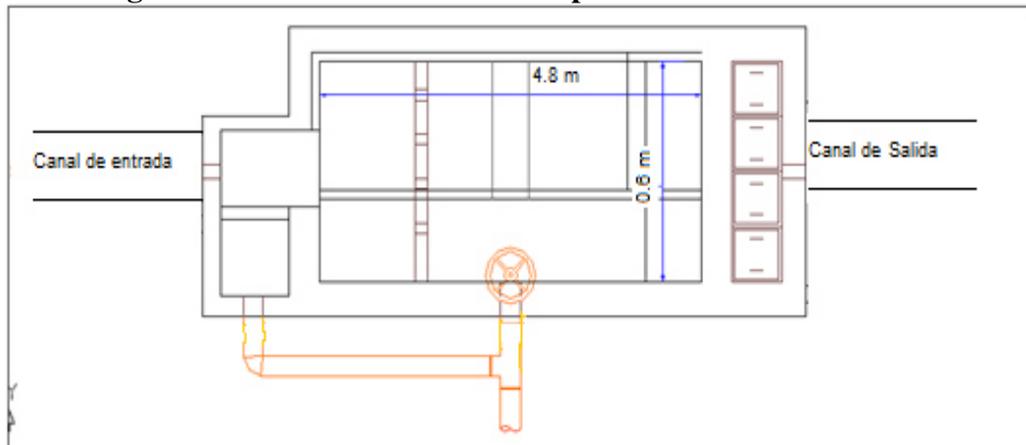
la decantación de las partículas de cemento, grava y arena, el agua será conducida al sistema de recirculación de la planta para ser reutilizada en la elaboración del concreto. El agua resultante del secado de lodos será conducida a las estructuras sedimentadores y reincorporadas al proceso de la planta.

En la planta de trituración, se adecuarán igualmente canales de conducción y estructuras sedimentadoras en las cuales se maneja el agua producto de las actividades de lavado del material durante el proceso de acondicionamiento granulométrico.

Todas las instalaciones de trabajo a adecuar en las áreas de intervención del proyecto, contarán con canales perimetrales y canales de conducción destinados al manejo de aguas de escorrentía de tal forma que se evite su contaminación. En las zonas de servicio y zonas de almacenamiento de combustibles, se implementarán sistemas de conducción independientes, para conducirlos a sistemas de sedimentación y trampas de grasas en caso de ser necesario.

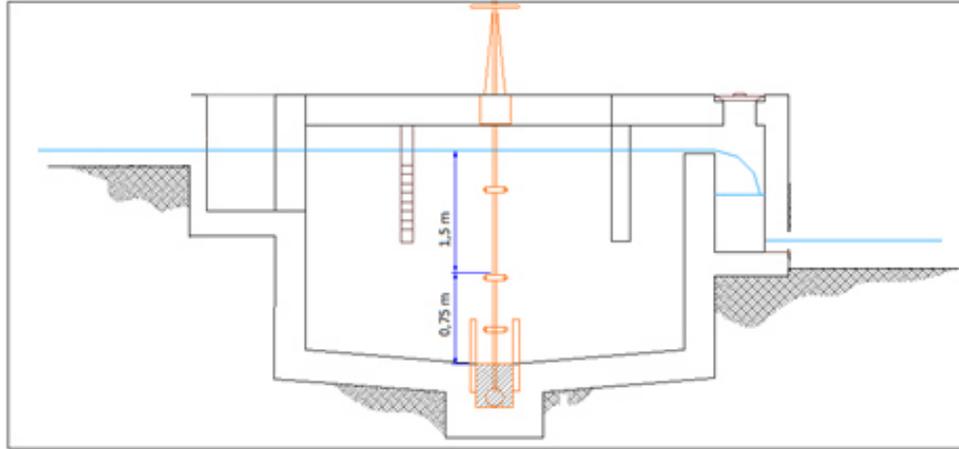
Las trampas de grasas y los desarenadores tendrán un mantenimiento periódico, para garantizar su adecuado funcionamiento; los residuos aceitosos serán almacenados herméticamente y entregados a empresas especializadas para su disposición final, mientras que los lodos resultantes se secarán (en la zona de secado que sea establecida) y dispondrán finalmente en la ZODME más cercana.

Figura 7-18. Planta - Desarenador para Tratamiento Primario



Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016

Figura 7-19. Perfil - Desarenador para Tratamiento Primario



Fuente: Consultoría Colombiana S. A. 2016

- **Agua Residuales Domésticas**

Durante la etapa de construcción se contará con baños portátiles en las diferentes áreas de intervención del proyecto, incluyendo las áreas de Planta (Planta 2 y Planta de trituración), como los que se muestran en la Figura 7-20, sin embargo, se contempla un caudal mínimo de vertimiento en el caso que la empresa a cargo del suministro y mantenimiento no se haga responsable de ellos; dicho caudal, se podrá tratar mediante una planta compacta (Red Fox), planta compacta de lodos activados o se enviarán por una línea a un tanque séptico, compuesto en términos generales, por una cámara cerrada a donde llegan los residuos, la cual facilita la descomposición y la separación de la materia orgánica por acción de las bacterias de estos residuos. Cualquiera que sea el sistema que se adopte para el tratamiento de las aguas residuales domésticas, este se acondicionará en el área definida como Planta 2, la cual incluye el parque de fabricación de vigas.

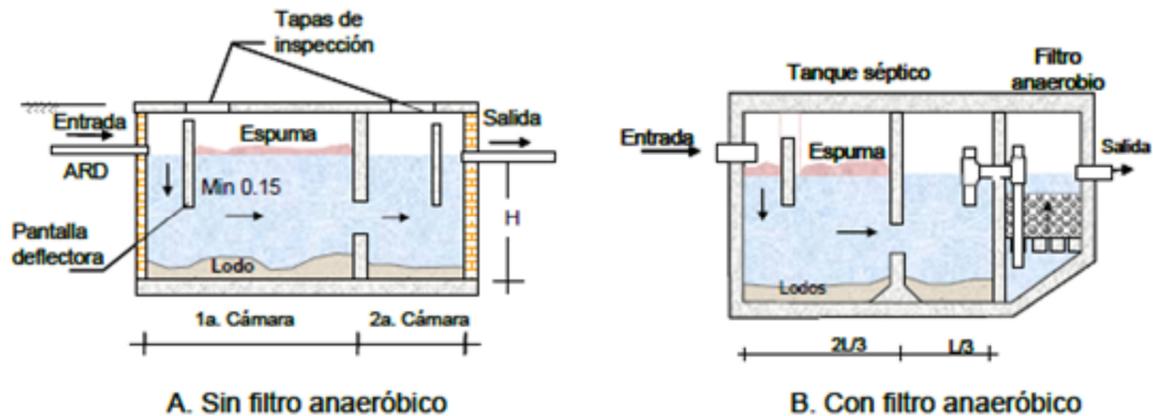
Figura 7-20. Unidades Sanitarias Portátiles



Fuente: Consultoría Colombiana S. A. 2016

El tanque séptico permitirá la transformación de la materia orgánica en gases, líquidos y lodos; los lodos (sólidos sedimentables) se depositarán en la parte inferior de la cámara, por el contrario, las grasas y demás materiales ligeros flotan y se acumulan en la superficie formando una capa de espumas; los líquidos libres de material flotante se evacuarán de la cámara, a través de tubería dirigida hacia el punto de entrega al cuerpo de agua receptor. Por último los gases que se generen en los lodos, por procesos de descomposición anaeróbica y facultativa, (dióxido de Carbono (CO₂), metano (CH₄) y sulfuro de hidrógeno (H₂S)), serán evacuados del tanque por medio de tuberías de aireación. El dimensionamiento del tanque se efectuará con base a los diseños técnicos que sean propuestos. (Ver Figura 7-21)

Figura 7-21 Esquema básico de un tanque séptico



Fuente: Consultoría Colombiana S. A. 2016

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO – SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.3	

Por lo anterior, durante la construcción del proyecto vial se generarán vertimientos de tipo industrial y doméstico, los cuales serán tratados en unidades independientes para luego ser conducidos por una misma línea hacia el río Aurrá para el caso de la Planta 2. En el caso de la Planta de Trituración, se prevé la generación únicamente de aguas residuales industriales producto de las actividades de lavado del material de arrastre, las cuales se conducirán igualmente a través de una línea de conducción (tubería o manguera), hasta la quebrada Seca, previa obtención del permiso de vertimientos de la autoridad ambiental competente.

7.3.1.2.2 Caudal a Verter

Según lo mencionado anteriormente se tiene dos tipos de vertimiento (Industrial y domésticos) en la construcción de la segunda calzada entre San Jerónimo y Santa Fe de Antioquia, los cuales se estiman ascenderán a:

Tabla 7-19 Volumen total de agua a verter

Tipo de Agua a Verter	Caudal a Verter (L/s)
Doméstica	0,0255
Industrial	20,715
Volumen Total	20,7405

Fuente: Consultoría Colombiana 2.016

Los anteriores valores se calculan a partir de estimaciones sobre el caudal captado para el caso de los vertimientos asociados a las actividades industriales a desarrollar en la Planta 2, equivalentes al 10% del caudal captado para uso industrial (7,15 l/s), por lo anterior, el caudal a verter asociado a la Planta 2, se estima en **0,715 L/s** aportado principalmente por la planta de concreto. Para el caso de los vertimientos asociados a la Planta de trituración, este se ha establecido en un valor igual al caudal captado es decir **20 l/s**.

Para el caso de vertimiento de tipo doméstico, el caudal se calculó a partir de la dotación y caudal captado (0,030 l/s), considerando que ésta (en su mayor porcentaje) corresponde al coeficiente de retorno sanitario (85%). Por lo anterior, el caudal doméstico a verter es de **0,0255 L/s**.

En conclusión, se solicita a la autoridad ambiental competente permiso de vertimiento de aguas residuales en una franja de 100 metros (50 metros aguas arriba y 50 metros aguas abajo) medidos a partir de las coordenadas que se indican en la Tabla 7-20 y de acuerdo a las características que se indican.

Tabla 7-20 Puntos y caudales de vertimiento solicitados

Id	Instalación asociada	Corriente receptora	Coordenadas Magna Sirgas origen Oeste*		Caudal de vertimiento según origen (l/s)		Caudal de vertimiento total (l/s)	Tiempo requerido (años)	Flujo
			Este	Norte	I	D			
1	Planta 2	Rio Aurrá	1142977,92	1209359,97	0,715	0,0255	0,7405	5	Permanente
2	Planta triturado	Quebrada Seca	1142225,10	1206424,80	20		20	5	Permanente

I: Industrial D: Doméstico

*Coordenadas de referencia desde las cuales se definirá el punto definitivo de vertimiento en una franja de 50 metros aguas arriba y 50 metros aguas abajo, de acuerdo a las condiciones de la zona al momento de la construcción.

Fuente: Consultoría Colombiana 2.016.

7.3.1.2.3 Modelación del Vertimiento

Para el desarrollo de la modelación en los puntos de vertimiento, se hizo necesaria la recopilación de datos mediante las metodologías que se indican a continuación. El informe detallado de los trabajos realizados, se presenta en el Anexo O – Demanda, del presente estudio de impacto ambiental.

7.3.1.2.3.1 Aforo de caudal

Este procedimiento consistió en realizar una serie de mediciones en la sección transversal de cada corriente de tal forma que permitiera calcular el caudal puntual de cada corriente, los cuales están referenciados a un nivel parcial (IDEAM, 2007). La metodología implementada consistió en dividir la sección considerada en un cierto número de verticales para levantar el perfil.

Según el nivel del cauce, para realizar el aforo se empleó un micromolinetete digital el cual requiere una pausa en el sitio de medición hasta que se estabilicen las velocidades, debido a que las corrientes presentan continuas variaciones generadas por el lecho del cauce. Las distancias entre verticales se midieron con cinta métrica y la profundidad con el mismo micromolinetete, utilizando la siguiente ecuación:

$$Q1 = \left(\frac{b1+d1}{2} \right) * v1 \qquad Q1 = \left(\frac{d1+d2}{2} \right) * (v2 * b2)$$

Dónde:

- Q= Caudal m³/seg
- b= Ancho parcial m
- d= Altura de lámina m
- v= Velocidad m/seg

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO – SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.3	

Con esta información se halla la velocidad media del perfil y finalmente el caudal será la sumatoria del producto de cada velocidad media por su área.

7.3.1.2.3.2 Ensayos con trazadores

Para las mediciones con trazadores se utilizó un equipo IDF-030 con software Inirida Deep Flow para mediciones en tiempo real, lo que permite emplear una cantidad menor de trazador por cada experimento en un menor tiempo.

La información obtenida por los trazadores con respecto a las características del flujo es variada y muy valiosa pues permite al analista conocer de primera mano los valores de los coeficientes que definen la dispersión y la advección. Estos valores hallados en campo permiten la calibración óptima de los modelos. El trazador –al evolucionar íntimamente con el flujo- refleja de forma correcta los procesos de mezcla y movimiento en el tramo estudiado.

Las masas y las distancias de aplicación dependen básicamente del ancho del tramo y la naturaleza de su flujo, de tal forma que el instrumento recoja una serie de datos representativos de la distribución de velocidades y de las propiedades de la mezcla turbulenta, ideales para establecer cálculos posteriores con respecto al comportamiento de solutos inyectados en tramos mayores. El número de experimentos que se realizaron en cada punto de inyección corresponde a la caracterización aguas arriba y aguas abajo del punto de interés junto con un eventual punto intermedio.

Como trazador, se usó Rodamina WT líquida al 20% de concentración, con un promedio de 5 a 10 gramos de RWT en cada experimento (según tamaño del cauce), inyectando el trazador sobre la corriente central de cada cauce sin necesidad de lancha, levantando una o dos curvas en cada uno de los puntos para obtener información completa sobre el tramo en estudio. (Ver Fotografía 7-1)

Fotografía 7-1 Avance de las plumas de trazador en el río Aurrá



Fuente: Fluvia, Hydrocloro Technologies S.A.S., 2016.

7.3.1.2.3.3 Topobatimetría

Para cada cuerpo de agua (río Aurrá y Quebrada Seca) se levantaron cuatro secciones transversales, de tal forma que se obtuvo información planimétrica y altimétrica (x, y, z), del lecho del cauce a lo largo de un kilómetro, donde se repartirá en 500 metros aguas arriba y agua abajo del punto donde se realice el vertimiento. El amarre a las coordenadas IGAC se realizó mediante el posicionamiento de dos puntos GPS con el rastreo suficiente para hacer el pos proceso diferencial con los Rinex de las antenas permanentes del IGAC más próximos a la zona del trabajo. Este levantamiento se desarrolló mediante el uso de estación total de topografía Topcon GPT 3003LW y GPS Receptor Hi-Target V30.

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO – SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.3	

7.3.1.2.3.4 Caracterización hidráulica del cuerpo receptor

La caracterización hidráulica consistió en determinar las características hidrodinámicas en un tramo de aproximadamente 1000 metros, bajo diferentes condiciones de caudal. Para secciones transversales representativas se realizó la modelación hidráulica en el programa HEC-RAS, utilizando como insumos las secciones transversales tomadas en campo y caudales estimados a partir de la metodología de cuencas no instrumentadas con información histórica de estaciones hidroclimatológicas del IDEAM cercanas.

Con el fin de evaluar el comportamiento hidráulico del sitio de vertimiento, se utilizó el software HEC-RAS, del Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos, que permite estimar el perfil hidráulico de una corriente natural a flujo libre, bajo condiciones de flujo uniforme.

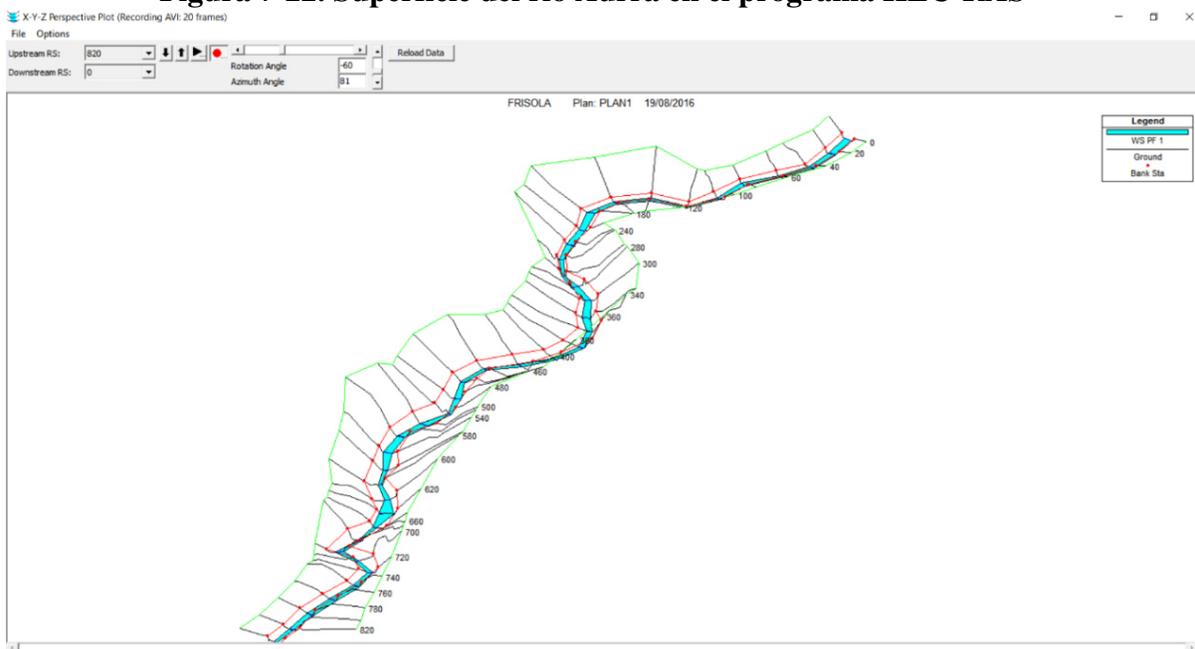
Para el cálculo se consideró que el flujo en los tramos en promedio corresponde a profundidades normales (pendiente de la línea de energía similar a las pendientes medias de los cauces). Mediante ayuda del programa HEC-RAS e iteraciones se estimó el nivel a lo largo de los tramos ajustado al criterio indicado. (Ver Figura 7-22)

Se debe tener en cuenta que las características de la pendiente del fondo de las corrientes en el sector tiende a generar condiciones de flujo casi crítico, en la cual la corriente presenta una gran inestabilidad, ocurriendo altas variaciones de energía específica en tramos muy cortos de la corriente. Para simular este efecto, el programa de computador en mención tiene la capacidad de efectuar simulaciones mixtas entre flujo uniforme subcrítico hasta uniforme supercrítico, bajo ciertos condicionamientos en el ingreso de la información solicitada por él.

Los datos de entrada para el programa son la pendiente del fondo del cauce, las secciones transversales de las corrientes en el área en estudio y el coeficiente de rugosidad de las bancas y de los lechos.

La información geométrica de las secciones y pendiente se obtuvo a partir de medidas aproximadas tomadas en campo. Los coeficientes de fricción se estimaron con base en las observaciones de campo en cada uno de los sitios y la experiencia de los consultores en este tipo de trabajo.

Figura 7-22. Superficie del río Aurrá en el programa HEC-RAS



Fuente: Consultoría Colombiana S. A. 2016

7.3.1.2.3.5 Estimación de caudales (método lluvia/escorrentía)

Como insumo para el modelo se efectuó la estimación del escurrimiento superficial con el Método del Servicio de Conservación de Suelos de los Estados Unidos (Soil Conservation Service -SCS) sobre las cuencas que son parte de la caracterización del componente hidrológico, cuyo objetivo es establecer escenarios de dilución en periodos secos y húmedos. El método SCS estima el escurrimiento medio (Q) mediante la cantidad de precipitación y retención máxima potencia(S), utilizando valores de curva numérica. Las fórmulas para obtener Q y S se indican a continuación.

$$Q = \frac{(P - 0,20S)^2}{P - 0,80S}$$

Dónde:

Q= Escorrentía total acumulada

P= Precipitación total del evento según la escala temporal

S= Infiltración potencial (cm)

La variable S corresponde al análisis de hidrógrafas de cuencas homogéneas en función del uso del suelo, condiciones de la superficie del terreno y la humedad inicial. El valor de S para una determinada condición se puede obtener mediante el análisis de hidrogramas de

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO – SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.3	

cuencas homogéneas. Este valor se da en función del suelo y el número de curva de escorrentía (CN), mediante la siguiente expresión.

$$S = \frac{2540}{CN} - 25.4$$

El valor de CN se determina en función de las prácticas agrícolas, la humedad antecedente y condición hidrológica promedio (AMC=II). La humedad antecedente corresponde a la suma de los valores totales diarios de los últimos cinco días previos a la estimación del caudal.

Para valorar caudales, el software empleado para realizar la modelación es HECHMS (Hydrologic Engineer Center), desarrollado por el Centro de Investigación del U.S. Army Corps of Engineers. HEC-HMS simula procesos de precipitación – escorrentía en cuencas, incluyendo hidrología de inundación.

Estos procesos se efectúan por medio de la separación de los componentes del ciclo hidrológico y de la definición de límites del entorno del área de interés. Una vez calculada la precipitación efectiva, esta se convierte en escorrentía utilizando convolución de hidrogramas unitarios (convoluta). El método utilizado en el modelo HEC HMS para estimar la escorrentía en el sitio de la ocupación es el hidrograma del servicio de Conservación de Suelos.

Finalmente, para la delimitación topográfica de las cuencas, se utiliza el modelo digital de elevación, el cual corresponde a una representación visual y matemática de los valores de altura con respecto al nivel medio del mar, caracterizando las formas del relieve y los elementos u objetos presentes en el mismo.

Estos valores están contenidos en un archivo de tipo raster con estructura regular que permite, a través de un sistema de información geográfica, definir las áreas aferentes según el interés del usuario y la escala de trabajo a analizar.

7.3.1.2.3.6 Calidad del agua de los cuerpos de agua objeto de vertimiento

Otro de los insumos requeridos para alimentar el modelo, corresponde a los resultados de las condiciones fisicoquímicas y bacteriológicas del río Aurrá y la quebrada Seca. Los resultados del análisis de laboratorio se presentan en la Tabla 7-21, es de mencionar que los reportes generados por el laboratorio son presentados en el Anexo E. Hidrología.

Tabla 7-21. Resultados de calidad de agua cuerpos de agua objeto de vertimiento

Parámetro	Unidades	Río Aurrá	Quebrada Seca
TEMPERATURA	°C	29,1	31,0
CONDUCTIVIDAD	µS/cm	72	170
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	mg/L	112	379
NTK (NITROGENO TOTAL KJELDAHL)	mg/L	<4	<4
DQO	mg/L	34,3	26,4
OXIGENO DISUELTO	mg/L	7,5	115,35
DBO5	mg/L	<5	<5
FOSFORO TOTAL	mg/L	0,158	
NITROGENO AMONIACAL	mg/L	<2	<2
NITRATOS	mg/L	0,489	0,411
NITRITOS	mg/L	0,0518	0,0139
COLIFORMES FECALES	UFC/100mL	<18	400
COLIFORMES TOTALES	UFC/100mL	40	94000
ALCALINIDAD	mg/L	48.8	60,7
PH	UNIDADES	8,53	8,5
GRASAS Y ACEITES	mg/L	<10	<10
CLORUROS	mg/L	<5	5,25
SULFATOS	mg/L	<15	59,0

Fuente. (Fluvia. HYDROCLORO TECHNOLOGIES SAS, 2016).

7.3.1.2.3.7 Caracterización del vertimiento

Para realizar el modelo de calidad del agua se tomaron datos de acuerdo a los valores máximos permisibles para los vertimientos en aguas superficiales según Resolución 631 del 17 de marzo de 2015 y composición típica de aguas residuales domésticas e industriales tratadas y no tratadas. Los datos escogidos para la modelación fueron los más altos con el fin de generar escenarios en condiciones críticas. Es de aclarar que los valores escogidos se analizaron y escogieron sin pasar por alto lo estipulado por la normatividad ambiental vigente.

En la Tabla 7-22 se presenta los límites en concentración para el vertimiento propuesto antes del tratamiento. Para el caso de las concentraciones estimadas después del tratamiento correspondiente, se consideran los límites establecidos por el Decreto 3930 de 2010 (cuyos límites todavía están regidos por el Decreto 1076 de 2015).

Es de aclarar que la aplicación de los modelos de calidad se realizaron con base en el Decreto 3930 de 2010, Artículo 7 “De los modelos de simulación de la calidad del recurso hídrico”, contemplando los parámetros mínimos que exige la norma (DBO₅, SST, pH, Temperatura y Caudal) y otros de interés ambiental y que debido a las características del agua a verter, se incluyeron dentro del modelo de calidad los siguientes parámetros: DQO, cloruros, sulfatos y grasas y aceites.

Tabla 7-22 Caracterización fisicoquímica de las aguas industriales y domesticas

PARÁMETRO	Valor de vertimiento	Composición típica de aguas residuales domesticas e industriales tratadas	Composición típica de aguas residuales domesticas e industriales no tratadas	Resolución 0631 de 2015. Art. 15)
PH (UNIDADES)	8,27	8,27	11	6 - 9 unidades
DBO5 (MG/L)	50	77,2	288	50
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	46	46	128	50
DQO (MG/L)	108	108	444	150
CLORUROS (MG/L)	150	NE	150	250
SULFATOS (MG/L)	135	NE	135	250
GRASAS Y ACEITES (MG/L)	10	6,9	10	10
TEMPERATURA (°C)	26,84	26,84	NE	NE
COLIFORMES TOTALES (NMP/100 ml)	900	NE	900	NE
COLIFORMES FECALES (NMP/100 ml)	80	NE	80	NE

Fuente. (Fluvia. HYDROCLORO TECHNOLOGIES SAS, 2016)

Como se mencionó anteriormente el caudal a verter es el máximo que soporte cada corriente, de tal forma que después de realizarse la mezcla completa del vertimiento (zona de mezcla), no se sobrepasen las concentraciones máximas permisibles. De acuerdo a lo evaluado para el cuerpo de agua receptor en el tramo evaluado y teniendo en cuenta la normatividad ambiental vigente, se toma un **caudal máximo de vertimiento de 0,7405 l/s para el río Aurrá y de 20 l/s para la quebrada Seca.**

7.3.1.2.3.8 Corrida, calibración y verificación del modelo

A continuación se expone el cálculo desarrollado para determinar el balance de masas y el factor de dilución como insumos del modelo desarrollado.

7.3.1.2.3.9 Balance de masas

El balance de masas se realizó con el objeto de determinar el efecto de un vertimiento puntual sobre una fuente receptora, en este caso puntual para evaluar algunos parámetros como cloruros, sulfatos y grasas y aceites, este ultimo de característica conservativa, el cual tienen un comportamiento atípico dentro del cuerpo de agua receptor y que de acuerdo a su composición no es posible modelarlo dentro del modelo de calidad Qual2kw. Sin embargo,

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO – SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.3	

el balance de masas es una aceptable aproximación de cuál es la concentración que puede presentar el cuerpo de agua al generarse la mezcla. A continuación se presenta la metodología para la aplicación del Balance de Masas:

$$C = ((Q_e * C_e) + (Q_w * C_w)) / Q$$

Dónde:

C: Concentración del parámetro evaluado en la corriente receptora aguas abajo de la descarga.

Q: Caudal de la corriente receptora una vez se hace el vertimiento. $Q = Q_w + Q_e$

Q_w: Caudal de la corriente receptora, aguas arriba del vertimiento.

C_w: Concentración del parámetro evaluado en la corriente receptora, aguas arriba del vertimiento.

Q_e: Caudal del efluente tratado.

C_e: Concentración del parámetro evaluado, del efluente tratado.

Se presenta el balance de cargas en el punto de vertimiento, tomando los valores máximos de acuerdo a la Resolución 631 del 17 de marzo de 2015 y la composición típica de aguas residuales domésticas tratadas y no tratadas, con el fin de cumplir con el Decreto 3930 de 2010 (cuyos límites están regidos por el Decreto 1076 de 2015), para la calidad del agua del cuerpo receptor.

Así mismo el balance de cargas se realizó confrontando el monitoreo de calidad del agua con los caudales medidos en campo mediante la prueba de trazadores y los caudales mínimos y máximos generados por medio de la modelación hidrológica para el río Aurrá, esto con el fin de evaluar el comportamiento del río en los tres escenarios de caudales.

En la Tabla 7-23, se presenta el balance de masas estimado para el vertimiento sobre el río Aurrá en el punto asociado a la Planta 2, en el cual se evidencia que este provoca una variación en la concentración de cada parámetro evaluado. Esta variación en la cual siempre es un descenso genera una condición óptima en las características que trae el río, por lo cual se puede afirmar que bajo los tres escenarios de caudal no se presenta una afectación al cuerpo de agua receptor y no aqueja los conflictos por uso-calidad del recurso.

En cuanto al balance de masas para el vertimiento en la quebrada Seca puede observarse en la Tabla 7-24, en el que se evidencia que el vertimiento sobre la quebrada La Seca provoca una variación en la concentración de los parámetros DQO, Cloruros y Sulfatos, generando un incremento hasta de 6 mg/l en el escenario más crítico que corresponde bajo condición de caudal mínimo. Sin embargo los resultados en general no evidencian variaciones considerables, por lo cual se estima que no se generarán afectaciones al cuerpo de agua receptor y no aqueja los conflictos por uso-calidad del recurso.

 Agencia Nacional de Infraestructura	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO – SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	 Devimar SOMOS TU VÍA
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.3	

Tabla 7-23 Balance de masas río Aurrá

PARAMETRO	Concentración del vertimiento	Concentración del río Aurrá antes del vertimiento	Concentración inmediatamente se presenta la descarga bajo condición de caudal de 0,7 m ³ /s	Concentración inmediatamente se presenta la descarga bajo condición de caudal de 3 m ³ /s	Concentración inmediatamente se presenta la descarga bajo condición de caudal de 130 m ³ /s
CAUDAL	0.0007405		0.70074050	3.00074050	130.00074050
PH (UNIDADES)	8.27	8.53	8.52730248	8.53421150	8.53626788
DBO5 (MG/L)	50	5	4.99841880	5.00246864	5.00367402
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES (MG/L)	46	112	111.96458120	112.05529749	112.08229803
DQO (MG/L)	108	34.3	34.28915299	34.31693486	34.32520377
CLORUROS (MG/L)	150	5	4.99841880	5.00246864	5.00367402
SULFATOS (MG/L)	135	15	14.99525641	15.00740591	15.01102206
GRASAS Y ACEITES (MG/L)	10	10	9.99683761	10.00493728	10.00734804
TEMPERATURA (°C)	26.84	29.1	29.09079744	29.11436747	29.12138279
COLIFORMES TOTALES (NMP/100 ml)	900	40	39.98735043	40.01974910	40.02939216
COLIFORMES FECALES (NMP/100 ml)	80	18	17.99430769	18.00888710	18.01322647

Fuente: (Fluvia. HYDROCLORO TECHNOLOGIES SAS, 2016)

Tabla 7-24 Balance de masas quebrada Seca

PARAMETRO	Concentración del vertimiento	Concentración Quebrada Seca antes del vertimiento	Concentración inmediatamente se presenta la descarga bajo condición de caudal de 0,8 m ³ /s	Concentración inmediatamente se presenta la descarga bajo condición de caudal de 2,01 m ³ /s	Concentración inmediatamente se presenta la descarga bajo condición de caudal de 31,71 m ³ /s
CAUDAL	0,02		0.82000000	2.03000000	31.73000000
PH (UNIDADES)	8.27	8.5	8.49439024	8.49773399	8.49985503
DBO5 (MG/L)	50	5	6.09756098	5.44334975	5.02836432
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES (MG/L)	50	379	370.97560976	375.75862069	378.79262528
DQO (MG/L)	150	26.4	29.41463415	27.61773399	26.47790734

PARAMETRO	Concentración del vertimiento	Concentración Quebrada Seca antes del vertimiento	Concentración inmediatamente se presenta la descarga bajo condición de caudal de 0,8 m ³ /s	Concentración inmediatamente se presenta la descarga bajo condición de caudal de 2,01 m ³ /s	Concentración inmediatamente se presenta la descarga bajo condición de caudal de 31,71 m ³ /s
CLORUROS (MG/L)	250	5.25	11.21951220	7.66133005	5.40427041
SULFATOS (MG/L)	250	59	63.65853659	60.88177340	59.12039080
GRASAS Y ACEITES (MG/L)	10	10	10.00000000	10.00000000	10.00000000
TEMPERATURA (°C)	26.84	31	30.89853659	30.95901478	30.99737788
COLIFORMES TOTALES (NMP/100 ml)	900	94000	91729.26829268	93082.75862069	93941.31736527
COLIFORMES FECALES (NMP/100 ml)	80	400	392.19512195	396.84729064	399.79829814

Fuente: (Fluvia. HYDROCLORO TECHNOLOGIES SAS, 2016)

7.3.1.2.3.10 Factor de dilución

El impacto negativo en un cuerpo de agua está dado por no cambiar las condiciones iniciales de este, respecto a los usos de que se tengan sobre las fuentes hídricas aguas abajo.

El factor de dilución es una forma de obtener un resultado para predecir la capacidad que posee un río, quebrada, caño, arroyo o cualquier cuerpo de agua lótico de asimilar un vertimiento, el cual está dado por la relación entre el volumen del cuerpo de agua y el volumen del vertimiento, siendo un mejor escenario cuando esta relación se aleje más de 0.

Con base a los resultados de los caudales medidos en campo y los mínimos y máximos obtenidos de la estación Peñalta para el río Aurrá y, los mínimos y máximos generados por modelación hidrológica para la quebrada Seca, se realizó la evaluación de factor de dilución tal y como se muestra a continuación.

Tabla 7-25 Factor de dilución en el río Aurrá

MEDIDAS	RÍO AURRÁ		
	CAUDAL (L/s)	CAUDAL DEL VERTIMIENTO (L/s)	FACTOR DE DILUCIÓN
MEDIDO	3000	0,70405	4051
MÍNIMO	700	0,70405	945
MÁXIMO	130000	0,70405	175557

Fuente. (Fluvia. HYDROCLORO TECHNOLOGIES SAS, 2016)

En la Tabla 7-25 se observa el factor de dilución bajo los tres escenarios de caudal, siendo un mejor escenario bajo condición de caudal máximo (130000 l/s), lo que facilita la dilución y posterior asimilación. En el caso de los caudales mínimos y el medido con la prueba de trazadores se observa que el factor de dilución oscila entre 945 y 4051.

Tabla 7-26 Factor de dilución en la quebrada Seca

MEDIDAS	RÍO AURRÁ		
	CAUDAL (L/s)	CAUDAL DEL VERTIMIENTO (L/s)	FACTOR DE DILUCIÓN
MEDIDO	2010	20	100,5
MÍNIMO	820	20	41
MÁXIMO	31710	20	1585,5

Fuente. (Fluvia. HYDROCLORO TECHNOLOGIES SAS, 2016)

En la Tabla 7-26 se observa el factor de dilución bajo los tres escenarios de caudal para la quebrada Seca, siendo un mejor escenario bajo condición de caudal máximo (31710 l/s), lo que facilita la dilución y posterior asimilación. En el caso de los caudales mínimos y el medido con la prueba de trazadores se observa que el factor de dilución oscila entre 41 y 100,5.

7.3.1.2.3.11 Zona de mezcla

La zona de mezcla se calcula mediante un coeficiente de dispersión lateral y longitudinal, estos coeficientes se pueden determinar mediante ecuaciones planteadas por diversos autores o por la utilización de trazadores. Para la determinación de la zona de mezcla de las corrientes de interés se desarrolló la metodología de ensayos con trazadores y se compararon con las ecuaciones teóricas, quienes están desarrolladas en función del caudal y las condiciones geométricas de la corriente, analizando el cuerpo de agua; obteniendo así los siguientes resultados.

7.3.1.2.3.11.1 Ensayo con trazadores

Los experimentos con trazadores son la mejor forma de calibrar los parámetros hidráulicos y los fenómenos de transporte y de calidad del agua sobre fuentes hídricas. Estos pueden ser utilizados para determinar caudales, coeficientes de dispersión longitudinal, tiempos de viaje y establecer zonas de mezcla aguas abajo de descargas o tributarios.

El trazador a utilizar dentro del proyecto es Rodamina WT, ya que es un químico que debido a su baja toxicidad y poca interacción con la comunidad biológica en concentraciones adaptables a cada cuerpo de agua no provoca impactos degenerativos y es muy eficiente para estudios de dispersión en aguas.

En el presente estudio se realizó el ensayo con trazadores sobre el río Aurrá y sobre la quebrada Seca, ya que se constituyen en fuentes hídricas ubicadas dentro del área del

 Agencia Nacional de Infraestructura	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO – SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	 Devimar SOMOS TU VÍA
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.3	

proyecto con un buen potencial para realizar descargas de aguas residuales tratadas. La inyección del trazador se realizó sobre cada cuerpo de agua, en el mismo sitio donde se proyecta realizar el vertimiento.

A continuación en la Tabla 7-27 y Tabla 7-28 se presentan los resultados obtenidos de la prueba de trazadores.

Tabla 7-27 Resultados hidráulicos de la prueba de trazadores en el río Aurrá

TOMA DE MUESTRA		Q (M3/S)	U (M/S)	W (M)	H (M)	AH (M2)	TV (S)
INYECCION TRAZADOR 1	AGUAS ARRIBA (1)	3	1,01	8,7	0,34	3	84
	AGUAS ARRIBA (2)	3	1,01	8,7	0,34	3	84
	AGUAS ARRIBA (3)	3	0,98	8,7	0,34	3	87
INYECCION TRAZADOR 2	AGUAS ABAJO (1)	2,1	0,95	8,5	0,26	2,21	74
	AGUAS ABAJO (2)	2,1	0,97	8,5	0,26	2,21	72
	AGUAS ABAJO (3)	2,1	0,97	8,5	0,26	2,21	72
	AGUAS ABAJO (4)	2,1	1,03	8,5	0,26	2,21	68
Q = Caudal		W = Ancho		AH = Área hidráulica			
U = Velocidad		H = Profundidad		TV = Tiempo de viaje			

Fuente. (Fluvia. HYDROCLORO TECHNOLOGIES SAS, 2016)

Tabla 7-28 Resultados hidráulicos de la prueba de trazadores en la quebrada Seca

TOMA DE MUESTRA		Q (M3/S)	U (M/S)	W (M)	H (M)	AH (M2)	TV (S)
INYECCION TRAZADOR 1	AGUAS ARRIBA (1)	2,16	0,98	11	0,20	2,2	102
	AGUAS ARRIBA (2)	2,16	0,98	11	0,20	2,2	102
	AGUAS ARRIBA (3)	2,16	0,98	11	0,20	2,2	102
INYECCION TRAZADOR 2	AGUAS ABAJO (1)	1,97	0,92	12,6	0,17	2,14	98
	AGUAS ABAJO (2)	1,97	0,90	12,6	0,17	2,14	100
	AGUAS ABAJO (3)	1,97	0,93	12,6	0,17	2,14	97
Q = Caudal		W = Ancho		AH = Área hidráulica			
U = Velocidad		H = Profundidad		TV = Tiempo de viaje			

Fuente. (Fluvia. HYDROCLORO TECHNOLOGIES SAS, 2016)

7.3.1.2.3.12 Coeficiente de dispersión longitudinal teórico

El coeficiente de dispersión longitudinal fue determinado mediante la utilización de trazadores, sin embargo algunos autores han hallado ecuaciones experimentales que

relacionando parámetros del cuerpo de agua como caudal, pendiente, ancho, profundidad y velocidad, establecen dicho coeficiente.

Para determinar el coeficiente de dispersión longitudinal Teórico se utilizaron dos metodologías empíricas, la primera es por medio de Fischer y la segunda expuesta por McQuivey y Keefer, de donde se escoge una de ellas de acuerdo al número de Froude (valores inferiores a 0.5 se utiliza McQuivey y Keefer y valores mayores a 0.5 se utiliza Fischer), las ecuaciones se presentan en la Tabla 7-29 y los resultados comparativos entre la prueba de trazadores y las ecuaciones empíricas aplicadas se muestran en la Tabla 7-30 y Tabla 7-31.

Tabla 7-29. Ecuaciones de dispersión longitudinal teórico

FISHER	ECUACIÓN DE MCQUIVEY Y KEEFER
$CDL = 0.011 * \frac{V^2 * B^2}{H * U}$	$CDL = 0.05937 * \frac{Q}{S * B}$
CDL= Coeficiente de dispersión longitudinal V= Velocidad de flujo B = Ancho de la sección. U = Velocidad de corte H = Profundidad del cauce Q = Caudal S = Pendiente	

Fuente. (Fluvia. HYDROCLORO TECHNOLOGIES SAS, 2016)

Tabla 7-30. Coeficiente de dispersión longitudinal del trazador y teórico del río Aurrá

COEFICIENTE DE DISPERSION LONGITUDINAL m ² /s		
TRAZADOR	0,27	
ECUACIÓN EMPIRICA	FISHER	MCQUIVEY Y KEEFER
	8,01	0,721

Fuente. (Fluvia. HYDROCLORO TECHNOLOGIES SAS, 2016)

Tabla 7-31. Coeficiente de dispersión longitudinal del trazador y teórico de la quebrada Seca

COEFICIENTE DE DISPERSION LONGITUDINAL m ² /s		
TRAZADOR	0,53	
ECUACIÓN EMPIRICA	FISHER	MCQUIVEY Y KEEFER
	26,644	0,268

Fuente. (Fluvia. HYDROCLORO TECHNOLOGIES SAS, 2016)

A su vez se calculó el coeficiente de dispersión longitudinal para los escenarios de caudal mínimo y máximo como se muestra a continuación. (Tabla 7-32 y Tabla 7-39)

Tabla 7-32. Coeficientes de dispersión longitudinal teórico del río Aurrá en los escenarios de caudal mínimo y máximo

COEFICIENTE DE DISPERSION LONGITUDINAL m ² /s		
CAUDAL	FISHER	MCQUIVEY Y KEEFER
MÍNIMO (0,7 m ³ /s)	0,844	1,351
MÁXIMO (130 m ³ /s)	22,84	36,253

Fuente. (Fluvia. HYDROCLORO TECHNOLOGIES SAS, 2016)

Tabla 7-33. Coeficientes de dispersión longitudinal teórico de la quebrada Seca en los escenarios de caudal mínimo y máximo

COEFICIENTE DE DISPERSION LONGITUDINAL m ² /s		
CAUDAL	FISHER	MCQUIVEY Y KEEFER
MÍNIMO (0,7 m ³ /s)	1,803	0,431
MÁXIMO (130 m ³ /s)	249,51	1,914

Fuente. (Fluvia. HYDROCLORO TECHNOLOGIES SAS, 2016)

7.3.1.2.3.13 Coeficiente de dispersión lateral teórico

El cálculo de la dispersión lateral se realiza a partir de la siguiente fórmula:

$$CDLa = 0.6 * H * U$$

Dónde:

CDLa = Coeficiente de dispersión lateral

H = Profundidad del cauce (m)

U = Velocidad de corte (m/s)

A continuación se presenta un cuadro comparativo entre el coeficiente calculado por medio de la ecuación empírica y el determinado con los datos del trazador:

Tabla 7-34. Coeficiente de dispersión lateral teórico y calculado con el trazador

COEFICIENTE DE DISPERSION LATERAL m/s		
	Río Aurrá	Quebrada Seca
TRAZADOR	0,00273	0,054
ECUACIÓN EMPIRICA	0,0623	0,0311

Fuente. (Fluvia. HYDROCLORO TECHNOLOGIES SAS, 2016)

A su vez se calculó el coeficiente de dispersión lateral para los escenarios de caudal mínimo y máximo como se muestra a continuación:

Tabla 7-35. Coeficiente de dispersión lateral teórico en los diferentes escenarios

COEFICIENTE DE DISPERSION LATERAL m/s	
Río Aurrá	
CAUDAL	FISHER
MÍNIMO (0,7 m³/s)	0,0291
MÁXIMO (130 m³/s)	0,7569
Quebrada Seca	
CAUDAL	FISHER
MÍNIMO (0,82 m³/s)	0,033
MÁXIMO (31,71 m³/s)	0,0997

Fuente. (Fluvia. HYDROCLORO TECHNOLOGIES SAS, 2016)

7.3.1.2.3.14 Longitud de zona de mezcla teórica

La longitud de zona de mezcla es de gran importancia para el estudio de la calidad de agua, ya que por medio de esta establecemos como una descarga puntual se comporta tanto longitudinal como verticalmente, y el tiempo que tarda para mezclarse completamente. Sin embargo su aplicación más importante se refiere a la determinación del punto donde se realiza la dilución total con el fin de establecer por medio el software Qual2kw el comportamiento de cada parámetro en el cuerpo de agua.

Para la estimación de la zona de mezcla se presentan cuatro fórmulas de dos autores diferentes, las cuales presentan variables dependiendo de la zona donde se realice la descarga.

Tabla 7-36 Ecuaciones de longitud de zona de mezcla teórica

FISHER		YOTSUKURA	
Descarga desde la orilla	Descarga desde la mitad:	Descarga desde la orilla	Descarga desde la mitad:
B^2	B^2	$U \cdot B^2$	$U \cdot B^2$
$LMo = 0,4 \cdot U \cdot \frac{B^2}{CDLa}$	$LMc = 0,1 \cdot U \cdot \frac{B^2}{CDLa}$	$LMo = 8,52 \cdot \frac{U \cdot B^2}{H}$	$LMc = 4,26 \cdot \frac{U \cdot B^2}{H}$
LMo= Longitud de la zona de mezcla desde la orilla LMc= Longitud de la zona de mezcla desde el centro B=Ancho de la sección U=Velocidad media CDLa=Coeficiente de dispersión lateral H=Profundidad			

Fuente: Fluvia Hydrocloro Technologies S.A.S.

Entonces de acuerdo a las ecuaciones anteriores, las longitudes de las zonas de mezcla Teóricas para el caso del río Aurrá comparada con la del análisis de trazadores son:

Tabla 7-37 Longitud de zona de mezcla teórica para el río Aurrá comparada con la del análisis de trazadores

LONGITUD ZONA DE MEZCLA TEORICA (metros)		
DESCARGA A LA ORILLA		
CUERPO DE AGUA	FISHER	YOTSUKURA
RÍO AURRÁ	485,64	1896,70
DESCARGA EN EL CENTRO		
CUERPO DE AGUA	FISHER	YOTSUKURA
RÍO AURRÁ	121,4	948,35
LONGITUD ZONA DE MEZCLA TRAZADOR (metros)		
223		

Fuente: Fluvia Hydrocloro Technologies S.A.S.

Para el caso de la quebrada Seca, se tienen las longitudes de zona de mezcla que se presentan a continuación:

Tabla 7-38 Longitud de zona de mezcla teórica para la quebrada Seca comparada con la del análisis de trazadores

LONGITUD ZONA DE MEZCLA TEORICA (metros)		
DESCARGA A LA ORILLA		
CUERPO DE AGUA	FISHER	YOTSUKURA
RÍO AURRÁ	1699,81	5931,62
DESCARGA EN EL CENTRO		
CUERPO DE AGUA	FISHER	YOTSUKURA
RÍO AURRÁ	425	2965,81
LONGITUD ZONA DE MEZCLA TRAZADOR (metros)		
247		

Fuente: Fluvia Hydrocloro Technologies S.A.S.

A su vez se calculó el coeficiente de dispersión lateral para los escenarios de caudal mínimo y máximo como se muestra a continuación:

Tabla 7-39 Longitud de zona de mezcla teórica para el río Aurrá en los escenarios de caudal mínimo y máximo

LONGITUD ZONA DE MEZCLA TEORICA (metros)		
DESCARGA A LA ORILLA		
ESCENARIO	FISHER	YOTSUKURA
MÍNIMO (0,7 m ³ /s)	165,05	280,72
MÁXIMO (130 m ³ /s)	581,65	3692

DESCARGA EN EL CENTRO		
ESCENARIO	FISHER	YOTSUKURA
MÍNIMO (0,7 m ³ /s)	41,3	140,36
MÁXIMO (130 m ³ /s)	145,4	1846

Fuente: Fluvia Hydrocloro Technologies S.A.S.

Tabla 7-40 Longitud de zona de mezcla teórica para la quebrada Seca en los escenarios de caudal mínimo y máximo

LONGITUD ZONA DE MEZCLA TEORICA (metros)		
DESCARGA A LA ORILLA		
ESCENARIO	FISHER	YOTSUKURA
MÍNIMO (0,7 m ³ /s)	254,16	668,68
MÁXIMO (130 m ³ /s)	12195,13	49781,54
DESCARGA EN EL CENTRO		
ESCENARIO	FISHER	YOTSUKURA
MÍNIMO (0,7 m ³ /s)	63,5	334,34
MÁXIMO (130 m ³ /s)	3048,8	24890,77

Fuente: Fluvia Hydrocloro Technologies S.A.S.

Se debe tener en cuenta que las principales alternativas desde el punto de vista técnico y ambiental para ambos cuerpos de agua son la descarga desde la orilla, o desde el centro o lateralmente a lo largo del cauce; además para la descarga desde una de las orillas del cauce se debe implementar una tubería estática o móvil en el caso de vertimientos con carrotanques.

7.3.1.2.3.15 Longitud de tramo de modelación

La longitud del tramo de modelación se definió teniendo en cuenta la zona de mezcla, es decir, que la longitud del tramo a modelar no fue inferior a la distancia de zona de mezcla determinada en el escenario más crítico de caudal o flujo máximo, siendo para el río Aurrá una distancia de 582 m.

7.3.1.2.3.16 Modelo de calidad del agua

Para efecto de la utilización del modelo Qual2kw en la simulación de vertimientos se establecieron las constantes de reaeración y desoxigenación las cuales permiten establecer la capacidad de asimilación. (Ver Tabla 7-41 y Tabla 7-42).

Tabla 7-41 Constante de reaireación en los escenarios de caudal medido, mínimo y máximo

ECUACIONES DE CONSTANTE DE REAIREACIÓN (d-1)						
Río Aurrá						
ESCENARIO	O'CONNOR Y DOBBINS	CORRECCION T °C	CHURCHILL	CORRECCION T °C	OWENS Y GIBBS	CORRECCION T °C
MEDIDO	19,82	24,60	30,45	37,79	39,1449	48,57
MÍNIMO	9,96	12,36	8,42	10,45	15,7430	19,54
MÁXIMO	1,50	1,86	2,52	3,13	1,6954	2,10
Quebrada Seca						
ESCENARIO	O'CONNOR Y DOBBINS	CORRECCION T °C	CHURCHILL	CORRECCION T °C	OWENS Y GIBBS	CORRECCION T °C
MEDIDO	46.25	60.04	76.46	99.25	110.99	144.08
MÍNIMO	18.37	23.84	19.24	24.98	34.06	44.22
MÁXIMO	11.67	15.15	18.57	24.11	20.60	26.74

Fuente: Fluvia Hydrocloro Technologies S.A.S.

Tabla 7-42 Constante de desoxigenación en los escenarios de caudal medido, mínimo y máximo

Cuerpo de agua	ECUACION DE CTE DE DESOXIGENACIÓN (d-1)	
Río Aurrá	MEDIDO	1,055
	MÍNIMO	2,136
	MÁXIMO	0,165
Quebrada Seca	MEDIDO	1,24
	MÍNIMO	1,985
	MÁXIMO	0,329

Fuente: Fluvia Hydrocloro Technologies S.A.S.

7.3.1.2.3.17 Calibración y precisión del modelo de calidad

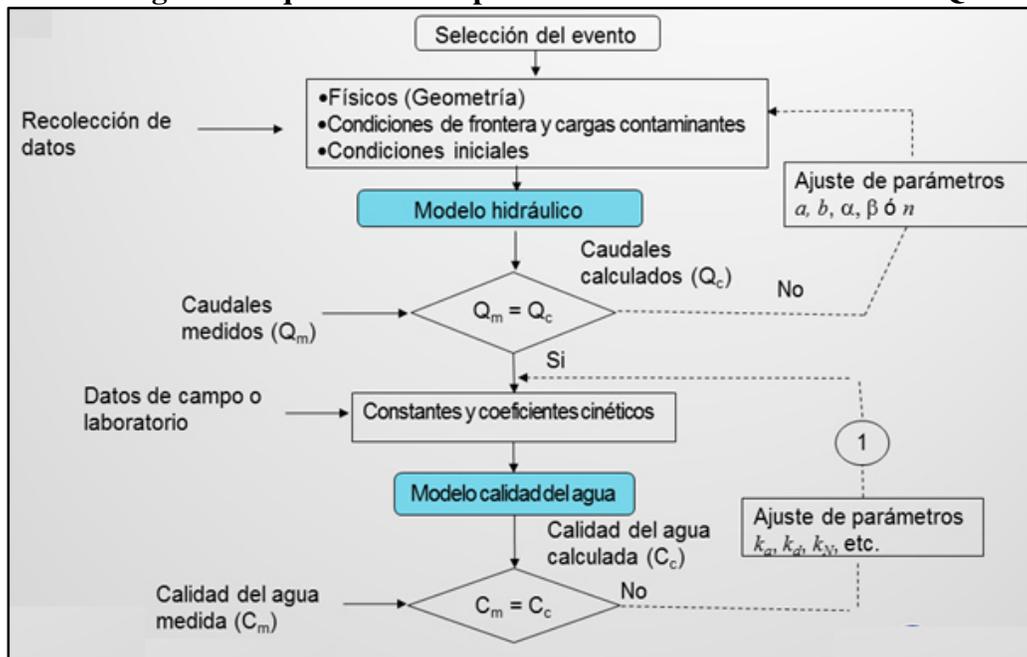
La calibración en los modelos de calidad consiste en ajustar las constantes y coeficientes incluidos en el modelo de tal manera que este sea capaz de reproducir la calidad del agua en la corriente con una alta confiabilidad.

La calibración del modelo Qual2kw se realizó bajo un caudal específico, se determinaron las características físicas de la corriente y se midieron los parámetros en campo y en el laboratorio, las variables que no se pudieron medir in situ se estimaron aplicando conceptos de la literatura.

Se evaluaron dentro del tramo de modelación las cargas contaminantes puntuales y/o distribuidas y se segmentó la corriente de acuerdo a sus características, midiendo las pendientes, secciones, altitud, longitudes, caudales, velocidades, profundidades, etc, con el fin de que no fuera fuente de incertidumbre en los resultados.

En el siguiente diagrama se explica el procedimiento para la calibración del modelo QUAL2KW:

Figura 7-23 Diagrama esquemático del proceso de calibración del modelo QUAL2KW



Fuente: Curso de modelación de calidad de aguas en ríos y corrientes y su aplicación en planes de saneamiento y manejo de vertimientos (Res. 1433/2004 y Dec. 3930/2010 sobre vertimientos).

7.3.1.2.3.18 Datos ajustados e introducidos al modelo QUAL2KW

El Software QUAL2KW es capaz de deducir el comportamiento de las variables DBO₅ y Sólidos Suspendidos Totales en un río, sin embargo los datos de entrada a este modelo no son tan fáciles de deducir, ya que para generar el comportamiento de la DBO₅ es necesario transformarla a DBO última mediante un proceso de ajuste de datos.

La representación gráfica de los sólidos suspendidos totales en el programa los calcula mediante la entrada del parámetro sólidos suspendidos inorgánicos. Se aclara que el software pide la entrada de este parámetro en unidades de mgD/L y los laboratorios la expresan en unidades de mg/L, por ende hay que realizar la conversión de unidades.

A continuación se presentan los cálculos de cada una de las variables a introducir en el modelo de calidad del agua QUAL2KW (Ver Tabla 7-43).

Tabla 7-43 Variables a introducir en el modelo de calidad para cada cuerpo de agua

Cuerpo de agua	PARÁMETRO	UNIDADES	PUNTO MONITOREADO
Río Aurrá	DBO ₅	mg / L	5
	DBO R	mg / L	7,1
	DQO	mg / L	34,3
	POM	mg / L	27,3
		mg D/L	25,3
	SST	mg / L	112
Quebrada Seca	DBO ₅	mg / L	5
	DBO R	mg / L	7,1
	DQO	mg / L	26,4
	POM	mg / L	19,4
		mg D/L	18
	SST	mg / L	379

Fuente: Curso de modelación de calidad de aguas en ríos y corrientes y su aplicación en planes de saneamiento y manejo de vertimientos (Res. 1433/2004 y Dec. 3930/2010 sobre vertimientos).

7.3.1.2.3.19 Resultados del modelo QUAL2KW después del vertimiento

Luego de realizar la calibración del modelo de simulación con los datos hidrológicos e hidráulicos, se introduce dentro del programa Qual2kw. A continuación se presentan los resultados de la simulación del vertimiento en condiciones de caudal medido por el método de trazadores, mínimo y máximo para las corrientes evaluadas.

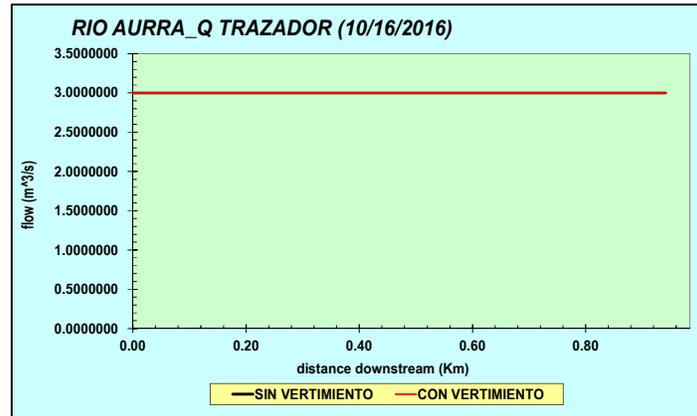
7.3.1.2.3.20 Resultados después del vertimiento río Aurrá

A partir del modelo de calidad del agua analizado para el río Aurrá, se estableció que después de conformarse la zona de mezcla en condición de caudales mínimo, máximo y medido en campo sobre la fuente hídrica, no se genera una afección notoria sobre la calidad fisicoquímica, bacteriológica e hidrobiológica, los cuales en su totalidad presentan una correcta asimilación del vertimiento propuesto para los parámetros modelados (Caudal, Velocidad, Profundidad, DBO₅, pH, Temperatura, DQO, Solidos Suspendidos Totales, Coliformes Totales y Fecales).

Teniendo en cuenta todos los resultados de la modelación de la calidad del agua, en condiciones de caudal vertido de 0,7405 l/s y caudales de cuerpo de agua receptor mínimo de 700 l/s, máximo de 130000 l/s y medido de 3000 l/s, se determinó que el poder de asimilación es óptimo y no representa cambios significativos.

✓ Caudal (m³/s)-Río Aurrá

Figura 7-24 Escenario Caudal medido con trazadores río Aurrá



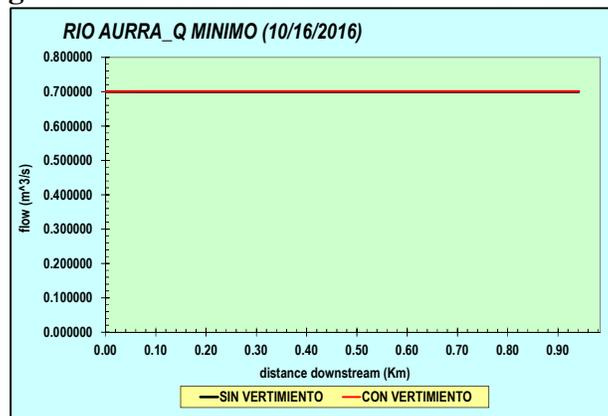
Fuente: *Software Qual2kw*

Tabla 7-44. Escenario Caudal medido con trazadores río Aurrá

TRAMO (Km)	RESULTADOS SIN VERTIMIENTO (m ³ /s)	RESULTADOS CON VERTIMIENTO (m ³ /s)
0.0000000	3.0000000	3.0000000
0.0655000	3.0000000	3.0007405
0.1890000	3.0000000	3.0007405
0.2855000	3.0000000	3.0007405
0.4090000	3.0000000	3.0007405
0.5530000	3.0000000	3.0007405
0.6870000	3.0000000	3.0007405
0.8300000	3.0000000	3.0007405
0.9410000	3.0000000	3.0007405

Fuente: *Software Qual2kw*

Figura 7-25. Escenario Caudal Mínimo río Aurrá



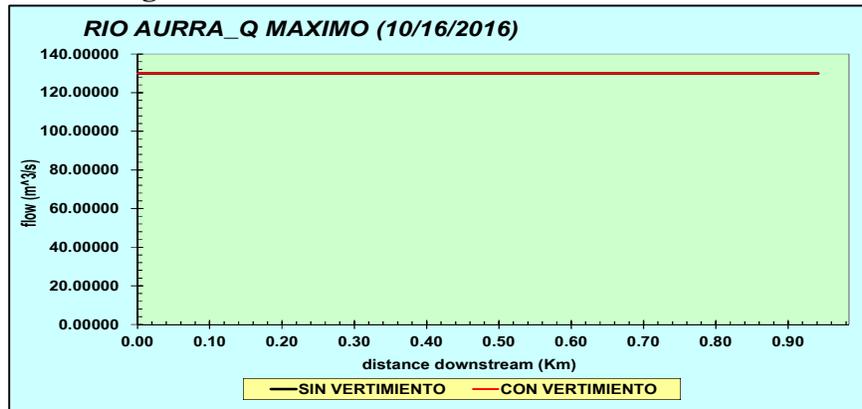
Fuente: *Software Qual2kw*

Tabla 7-45. Escenario caudal mínimo río Aurrá

TRAMO (Km)	RESULTADOS SIN VERTIMIENTO (m ³ /s)	RESULTADOS CON VERTIMIENTO (m ³ /s)
0.000000	0.700000	0.700000
0.065500	0.700000	0.700741
0.189000	0.700000	0.700741
0.285500	0.700000	0.700741
0.409000	0.700000	0.700741
0.553000	0.700000	0.700741
0.687000	0.700000	0.700741
0.830000	0.700000	0.700741
0.941000	0.700000	0.700741

Fuente: Software Qual2kw

Figura7-26. Escenario caudal máximo río Aurrá



Fuente: Software Qual2kw

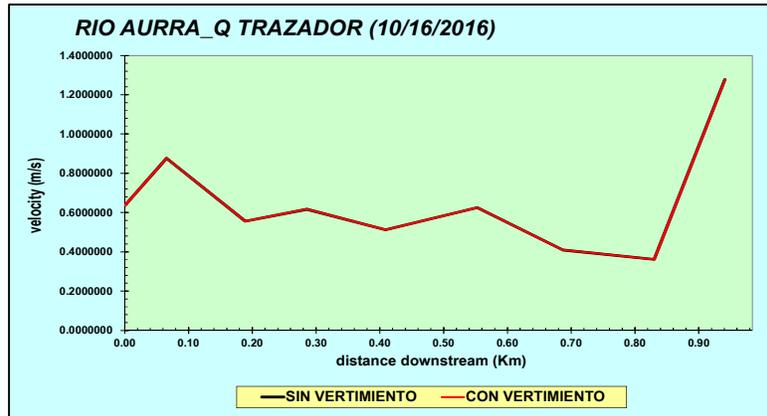
Tabla 7-46. Escenario caudal máximo río Aurrá

TRAMO (Km)	RESULTADOS SIN VERTIMIENTO (m ³ /s)	RESULTADOS CON VERTIMIENTO (m ³ /s)
0.00000	130.00000	130.00000
0.06550	130.00000	130.00074
0.18900	130.00000	130.00074
0.28550	130.00000	130.00074
0.40900	130.00000	130.00074
0.55300	130.00000	130.00074
0.68700	130.00000	130.00074
0.83000	130.00000	130.00074
0.94100	130.00000	130.00074

Fuente: Software Qual2kw

✓ Velocidad (m/s)-río Aurrá

Figura 7-27. Escenario velocidad con caudal medido con trazadores río Aurrá



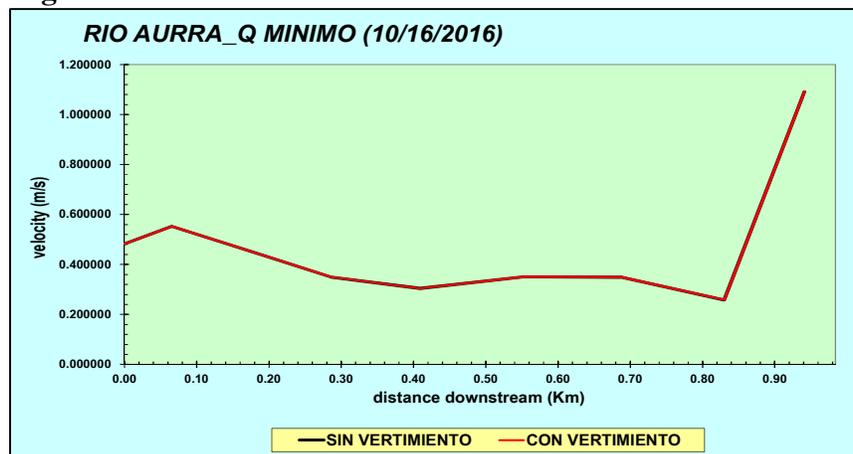
Fuente: Software Qual2kw

Tabla 7-47 Escenario Velocidad con caudal medido con trazadores río Aurrá

TRAMO (Km)	RESULTADOS SIN VERTIMIENTO (m/s)	RESULTADOS CON VERTIMIENTO (m/s)
0.000000	0.6352616	0.6352616
0.065500	0.8764634	0.8765484
0.189000	0.5559860	0.5560394
0.285500	0.6166994	0.6167578
0.409000	0.5123802	0.5124296
0.553000	0.6249068	0.6249671
0.687000	0.4090271	0.4090670
0.830000	0.3613139	0.3613491
0.941000	1.2768047	1.2769289

Fuente: Software Qual2kw

Figura 7-28. Escenario velocidad con caudal mínimo río Aurrá



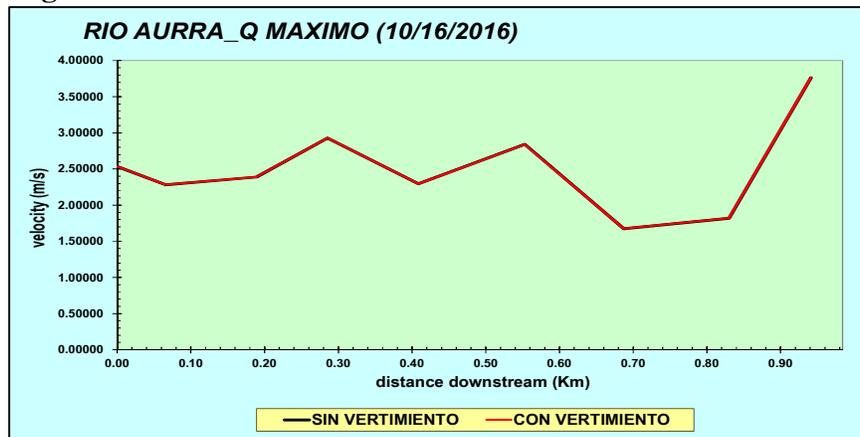
Fuente: Software Qual2kw

Tabla 7-48. Escenario velocidad con caudal mínimo río Aurrá

TRAMO (Km)	RESULTADOS SIN VERTIMIENTO (m/s)	RESULTADOS CON VERTIMIENTO (m/s)
0.000000	0.482295	0.482295
0.065500	0.552573	0.552796
0.189000	0.438841	0.439019
0.285500	0.349554	0.349700
0.409000	0.304207	0.304333
0.553000	0.350031	0.350176
0.687000	0.348623	0.348769
0.830000	0.257932	0.258039
0.941000	1.090862	1.091311

Fuente: *Software Qual2kw*

Figura 7-29. Escenario velocidad con caudal máximo río Aurrá



Fuente: *Software Qual2kw*

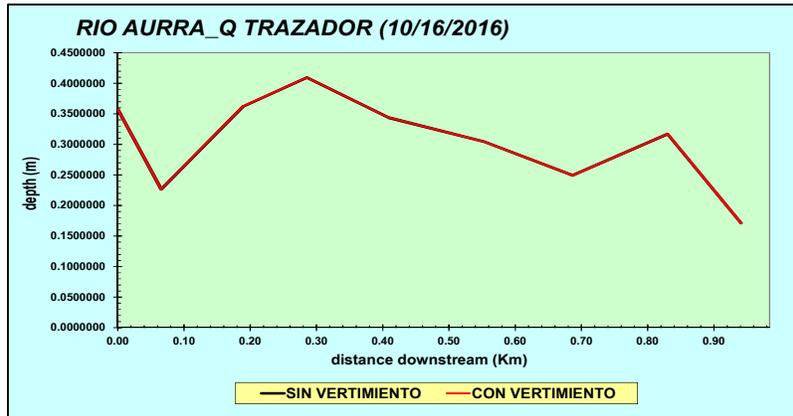
Tabla 7-49. Escenario Velocidad con caudal Máximo

TRAMO (Km)	RESULTADOS SIN VERTIMIENTO (m/s)	RESULTADOS CON VERTIMIENTO (m/s)
0.00000	2.53574	2.53574
0.06550	2.28253	2.28253
0.18900	2.38986	2.38986
0.28550	2.92794	2.92795
0.40900	2.29552	2.29553
0.55300	2.84016	2.84016
0.68700	1.67533	1.67533
0.83000	1.82043	1.82043
0.94100	3.76020	3.76020

Fuente: *Software Qual2kw*

✓ Profundidad (m)-Río Aurrá

Figura 7-30. Escenario Profundidad con caudal medido con trazadores río Aurrá



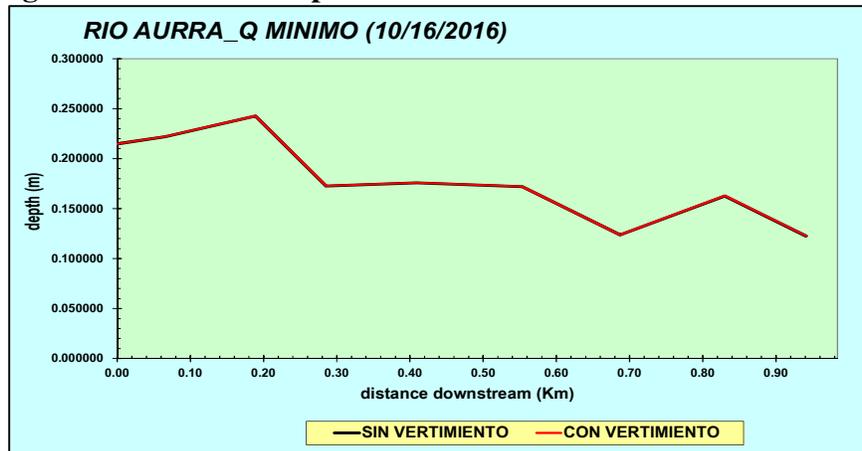
Fuente: *Software Qual2kw*

Tabla 7-50. Escenario Profundidad con caudal medido con trazadores río Aurrá

TRAMO (Km)	RESULTADOS SIN VERTIMIENTO (m)	RESULTADOS CON VERTIMIENTO (m)
0.000000	0.3574916	0.3574916
0.0655000	0.2265286	0.2265625
0.1890000	0.3621355	0.3621901
0.2855000	0.4094787	0.4095410
0.4090000	0.3438067	0.3438584
0.5530000	0.3042279	0.3042736
0.6870000	0.2493024	0.2493396
0.8300000	0.3169095	0.3169569
0.9410000	0.1711300	0.1711556

Fuente: *Software Qual2kw*

Figura 7-31. Escenario profundidad con caudal mínimo río Aurrá



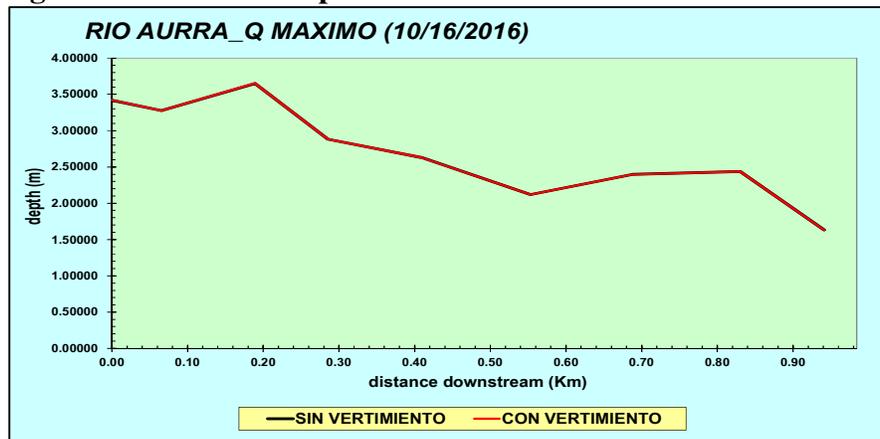
Fuente: *Software Qual2kw*

Tabla 7-51. Escenario profundidad con caudal mínimo río Aurrá

TRAMO (Km)	RESULTADOS SIN VERTIMIENTO (m)	RESULTADOS CON VERTIMIENTO (m)
0.000000	0.214703	0.214703
0.065500	0.221857	0.222002
0.189000	0.242418	0.242576
0.285500	0.172485	0.172596
0.409000	0.175654	0.175767
0.553000	0.171954	0.172064
0.687000	0.123639	0.123718
0.830000	0.162606	0.162710
0.941000	0.122461	0.122540

Fuente: Software Qual2kw

Figura 7-32. Escenario profundidad con caudal máximo río Aurrá



Fuente: Software Qual2kw

Tabla 7-52. Escenario profundidad con caudal máximo río Aurrá

TRAMO (Km)	RESULTADOS SIN VERTIMIENTO (m)	RESULTADOS CON VERTIMIENTO (m)
0.00000	3.42008	3.42008
0.06550	3.27513	3.27514
0.18900	3.65077	3.65079
0.28550	2.88123	2.88124
0.40900	2.63038	2.63039
0.55300	2.11908	2.11909
0.68700	2.39570	2.39571
0.83000	2.43643	2.43644
0.94100	1.63156	1.63156

Fuente: Software Qual2kw

A continuación se presentan el análisis de cada uno de los parámetros establecidos en condiciones de caudal medido por el método de trazadores, mínimo y máximo.

✓ Temperatura (°C)

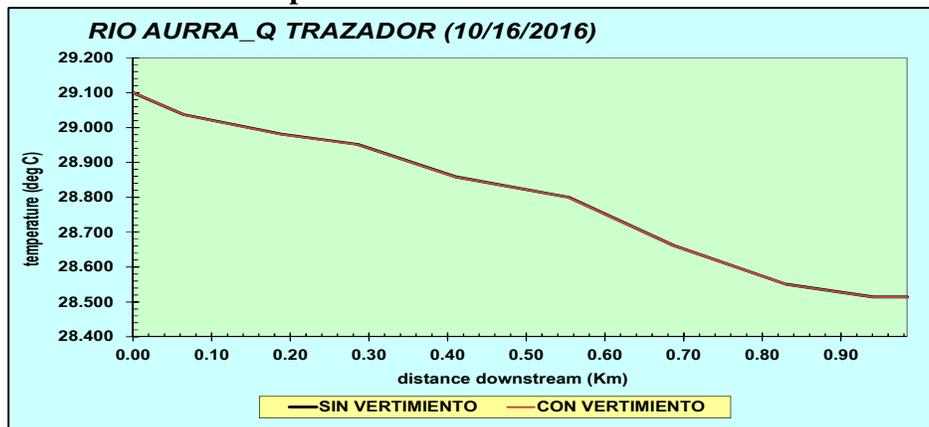
La temperatura del agua en una fuente hídrica es un parámetro que tiene relación básicamente con una condición del medio que al ser alterada por un vertimiento puede afectar la vida acuática natural.

La simulación de este parámetro en condiciones naturales (sin realizar el vertimiento propuesto), evidencia una tendencia a disminuir en la distancia, tendencia similar al representado en los tres escenarios de caudales.

A su vez, se observó que en los tres escenarios de caudal la temperatura del agua a ser vertida sobre el río Aurrá es menor a 40°C por lo cual se da cumplimiento al decreto 1076 de 2015.

Es de aclarar que debido a la oscilación de temperatura en el medio, producto del clima y de la radiación solar dependiendo de la hora del día, se generan igualmente cambios en la temperatura del agua, presentándose valores más bajos en la mañana y noche y valores más altos al medio día y la tarde, marcando una diferencia mayor en condiciones de caudales mínimos.

Figura 7-33 Escenario temperatura con caudal medido con trazadores río Aurrá



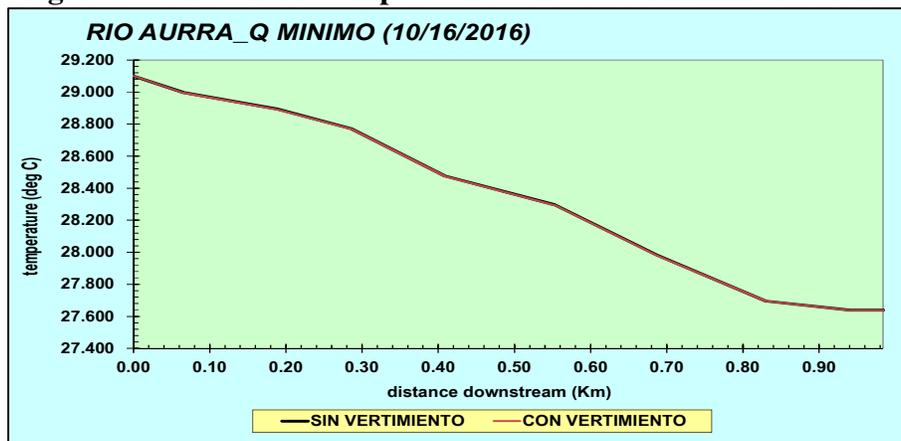
Fuente: Software Qual2kw

Tabla 7-53 Escenario temperatura con caudal medido con trazadores río Aurrá

TRAMO (Km)	RESULTADOS SIN VERTIMIENTO (°C)	RESULTADOS CON VERTIMIENTO (°C)
0.000000	29.100000	29.100000
0.065500	29.036300	29.035800
0.189000	28.980900	28.980400
0.285500	28.951600	28.951100
0.409000	28.859500	28.859000
0.553000	28.800500	28.800100
0.687000	28.662000	28.661600
0.830000	28.550900	28.550500
0.941000	28.514200	28.513800
0.984000	28.514200	28.513800

Fuente: Software Qual2kw

Figura 7-34 Escenario temperatura con caudal mínimo río Aurrá



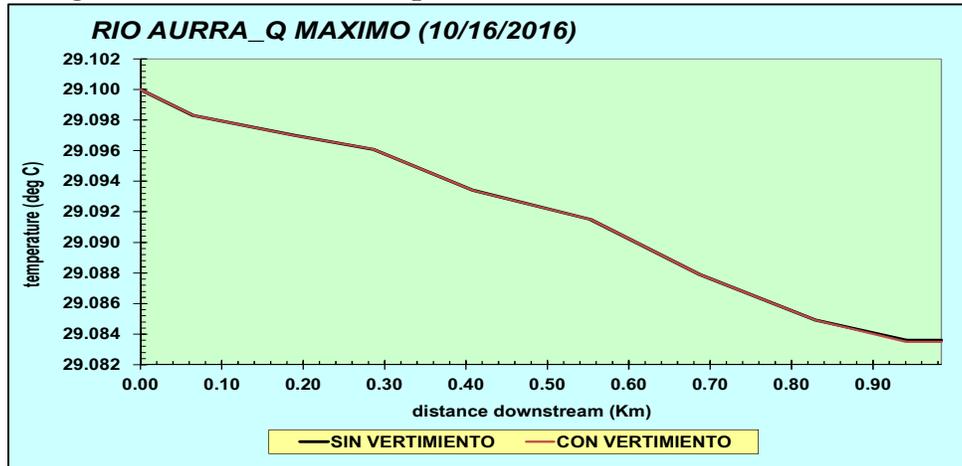
Fuente: Software Qual2kw

Tabla 7-54 Escenario temperatura con caudal mínimo río Aurrá

TRAMO (Km)	RESULTADOS SIN VERTIMIENTO (°C)	RESULTADOS CON VERTIMIENTO (°C)
0.000000	29.100000	29.100000
0.065500	28.997100	28.994800
0.189000	28.892800	28.890700
0.285500	28.771700	28.769700
0.409000	28.475700	28.474000
0.553000	28.295400	28.294000
0.687000	27.982100	27.981000
0.830000	27.695700	27.694900
0.941000	27.639000	27.638300
0.984000	27.639000	27.638300

Fuente: Software Qual2kw

Figura 7-35 Escenario Temperatura con caudal máximo río Aurrá



Fuente: *Software Qual2kw*

Tabla 7-55. Escenario Temperatura con caudal máximo río Aurrá

TRAMO (Km)	RESULTADOS SIN VERTIMIENTO (°C)	RESULTADOS CON VERTIMIENTO (°C)
0.000000	29.100000	29.100000
0.065500	29.098300	29.098300
0.189000	29.097000	29.097000
0.285500	29.096100	29.096100
0.409000	29.093400	29.093400
0.553000	29.091500	29.091500
0.687000	29.087900	29.087900
0.830000	29.084900	29.084900
0.941000	29.083600	29.083500
0.984000	29.083600	29.083500

Fuente: *Software Qual2kw*

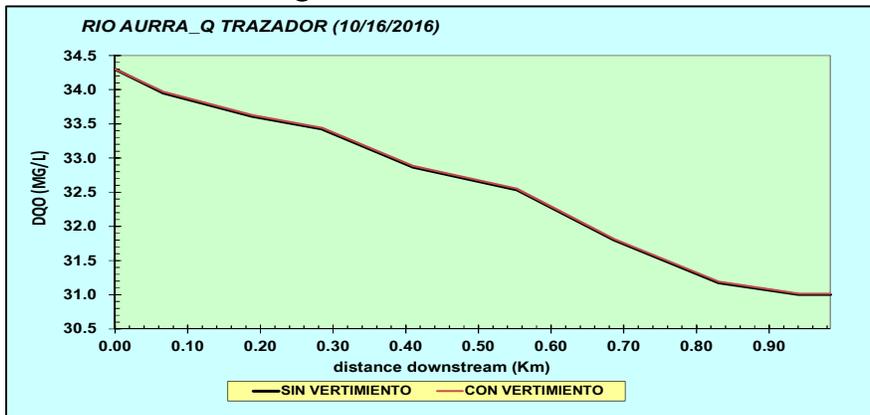
✓ **DQO (mg/L)**

La simulación de este parámetro en condiciones naturales (sin realizar el vertimiento propuesto), evidencia una tendencia a disminuir en la distancia, ocasionado por el carácter de autopurificación que posee el cuerpo de agua, tendencia similar al representado en los tres escenarios de caudales.

Es de aclarar que los valores evidenciados dentro de los modelos de calidad para los tres escenarios, no presentan incrementos considerables después de realizarse el vertimiento, siendo la diferencia de concentraciones más notoria en el escenario de caudal mínimo.

Es pertinente aclarar que para la DQO, según la norma colombiana no indica límites permisibles de concentración.

Figura 7-36. Escenario DQO con caudal medido con trazadores río Aurrá



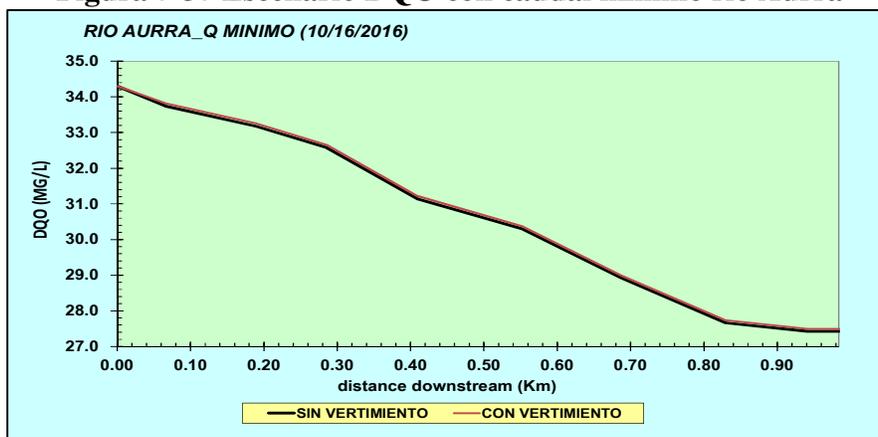
Fuente: Software Qual2kw

Tabla 7-56. Escenario DQO con caudal medido con trazadores río Aurrá

TRAMO (Km)	RESULTADOS SIN VERTIMIENTO (mg/l)	RESULTADOS CON VERTIMIENTO (mg/l)
0.000000	34.3000000	34.3000000
0.065500	33.9541030	33.9721820
0.189000	33.6107600	33.6287260
0.285500	33.4220020	33.4399060
0.409000	32.8709470	32.8886680
0.553000	32.5340440	32.5516540
0.687000	31.7985990	31.8159650
0.830000	31.1761780	31.1933320
0.941000	31.0005480	31.0176440
0.984000	31.0005480	31.0176440

Fuente: Software Qual2kw

Figura 7-37 Escenario DQO con caudal mínimo río Aurrá



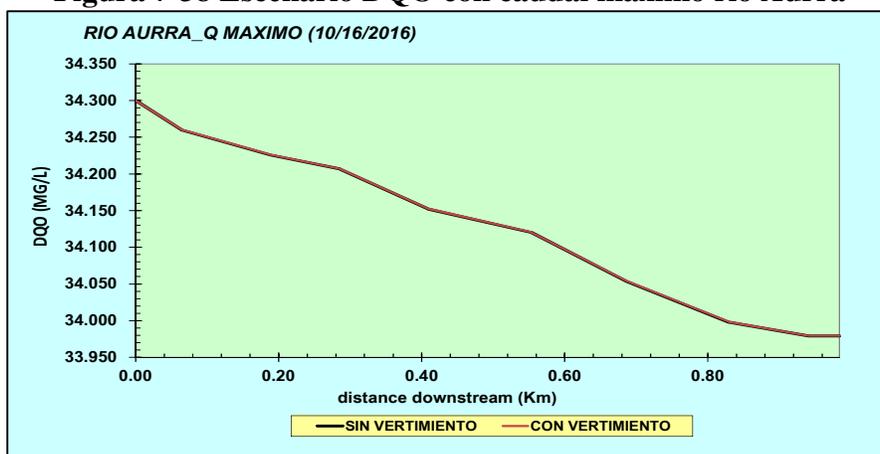
Fuente: Software Qual2kw

Tabla 7-57 Escenario DQO con caudal mínimo río Aurrá

TRAMO (Km)	RESULTADOS SIN VERTIMIENTO (mg/l)	RESULTADOS CON VERTIMIENTO (mg/l)
0.000000	34.3000000	34.3000000
0.065500	33.7464640	33.8235990
0.189000	33.1795010	33.2558560
0.285500	32.5776620	32.6531980
0.409000	31.1447760	31.2182960
0.553000	30.2915820	30.3638790
0.687000	28.9283720	28.9986880
0.830000	27.6624100	27.7308050
0.941000	27.4244290	27.4924650
0.984000	27.4244290	27.4924650

Fuente: *Software* Qual2kw

Figura 7-38 Escenario DQO con caudal máximo río Aurrá



Fuente: *Software* Qual2kw

Tabla 7-58 Escenario DQO con caudal máximo río Aurrá

TRAMO (Km)	RESULTADOS SIN VERTIMIENTO (MG/l)	RESULTADOS CON VERTIMIENTO (MG/l)
0.000000	34.30000000	34.30000000
0.065500	34.25935700	34.25977700
0.189000	34.22562500	34.22604400
0.285500	34.20659800	34.20701700
0.409000	34.15214200	34.15256100
0.553000	34.12011800	34.12053700
0.687000	34.05317700	34.05359500
0.830000	33.99762700	33.99804400
0.941000	33.97881000	33.97922700
0.984000	33.97881000	33.97922700

Fuente: *Software* Qual2kw

✓ **DBO₅ (mg/L)**

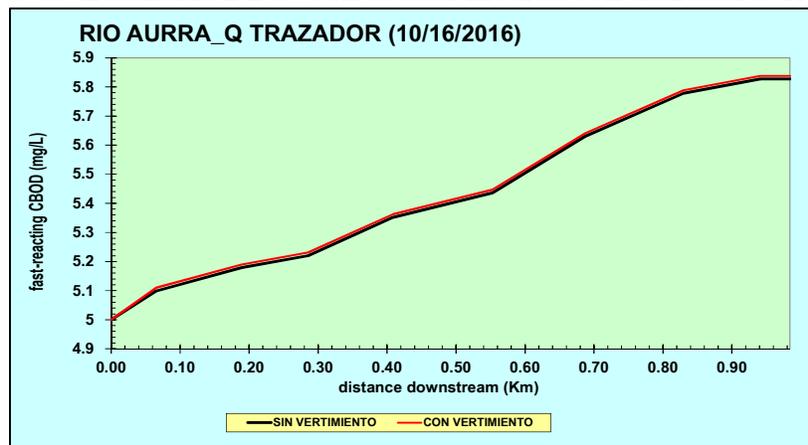
Las fuentes hídricas pueden presentar contaminación por medio de materia orgánica relacionadas a compuestos naturales y/o antrópicas, donde el más frecuente es la descarga de aguas residuales domesticas sin previo tratamiento.

La caracterización de un cuerpo de agua para este parámetro se realiza con un método indirecto, determinando la demanda bioquímica de oxígeno DBO, La DBO se define como la cantidad de oxígeno que se requiere para que microorganismos puedan oxidar la materia orgánica presente en el agua.

De acuerdo al muestreo realizado en el punto de monitoreo, se encontró que el río Aurrá antes de realizarse el vertimiento presenta una baja concentración de DBO₅ con tendencia a aumentar paulatinamente en la distancia, ocasionado probablemente por el cambio en las condiciones hidráulicas del río, condición similar a lo representado por el modelo de calidad para los tres escenarios de caudal que presentan la misma directriz, destacando que los incrementos en las concentraciones son mínimos.

Es pertinente aclarar que para la DBO, según la norma colombiana no indica límites permisibles de concentración.

Figura 7-39 Escenario DBO₅ con caudal medido con trazadores río Aurrá



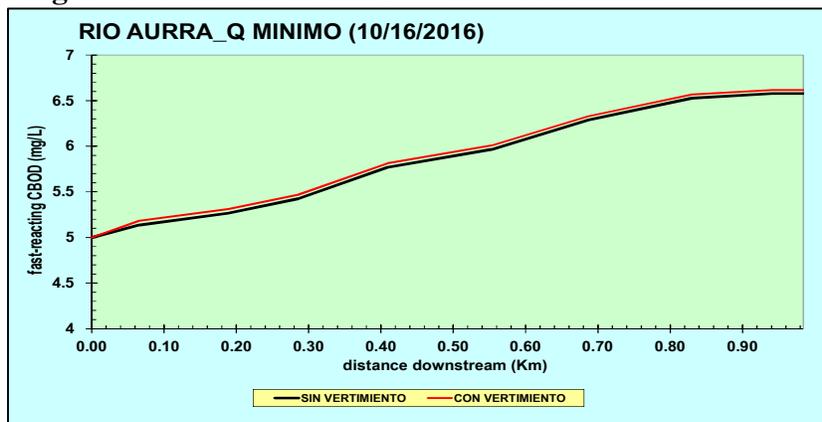
Fuente: Software Qual2kw

Tabla 7-59 Escenario DBO₅ con caudal medido con trazadores río Aurrá

TRAMO (Km)	RESULTADOS SIN VERTIMIENTO (MG/l)	RESULTADOS CON VERTIMIENTO (MG/l)
0.000000	5.0000000	5.0000000
0.065500	5.0989920	5.1100140
0.189000	5.1789620	5.1898960
0.285500	5.2202500	5.2311350
0.409000	5.3519390	5.3626830
0.553000	5.4363470	5.4470050
0.687000	5.6299010	5.6403800
0.830000	5.7780180	5.7883390
0.941000	5.8276250	5.8379060
0.984000	5.8276250	5.8379060

Fuente: *Software Qual2kw*

Figura 7-40 Escenario DBO₅ con caudal mínimo río Aurrá



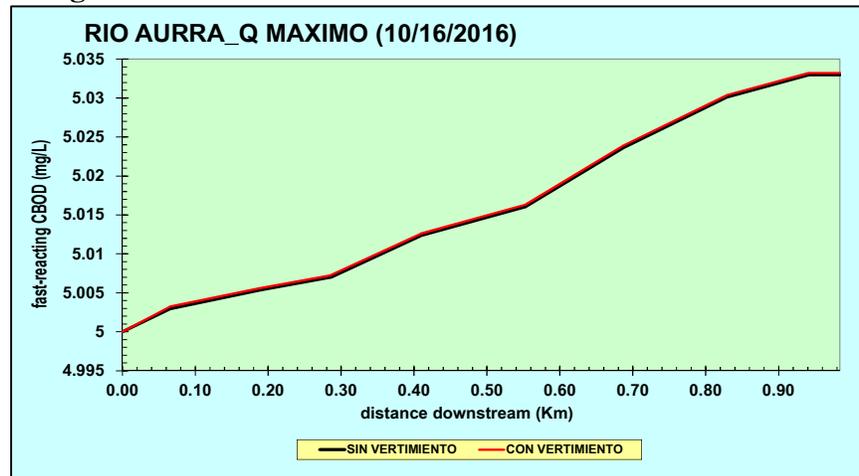
Fuente: *Software Qual2kw*

Tabla 7-60 Escenario DBO₅ con caudal mínimo río Aurrá

TRAMO (Km)	RESULTADOS SIN VERTIMIENTO (MG/l)	RESULTADOS CON VERTIMIENTO (MG/l)
0.000000	5.0000000	5.0000000
0.065500	5.1363140	5.1831150
0.189000	5.2662480	5.3122680
0.285500	5.4243040	5.4695850
0.409000	5.7692570	5.8128430
0.553000	5.9653780	6.0079870
0.687000	6.2868440	6.3281230
0.830000	6.5276630	6.5676480
0.941000	6.5774710	6.6172390
0.984000	6.5774710	6.6172390

Fuente: *Software Qual2kw*

Figura 7-41 Escenario DBO₅ con caudal máximo río Aurrá



Fuente: *Software Qual2kw*

Tabla 7-61 Escenario DBO₅ con caudal máximo río Aurrá

TRAMO (Km)	RESULTADOS SIN VERTIMIENTO (MG/l)	RESULTADOS CON VERTIMIENTO (MG/l)
0.000000	5.00000000	5.00000000
0.065500	5.00297100	5.00322700
0.189000	5.00534100	5.00559700
0.285500	5.00699100	5.00724800
0.409000	5.01233100	5.01258700
0.553000	5.01606200	5.01631800
0.687000	5.02365300	5.02390900
0.830000	5.03016500	5.03042100
0.941000	5.03296300	5.03321900
0.984000	5.03296300	5.03321900

Fuente: *Software Qual2kw*

✓ pH (Unidades)

El pH es una medida de la concentración de iones de hidrógeno en el agua. Es de gran importancia porque algunas reacciones químicas sólo pueden darse únicamente en un rango específico de pH, Adicionalmente los rangos de existencia para la mayoría de microorganismos son bastante críticos.

El río Aurrá presenta un valor de pH en el punto inicial del monitoreo de 8,26 unidades, dato que evidencia que el cuerpo de agua tiene una tendencia básica, generando un habitat específica para el desarrollo de determinados organismos acuáticos.

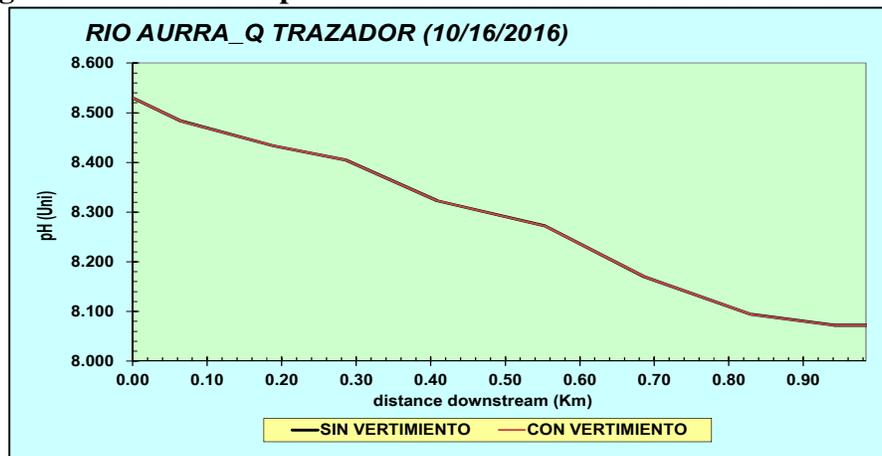
Mediante los modelos de calidad del agua se pudo observar que después de realizarse la descarga de agua residual tratada en condiciones de pH de 8,27 unidades, característico de las aguas residuales, el cuerpo de agua no sufre cambios notorios en la concentración en

todos los escenarios de caudal.

De acuerdo con el decreto 1076 de 2015, está en la margen para la destinación del recurso para preservación de flora y fauna, pues los límites señalados están entre 5 y 9. Así mismo, los rangos para uso agrícola y pecuario son de 4,5 a 9 y de 5 a 9, respectivamente.

Cabe mencionar que pese a que el pH mantiene su naturaleza a lo largo del día, puede presentar una variación mínima que se asocia a cambios en la temperatura del agua por efectos de la radiación solar que incide en el sistema hídrico. Este cambio muy leve es casi imperceptible y puede darse con mayor frecuencia en la época de menor caudal, donde el nivel del cuerpo de agua es mínimo y por ende los cambios en la temperatura del agua se pueden presentar más rápidos, en mayor magnitud y/o con mayor frecuencia.

Figura 7-42 Escenario pH con caudal medido con trazadores río Aurrá



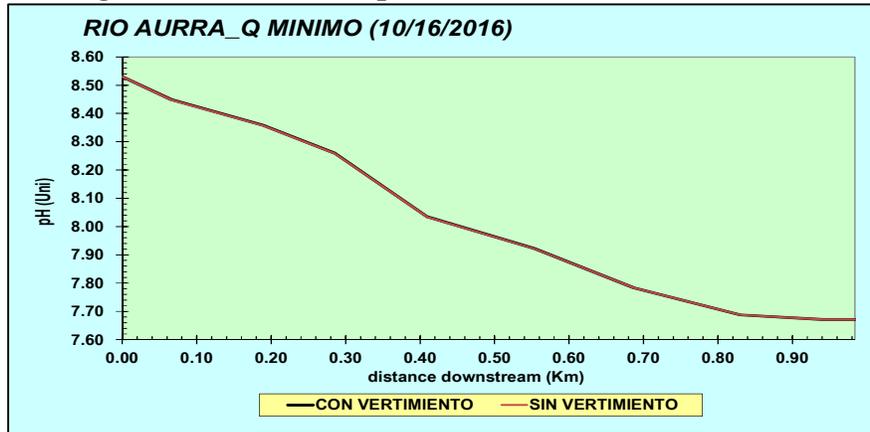
Fuente: Software Qual2kw

Tabla 7-62 Escenario pH con caudal medido con trazadores río Aurrá

TRAMO (Km)	RESULTADOS SIN VERTIMIENTO (Unidades)	RESULTADOS CON VERTIMIENTO (Unidades)
0.000000	8.5300000	8.5300000
0.065500	8.4831840	8.4830660
0.189000	8.4334460	8.4333270
0.285500	8.4051230	8.4050040
0.409000	8.3227790	8.3226670
0.553000	8.2723770	8.2722730
0.687000	8.1696620	8.1695830
0.830000	8.0941320	8.0940730
0.941000	8.0721270	8.0720750
0.984000	8.0721270	8.0720750

Fuente: Software Qual2kw

Figura 7-43 Escenario pH con caudal mínimo río Aurrá



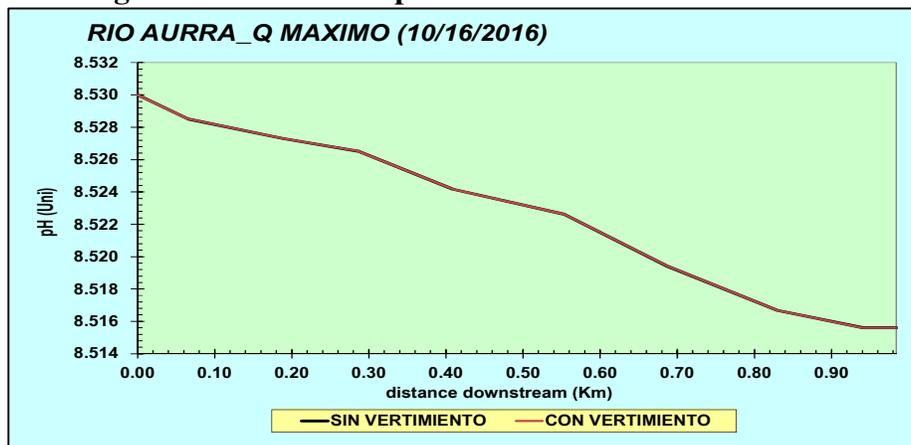
Fuente: Software Qual2kw

Tabla 7-63 Escenario pH con caudal mínimo río Aurrá

TRAMO (Km)	RESULTADOS SIN VERTIMIENTO (Unidades)	RESULTADOS CON VERTIMIENTO (Unidades)
0.000000	8.5300000	8.5300000
0.065500	8.4492870	8.4492870
0.189000	8.3581970	8.3581970
0.285500	8.2592810	8.2592810
0.409000	8.0351610	8.0351610
0.553000	7.9227790	7.9227790
0.687000	7.7833250	7.7833250
0.830000	7.6874870	7.6874870
0.941000	7.6711000	7.6711000
0.984000	7.6711000	7.6711000

Fuente: Software Qual2kw

Figura 7-44 Escenario pH con caudal máximo río Aurrá



Fuente: Software Qual2kw

Tabla 7-64 Escenario pH con caudal máximo río Aurrá

TRAMO (Km)	RESULTADOS SIN VERTIMIENTO (Unidades)	RESULTADOS CON VERTIMIENTO (Unidades)
0.000000	8.53000000	8.53000000
0.065500	8.52851600	8.52851300
0.189000	8.52729800	8.52729500
0.285500	8.52653200	8.52652900
0.409000	8.52416800	8.52416600
0.553000	8.52262800	8.52262500
0.687000	8.51941900	8.51941600
0.830000	8.51667600	8.51667400
0.941000	8.51559900	8.51559600
0.984000	8.51559900	8.51559600

Fuente: *Software Qual2kw*

✓ **Sólidos Suspendidos totales (mg/L)**

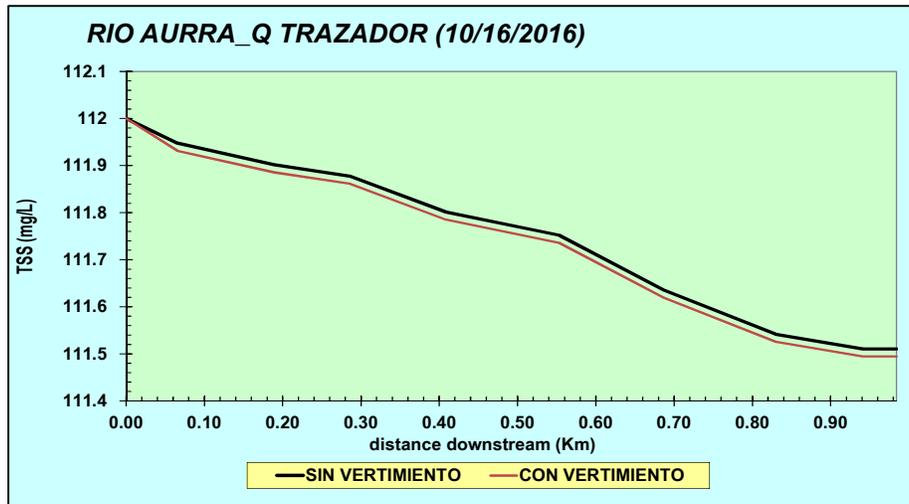
Corresponde a la cantidad de material (sólidos) que es retenido después de realizar la filtración de un volumen de agua. Es importante como indicador puesto que su presencia disminuye el paso de la luz a través de agua evitando su actividad fotosintética en las corrientes, importante para la producción de oxígeno. En lenguaje técnico se usa la expresión Carga para señalar la masa de Sólidos Suspendidos Totales SST que corre o alberga un cuerpo de agua durante un periodo determinado.

Los sólidos suspendidos del agua están compuestos tanto de material orgánico como inorgánico. En aguas limpias de manantiales sus contenidos son muy bajos, mientras que en aguas turbias alcanzan valores de varios miles. La cantidad de sólidos suspendidos presentes en un río refleja el nivel de erosión en la zona.

De acuerdo al muestreo realizado en el punto de monitoreo, se encontró que el río Aurrá antes de realizarse el vertimiento presenta una concentración de SST de 112 mg/l, el cual antes de realizarse el vertimiento tiende a disminuir en la distancia, esta condición es similar a la presentada bajo condición de vertimiento en los tres escenarios de caudal debido a la baja concentración de los SST de la descarga propuesta (46 mg/l).

El decreto 1076 de 2015 establece concentraciones permisibles de sólidos suspendidos totales de 800 mg/l, por lo cual el vertimiento propuesto cumple con la normatividad ambiental vigente.

Figura 7-45 Escenario Solidos Suspendidos Totales con caudal medido con trazadores río Aurrá



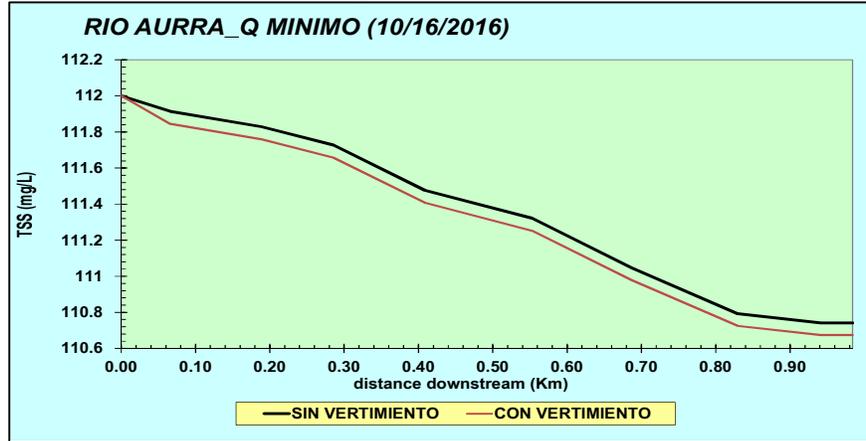
Fuente: *Software Qual2kw*

Tabla 7-65 Escenario Solidos Suspendidos Totales con caudal medido con trazadores río Aurrá

TRAMO (Km)	RESULTADOS SIN VERTIMIENTO (MG/l)	RESULTADOS CON VERTIMIENTO (MG/l)
0.000000	112.0000000	112.0000000
0.065500	111.9476120	111.9313450
0.189000	111.9018850	111.8856370
0.285500	111.8776900	111.8614510
0.409000	111.8011670	111.7849580
0.553000	111.7519710	111.7357810
0.687000	111.6354990	111.6193550
0.830000	111.5415350	111.5254280
0.941000	111.5104060	111.4943110
0.984000	111.5104060	111.4943110

Fuente: *Software Qual2kw*

Figura 7-46 Escenario Solidos Suspendidos Totales con caudal mínimo río Aurrá



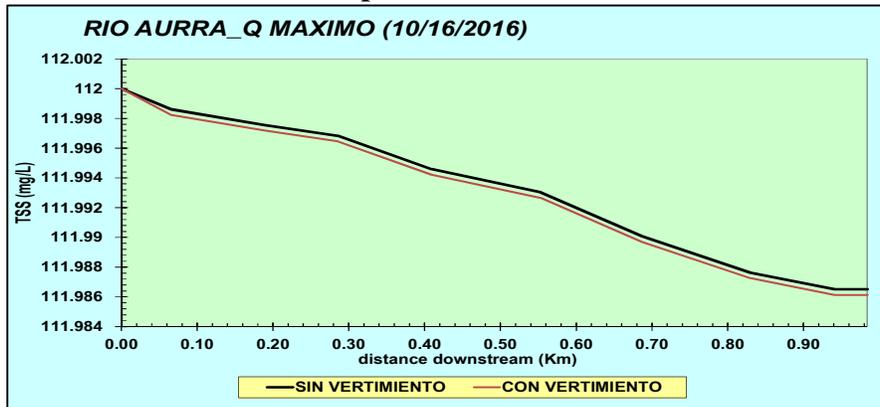
Fuente: Software Qual2kw

Tabla 7-66 Escenario Solidos Suspendidos Totales con caudal mínimo río Aurrá

TRAMO (Km)	RESULTADOS SIN VERTIMIENTO (MG/l)	RESULTADOS CON VERTIMIENTO (MG/l)
0.000000	112.0000000	112.0000000
0.065500	111.9151790	111.8455770
0.189000	111.8286930	111.7592360
0.285500	111.7274910	111.6582030
0.409000	111.4759500	111.4070840
0.553000	111.3211590	111.2525510
0.687000	111.0470700	110.9789200
0.830000	110.7922630	110.7245380
0.941000	110.7416980	110.6740570
0.984000	110.7416980	110.6740570

Fuente: Software Qual2kw

Figura 7-47 Escenario Solidos Suspendidos Totales con caudal máximo río Aurrá



Fuente: Software Qual2kw

Tabla 7-67 Escenario Solidos Suspendidos Totales con caudal máximo río Aurrá

TRAMO (Km)	RESULTADOS SIN VERTIMIENTO (MG/l)	RESULTADOS CON VERTIMIENTO (MG/l)
0.000000	112.00000000	112.00000000
0.065500	111.99860800	111.99823200
0.189000	111.99755200	111.99717600
0.285500	111.99682700	111.99645100
0.409000	111.99459000	111.99421500
0.553000	111.99303300	111.99265700
0.687000	111.99006500	111.98968900
0.830000	111.98762900	111.98725300
0.941000	111.98651600	111.98614000
0.984000	111.98651600	111.98614000

Fuente: *Software Qual2kw*

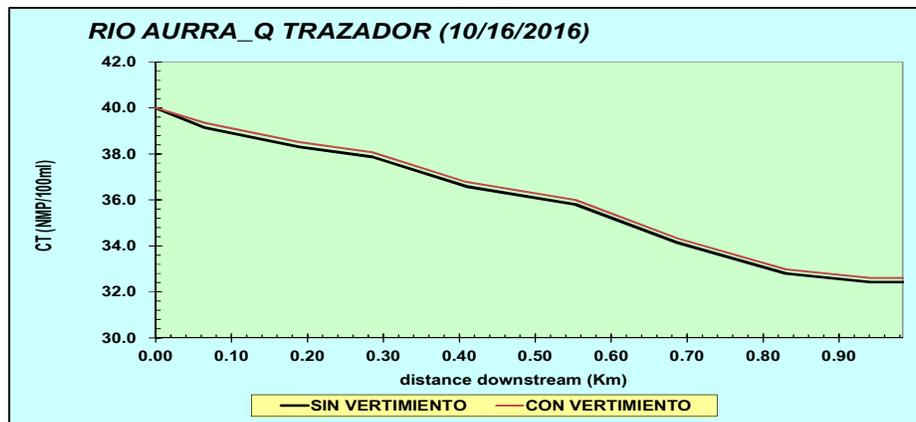
✓ **Coliformes Totales (NMP/100ml)**

Los Coliformes son bacterias asociadas principalmente a heces fecales de humanos y animales, quienes en contacto con el agua proporcionan una medida de contaminación. Entre las principales bacterias se encuentran las Escherichia coli, citrobacter, Enterobacter y Klebsiella.

De igual manera se puede observar que después de realizado el vertimiento, el cuerpo de agua presenta la misma tendencia a asimilar el vertimiento en los tres escenarios de modelación, presentando únicamente una variación mínima.

Como es de esperar, en las aguas residuales industriales la carga bacteriológica tiende a no ser muy alta, por lo cual se considera que la asimilación de los Coliformes por el río Aurrá puede llegar a ser mejor que los escenarios presentados inicialmente.

Figura 7-48 Escenario Coliformes Totales con caudal medido con trazadores río Aurrá



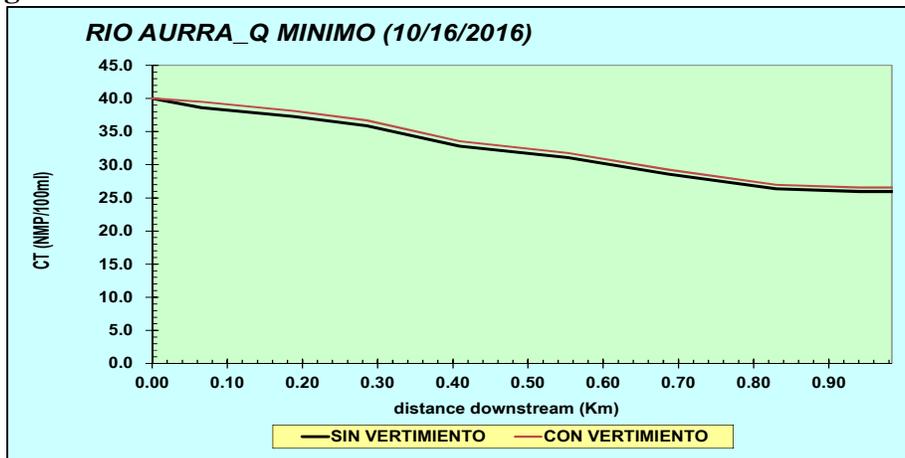
Fuente: *Software Qual2kw*

Tabla 7-68 Escenario Coliformes Totales con caudal medido con trazadores río Aurrá

TRAMO (Km)	RESULTADOS SIN VERTIMIENTO (NMP/100 ml)	RESULTADOS CON VERTIMIENTO (NMP/100 ml)
0.000000	40.00000000	40.00000000
0.065500	39.13293700	39.34068000
0.189000	38.31140400	38.51489400
0.285500	37.87099400	38.07220400
0.409000	36.58533700	36.77988800
0.553000	35.80306400	35.99356300
0.687000	34.14526100	34.32716800
0.830000	32.80045700	32.97538300
0.941000	32.42945700	32.60246000
0.984000	32.42945700	32.60246000

Fuente: Software Qual2kw

Figura 7-49 Escenario Coliformes Totales con caudal mínimo río Aurrá



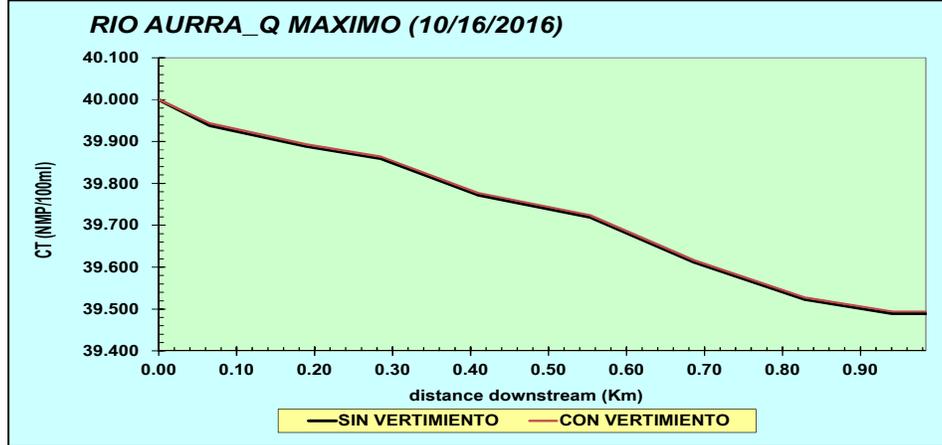
Fuente: Software Qual2kw

Tabla 7-69 Escenario Coliformes Totales con caudal mínimo río Aurrá

TRAMO (Km)	RESULTADOS SIN VERTIMIENTO (NMP/100 ml)	RESULTADOS CON VERTIMIENTO (NMP/100 ml)
0.000000	40.00000000	40.00000000
0.065500	38.6260410	39.5044320
0.189000	37.2573880	38.1054660
0.285500	35.8687050	36.6860390
0.409000	32.7945120	33.5436380
0.553000	31.0541580	31.7646160
0.687000	28.5905400	29.2462010
0.830000	26.3663050	26.9723220
0.941000	25.9729860	26.5702300
0.984000	25.9729860	26.5702300

Fuente: Software Qual2kw

Figura 7-50 Escenario Coliformes Totales con caudal máximo río Aurrá



Fuente: *Software Qual2kw*

Tabla 7-70 Escenario Coliformes Totales con caudal máximo río Aurrá

TRAMO (Km)	RESULTADOS SIN VERTIMIENTO (NMP/100 ml)	RESULTADOS CON VERTIMIENTO (NMP/100 ml)
0.000000	40.0000000	40.0000000
0.065500	39.9384530	39.9433440
0.189000	39.8883940	39.8932800
0.285500	39.8588480	39.8637300
0.409000	39.7726990	39.7775710
0.553000	39.7196010	39.7244660
0.687000	39.6116160	39.6164680
0.830000	39.5223520	39.5271930
0.941000	39.4892040	39.4940410
0.984000	39.4892040	39.4940410

Fuente: *Software Qual2kw*

✓ **Coliformes Fecales (NMP/100ml)**

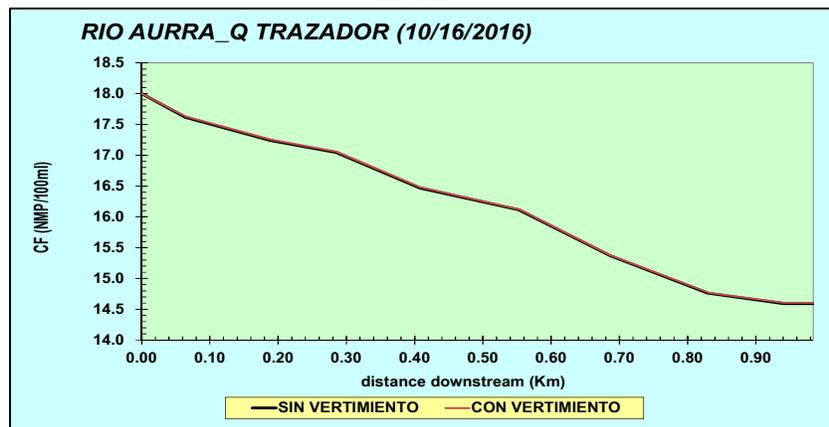
Para Coliformes Fecales el Decreto 1076 de 2015 establece como límite permisible 2000 NMP/100mL para la destinación del recurso humano y doméstico, e indican que para su potabilización se requiere solamente tratamiento convencional. Los criterios de calidad admisibles para la destinación del recurso para fines recreativos mediante contacto primario en 200 NMP y El NMP de coliformes fecales no deberán exceder de 1.000 cuando se use el recurso para riego de frutas que se consuman sin quitar la cáscara y para hortalizas de tallo corto.

Comparado el valor más restrictivo establecido por la norma para Coliformes Fecales (200 NMP) con el valor obtenido después del vertimiento propuesto (80 NMP), se puede afirmar que no se sobrepasan los límites de la norma, el cual es de 180 NMP en todos los escenarios de caudal sobre el río Aurrá.

Para coliformes Totales el Decreto 1076 de 2015 establece como límite permisible 20000 NMP/100mL para la destinación del recurso humano y doméstico, e indican que para su potabilización se requiere solamente tratamiento convencional. Los criterios de calidad admisibles para la destinación del recurso para consumo humano y doméstico donde para su potabilización se requiere solo desinfección es de 1000 NPM. El NMP de coliformes totales no deberá exceder de 5.000 cuando se use el recurso para riego de frutas que se consuman sin quitar la cáscara y para hortalizas de tallo corto y Los criterios de calidad admisibles para la destinación del recurso para fines recreativos mediante contacto primario están en el orden de los 1000 NPM.

De acuerdo a lo monitoreado sobre el río Aurrá, se establece que por presentar un valor de Coliformes Totales de 40 NMP, para su potabilización únicamente se requiere desinfección para consumo humano y doméstico. Es de resaltar que el vertimiento no genera incremento notorio sobre este parámetro, el cual para los tres escenarios propuestos genera una buena asimilación.

Figura 7-51 Escenario Coliformes Fecales con caudal medido con trazadores río Aurrá



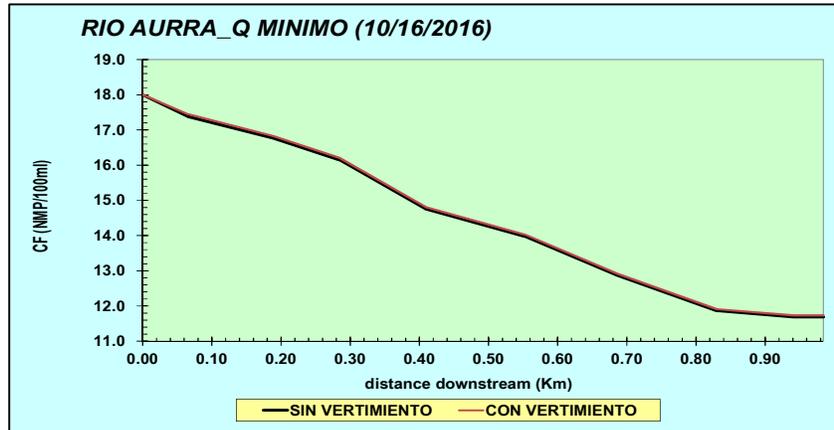
Fuente: *Software Qual2kw*

Tabla 7-71 Escenario Coliformes Fecales con caudal medido con trazadores río Aurrá

TRAMO (Km)	RESULTADOS SIN VERTIMIENTO (NMP/100 ml)	RESULTADOS CON VERTIMIENTO (NMP/100 ml)
0.000000	34.3000000	34.3000000
0.065500	33.9541030	33.9721820
0.189000	33.6107600	33.6287260
0.285500	33.4220020	33.4399060
0.409000	32.8709470	32.8886680
0.553000	32.5340440	32.5516540
0.687000	31.7985990	31.8159650
0.830000	31.1761780	31.1933320
0.941000	31.0005480	31.0176440
0.984000	31.0005480	31.0176440

Fuente: *Software Qual2kw*

Figura 7-52 Escenario Coliformes Fecales con caudal mínimo río Aurrá



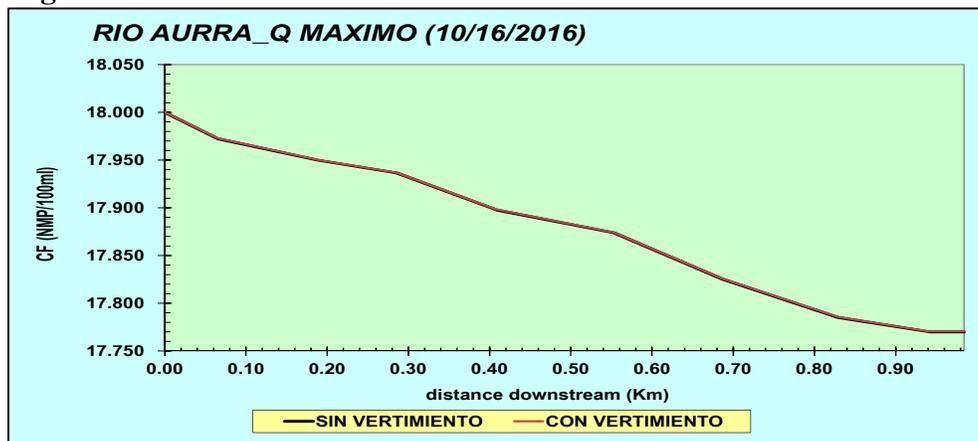
Fuente: Software Qual2kw

Tabla 7-72 Escenario Coliformes Fecales con caudal mínimo río Aurrá

TRAMO (Km)	RESULTADOS SIN VERTIMIENTO (NMP/100 ml)	RESULTADOS CON VERTIMIENTO (NMP/100 ml)
0.000000	18.0000000	18.0000000
0.065500	17.3817180	17.4453440
0.189000	16.7658250	16.8275540
0.285500	16.1409170	16.2007290
0.409000	14.7575300	14.8130290
0.553000	13.9743710	14.0274050
0.687000	12.8657430	12.9152610
0.830000	11.8648370	11.9111050
0.941000	11.6878440	11.7335390
0.984000	11.6878440	11.7335390

Fuente: Software Qual2kw

Figura 7-53 Escenario Coliformes Fecales con caudal máximo río Aurrá



Fuente: Software Qual2kw

Tabla 7-73 Escenario Coliformes Fecales con caudal máximo río Aurrá

TRAMO (Km)	RESULTADOS SIN VERTIMIENTO (NMP/100 ml)	RESULTADOS CON VERTIMIENTO (NMP/100 ml)
0.000000	18.00000000	18.00000000
0.065500	17.97230400	17.97265700
0.189000	17.94977700	17.95013000
0.285500	17.93648200	17.93683400
0.409000	17.89771500	17.89806600
0.553000	17.87382100	17.87417200
0.687000	17.82522700	17.82557700
0.830000	17.78505800	17.78540800
0.941000	17.77014200	17.77049100
0.984000	17.77014200	17.77049100

Fuente: *Software Qual2kw*

Finalmente se puede analizar y concluir que a partir del modelo de calidad del agua se estableció que después de conformarse la zona de mezcla para el río Aurrá, no se genera una afección notoria sobre la calidad fisicoquímica, bacteriológica e hidrobiológica, el cual en general presentan una correcta asimilación del vertimiento propuesto en los tres escenarios de caudal.

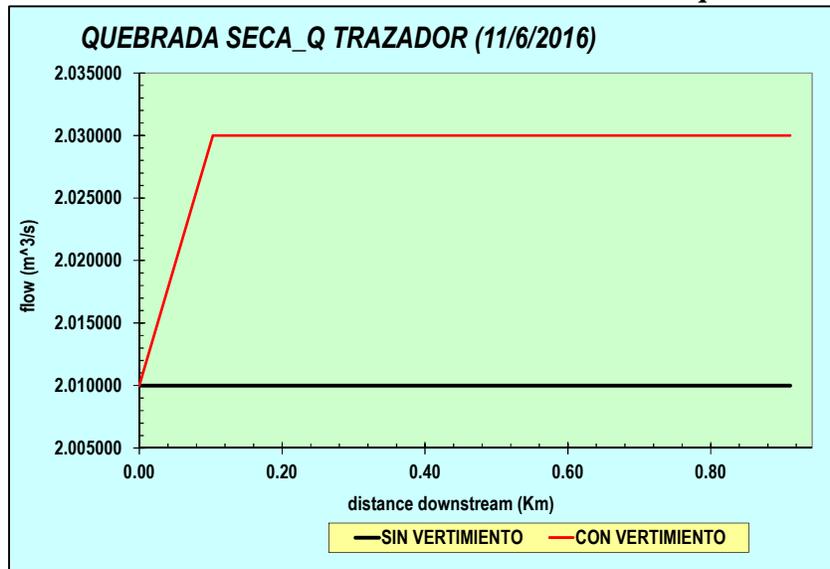
Por otro lado el ensayo con trazadores permitió determinar que la distancia de zona de mezcla para el río Aurrá es de aproximadamente 223 m, dicho valor está relacionado con las condiciones hidráulicas del cuerpo de agua (ancho, velocidad de flujo y caudal). De igual manera mediante la aplicación de ecuaciones empíricas se estableció que la distancia de mezcla en condición de caudal máximo es de 582 m aproximadamente en su escenario más crítico que corresponderá a un vertimiento desde la orilla del cauce.

7.3.1.2.3.21 Resultados después del vertimiento quebrada Seca

Teniendo en cuenta todos los resultados de la modelación de la calidad del agua, en condiciones de caudal vertido de 20 l/s y caudales de cuerpo de agua receptor mínimo de 820 l/s, máximo de 31710 l/s y medido de 2010 l/s, se determinaron los siguientes resultados.

✓ Caudal (m³/s)-quebrada Seca

Figura 7-54 Escenario Caudal medido con trazadores quebrada Seca



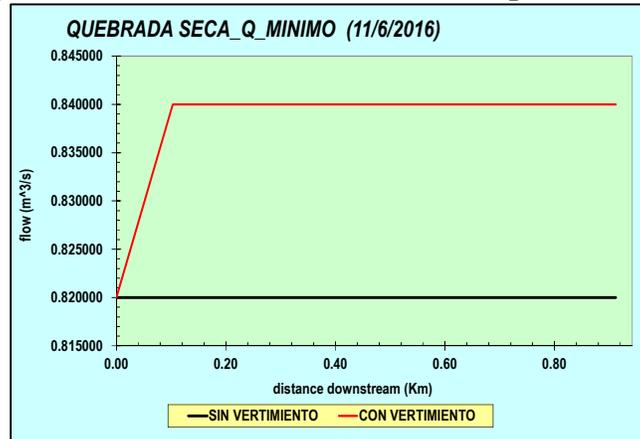
Fuente: Software Qual2kw

Tabla 7-74. Escenario Caudal medido con trazadores quebrada Seca

TRAMO (Km)	RESULTADOS SIN VERTIMIENTO (m ³ /s)	RESULTADOS CON VERTIMIENTO (m ³ /s)
0.000000	2.010000	2.010000
0.103000	2.010000	2.030000
0.283000	2.010000	2.030000
0.413000	2.010000	2.030000
0.517500	2.010000	2.030000
0.633000	2.010000	2.030000
0.743500	2.010000	2.030000
0.835500	2.010000	2.030000
0.911500	2.010000	2.030000

Fuente: Software Qual2kw

Figura 7-55. Escenario Caudal Mínimo quebrada Seca



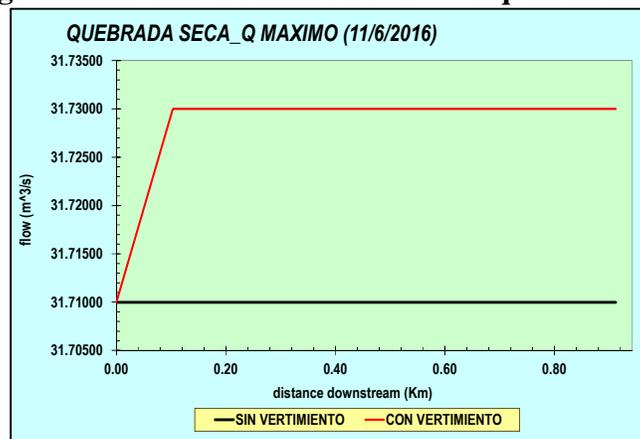
Fuente: Software Qual2kw

Tabla 7-75. Escenario caudal mínimo quebrada Seca

TRAMO (Km)	RESULTADOS SIN VERTIMIENTO (m³/s)	RESULTADOS CON VERTIMIENTO (m³/s)
0.000000	0.820000	0.820000
0.103000	0.820000	0.840000
0.283000	0.820000	0.840000
0.413000	0.820000	0.840000
0.517500	0.820000	0.840000
0.633000	0.820000	0.840000
0.743500	0.820000	0.840000
0.835500	0.820000	0.840000
0.911500	0.820000	0.840000

Fuente: Software Qual2kw

Figura7-56. Escenario caudal máximo quebrada Seca



Fuente: Software Qual2kw

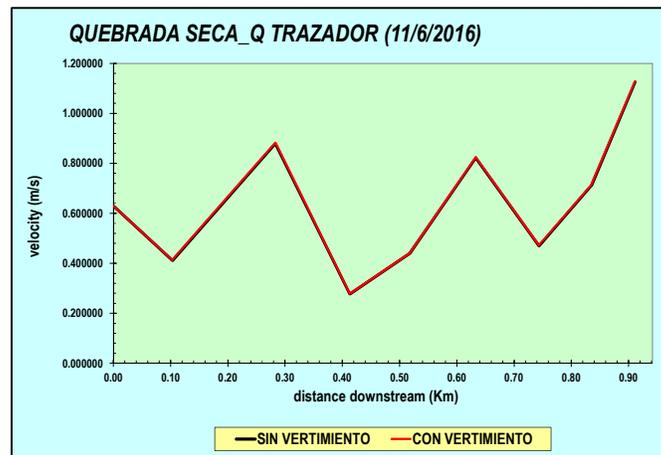
Tabla 7-76. Escenario caudal máximo quebrada Seca

TRAMO (Km)	RESULTADOS SIN VERTIMIENTO (m³/s)	RESULTADOS CON VERTIMIENTO (m³/s)
0.000000	31.71000	31.71000
0.103000	31.71000	31.73000
0.283000	31.71000	31.73000
0.413000	31.71000	31.73000
0.517500	31.71000	31.73000
0.633000	31.71000	31.73000
0.743500	31.71000	31.73000
0.835500	31.71000	31.73000
0.911500	31.71000	31.73000

Fuente: Software Qual2kw

✓ Velocidad (m/s)-quebrada Seca

Figura 7-57. Escenario velocidad con caudal medido con trazadores quebrada Seca



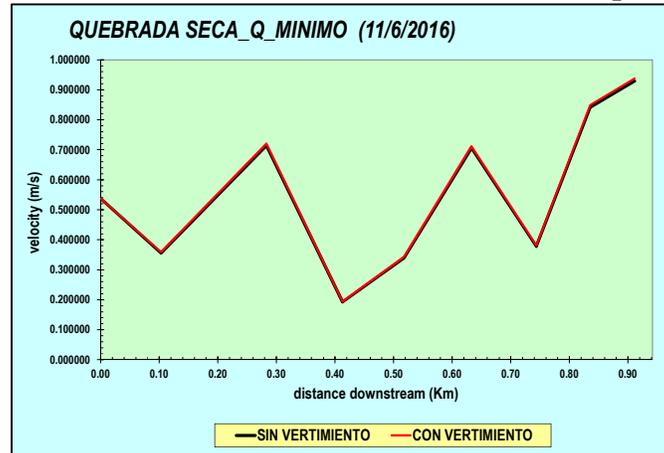
Fuente: Software Qual2kw

Tabla 7-77 Escenario Velocidad con caudal medido con trazadores quebrada Seca

TRAMO (Km)	RESULTADOS SIN VERTIMIENTO (m/s)	RESULTADOS CON VERTIMIENTO (m/s)
0.000000	0.629646	0.629646
0.103000	0.411490	0.413115
0.283000	0.879648	0.883051
0.413000	0.277687	0.278786
0.517500	0.438798	0.440522
0.633000	0.821841	0.825022
0.743500	0.469900	0.471755
0.835500	0.712593	0.715392
0.911500	1.124716	1.129131

Fuente: Software Qual2kw

Figura 7-58. Escenario velocidad con caudal mínimo quebrada Seca



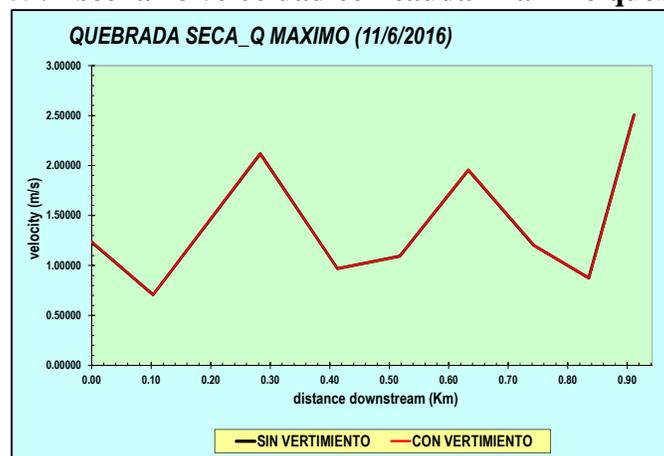
Fuente: Software Qual2kw

Tabla 7-78. Escenario velocidad con caudal mínimo quebrada Seca

TRAMO (Km)	RESULTADOS SIN VERTIMIENTO (m/s)	RESULTADOS CON VERTIMIENTO (m/s)
0.000000	0.536945	0.536945
0.103000	0.355588	0.359016
0.283000	0.714058	0.720797
0.413000	0.192432	0.194293
0.517500	0.339129	0.342380
0.633000	0.704720	0.711377
0.743500	0.377599	0.381239
0.835500	0.840983	0.849069
0.911500	0.928763	0.937660

Fuente: Software Qual2kw

Figura 7-59. Escenario velocidad con caudal máximo quebrada Seca



Fuente: Software Qual2kw

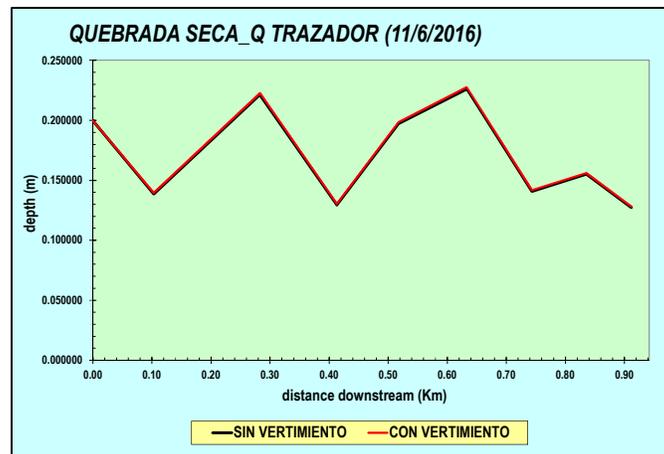
Tabla 7-79. Escenario Velocidad con caudal máxima quebrada Seca

TRAMO (Km)	RESULTADOS SIN VERTIMIENTO (m/s)	RESULTADOS CON VERTIMIENTO (m/s)
0.000000	1.23446	1.23446
0.103000	0.70799	0.70817
0.283000	2.11741	2.11793
0.413000	0.96739	0.96763
0.517500	1.09105	1.09132
0.633000	1.95517	1.95563
0.743500	1.19955	1.19985
0.835500	0.87452	0.87473
0.911500	2.50463	2.50523

Fuente: Software Qual2kw

✓ Profundidad (m)-quebrada Seca

Figura 7-60. Escenario Profundidad con caudal medido con trazadores quebrada Seca



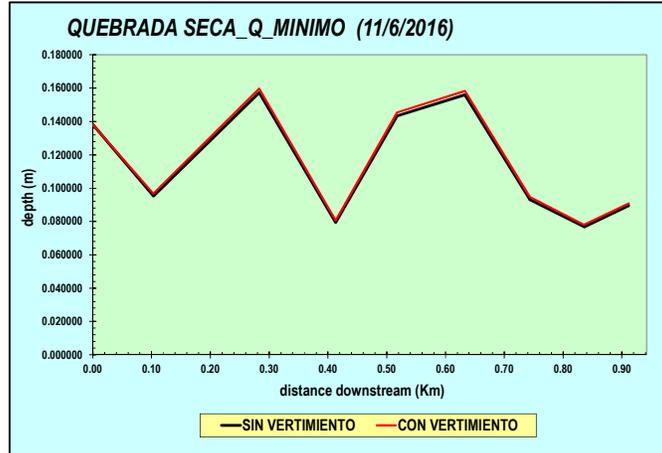
Fuente: Software Qual2kw

Tabla 7-80. Escenario Profundidad con caudal medido con trazadores quebrada Seca

TRAMO (Km)	RESULTADOS SIN VERTIMIENTO (m)	RESULTADOS CON VERTIMIENTO (m)
0.000000	0.199642	0.199642
0.103000	0.138770	0.139599
0.283000	0.221415	0.222757
0.413000	0.129557	0.130331
0.517500	0.197274	0.198457
0.633000	0.226247	0.227617
0.743500	0.140846	0.141689
0.835500	0.155153	0.156084
0.911500	0.127378	0.128143

Fuente: Software Qual2kw

Figura 7-61. Escenario profundidad caudal mínimo quebrada Seca



Fuente: Software Qual2kw

Tabla 7-81. Escenario profundidad caudal mínimo quebrada Seca

TRAMO (Km)	RESULTADOS SIN VERTIMIENTO (m)	RESULTADOS CON VERTIMIENTO (m)
0.000000	0.138079	0.138079
0.103000	0.095330	0.096723
0.283000	0.157310	0.159641
0.413000	0.079456	0.080615
0.517500	0.143329	0.145431
0.633000	0.155976	0.158285
0.743500	0.093242	0.094605
0.835500	0.076836	0.077960
0.911500	0.089543	0.090857

Fuente: Software Qual2kw

Figura 7-62. Escenario profundidad caudal máximo quebrada Seca



Fuente: Software Qual2kw

Tabla 7-82. Escenario profundidad caudal máximo quebrada Seca

TRAMO (Km)	RESULTADOS SIN VERTIMIENTO (m)	RESULTADOS CON VERTIMIENTO (m)
0.000000	0.70822	0.70822
0.103000	0.60256	0.60279
0.283000	0.56813	0.56835
0.413000	0.45539	0.45556
0.517500	0.58632	0.58654
0.633000	1.03633	1.03674
0.743500	0.50827	0.50846
0.835500	0.69199	0.69225
0.911500	0.72636	0.72665

Fuente: *Software Qual2kw*

A continuación se presentan el análisis de cada uno de los parámetros establecidos en condiciones de caudal medido por el método de trazadores, mínimo y máximo.

✓ **Temperatura (°C)**

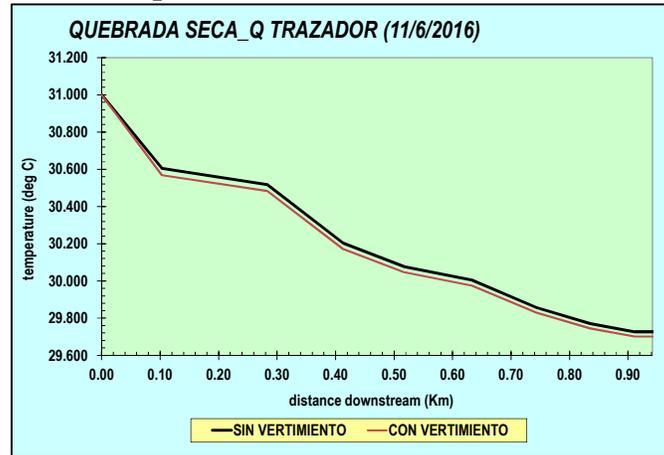
La temperatura del agua en una fuente hídrica es un parámetro que tiene relación básicamente con una condición del medio que al ser alterada por un vertimiento puede afectar la vida acuática natural.

La simulación de este parámetro en condiciones naturales (sin realizar el vertimiento propuesto), evidencia una tendencia a disminuir en la distancia, tendencia similar al representado en los tres escenarios de caudales.

A su vez, se observó que en los tres escenarios de caudal la temperatura del agua a ser vertida sobre la quebrada Seca es menor a 40°C por lo cual se da cumplimiento al decreto 1076 de 2015.

Es de aclarar que debido a la oscilación de temperatura en el medio, producto del clima y de la radiación solar dependiendo de la hora del día, se generan igualmente cambios en la temperatura del agua, presentándose valores más bajos en la mañana y noche y valores más altos al medio día y la tarde, marcando una diferencia mayor en condiciones de caudales mínimos.

Figura 7-63 Escenario temperatura caudal medido con trazadores quebrada Seca



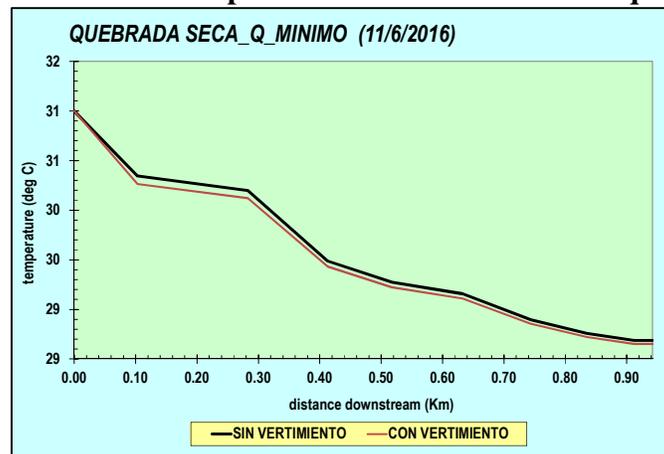
Fuente: Software Qual2kw

Tabla 7-83 Escenario temperatura con caudal medido con trazadores quebrada Seca

TRAMO (Km)	RESULTADOS SIN VERTIMIENTO (°C)	RESULTADOS CON VERTIMIENTO (°C)
0.000000	31.000000	31.000000
0.103000	30.604500	30.568300
0.283000	30.518200	30.483100
0.413000	30.203000	30.171500
0.517500	30.076600	30.046600
0.633000	30.003900	29.974700
0.743500	29.856700	29.829200
0.835500	29.770900	29.744400
0.911500	29.726600	29.700700
0.942000	29.726600	29.700700

Fuente: Software Qual2kw

Figura 7-64 Escenario temperatura con caudal mínimo quebrada Seca



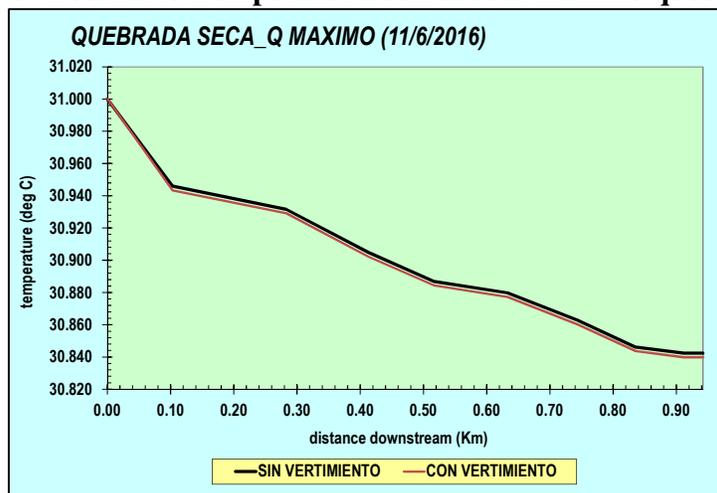
Fuente: Software Qual2kw

Tabla 7-84 Escenario temperatura con caudal mínimo quebrada Seca

TRAMO (Km)	RESULTADOS SIN VERTIMIENTO (°C)	RESULTADOS CON VERTIMIENTO (°C)
0.000000	31.00000	31.00000
0.103000	30.34420	30.26390
0.283000	30.19750	30.12140
0.413000	29.48760	29.43080
0.517500	29.27340	29.22250
0.633000	29.15660	29.10870
0.743500	28.89580	28.85490
0.835500	28.75800	28.72070
0.911500	28.68650	28.65110
0.942000	28.68650	28.65110

Fuente: Software Qual2kw

Figura 7-65 Escenario Temperatura con caudal máximo quebrada Seca



Fuente: Software Qual2kw

Tabla 7-85. Escenario Temperatura con caudal máximo quebrada Seca

TRAMO (Km)	RESULTADOS SIN VERTIMIENTO (°C)	RESULTADOS CON VERTIMIENTO (°C)
0.000000	31.00000	31.00000
0.103000	30.94600	30.94340
0.283000	30.93160	30.92910
0.413000	30.90480	30.90220
0.517500	30.88680	30.88430
0.633000	30.87980	30.87730
0.743500	30.86280	30.86030
0.835500	30.84610	30.84360
0.911500	30.84230	30.83980
0.942000	30.84230	30.83980

Fuente: Software Qual2kw

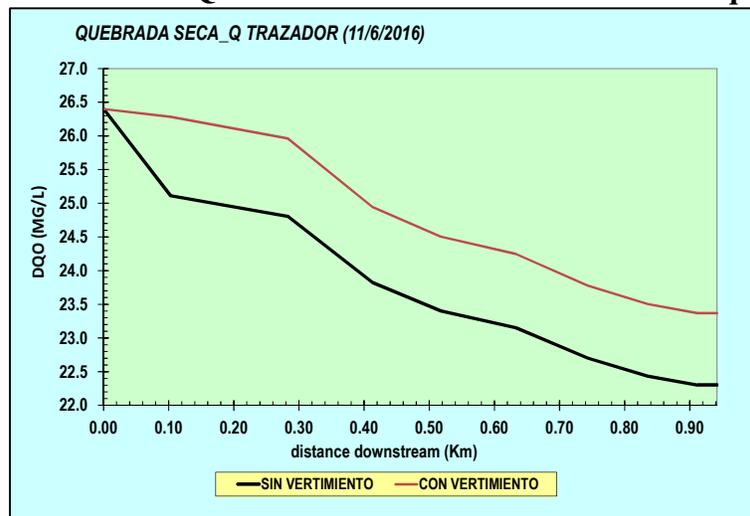
✓ **DQO (mg/L)**

La simulación de este parámetro en condiciones naturales (sin realizar el vertimiento propuesto), evidencia una tendencia a disminuir en la distancia, ocasionado por el carácter de autopurificación que posee el cuerpo de agua, tendencia similar al representado en los tres escenarios de caudales.

Es de aclarar que los valores evidenciados dentro de los modelos de calidad para los tres escenarios, no presentan incrementos considerables después de realizarse el vertimiento, siendo la diferencia de concentraciones más notoria en el escenario de caudal mínimo.

Es pertinente aclarar que para la DQO, según la norma colombiana no indica límites permisibles de concentración.

Figura 7-66. Escenario DQO con caudal medido con trazadores quebrada Seca



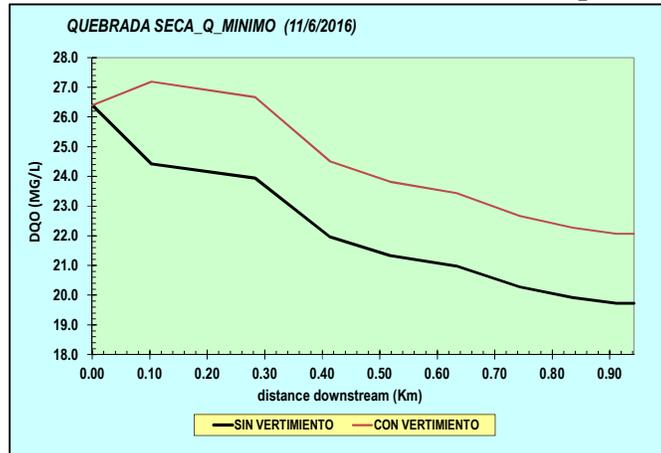
Fuente: Software Qual2kw

Tabla 7-86. Escenario DQO con caudal medido con trazadores quebrada Seca

TRAMO (Km)	RESULTADOS SIN VERTIMIENTO (mg/l)	RESULTADOS CON VERTIMIENTO (mg/l)
0.000000	26.400000	26.400000
0.103000	25.112855	26.283017
0.283000	24.803932	25.962538
0.413000	23.823503	24.945389
0.517500	23.400605	24.506456
0.633000	23.150414	24.246723
0.743500	22.700111	23.779314
0.835500	22.434951	23.504033
0.911500	22.303385	23.367453
0.942000	22.303385	23.367453

Fuente: Software Qual2kw

Figura 7-67 Escenario DQO con caudal mínimo quebrada Seca



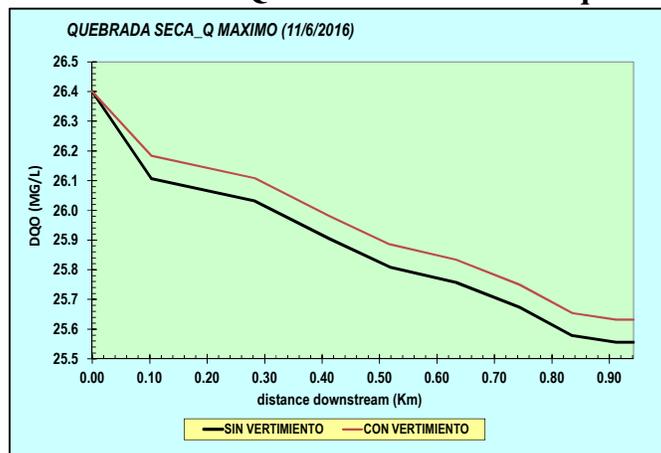
Fuente: Software Qual2kw

Tabla 7-87 Escenario DQO con caudal mínimo quebrada Seca

TRAMO (Km)	RESULTADOS SIN VERTIMIENTO (mg/l)	RESULTADOS CON VERTIMIENTO (mg/l)
0.000000	26.400000	26.400000
0.103000	24.418679	27.186841
0.283000	23.943385	26.669052
0.413000	21.967494	24.514133
0.517500	21.331733	23.819762
0.633000	20.983201	23.438891
0.743500	20.278563	22.668871
0.835500	19.917697	22.274442
0.911500	19.728539	22.067609
0.942000	19.728539	22.067609

Fuente: Software Qual2kw

Figura 7-68 Escenario DQO con caudal máximo quebrada Seca



Fuente: Software Qual2kw

Tabla 7-88 Escenario DQO con caudal máximo quebrada Seca

TRAMO (Km)	RESULTADOS SIN VERTIMIENTO (MG/l)	RESULTADOS CON VERTIMIENTO (MG/l)
0.000000	26.400000	26.400000
0.103000	26.106592	26.183787
0.283000	26.031294	26.108305
0.413000	25.904189	25.980894
0.517500	25.808968	25.885441
0.633000	25.757537	25.833882
0.743500	25.673776	25.749917
0.835500	25.577923	25.653829
0.911500	25.556003	25.631856
0.942000	25.556003	25.631856

Fuente: *Software* Qual2kw

✓ **DBO₅ (mg/L)**

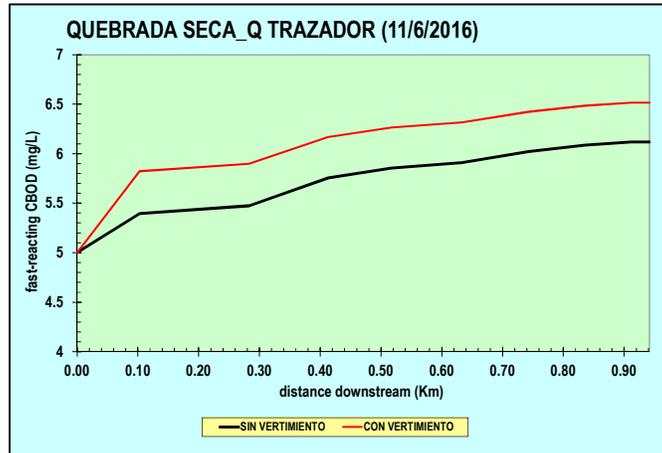
Las fuentes hídricas pueden presentar contaminación por medio de materia orgánica relacionadas a compuestos naturales y/o antrópicas, donde el más frecuente es la descarga de aguas residuales domesticas sin previo tratamiento.

La caracterización de un cuerpo de agua para este parámetro se realiza con un método indirecto, determinando la demanda bioquímica de oxígeno DBO, La DBO se define como la cantidad de oxígeno que se requiere para que microorganismos puedan oxidar la materia orgánica presente en el agua.

De acuerdo al muestreo realizado en el punto de monitoreo, se encontró que la quebrada La Seca antes de realizarse el vertimiento presenta una baja concentración de DBO₅ con tendencia a aumentar paulatinamente en la distancia, ocasionado probablemente por el cambio en las condiciones hidráulicas de la quebrada La Seca, condición similar a lo representado por el modelo de calidad para los tres escenarios de caudal que presentan la misma directriz, destacando que los incrementos en las concentraciones son mínimos.

Es pertinente aclarar que para la DBO, según la norma colombiana no indica límites permisibles de concentración.

Figura 7-69 Escenario DBO₅ con caudal medido con trazadores quebrada Seca



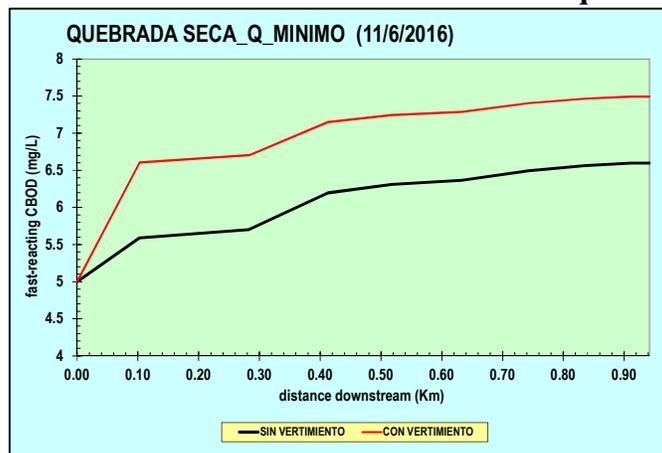
Fuente: Software Qual2kw

Tabla 7-89 Escenario DBO₅ con caudal medido con trazadores quebrada Seca

TRAMO (Km)	RESULTADOS SIN VERTIMIENTO (MG/l)	RESULTADOS CON VERTIMIENTO (MG/l)
0.000000	5.000000	5.000000
0.103000	5.395174	5.823860
0.283000	5.473313	5.898197
0.413000	5.754008	6.168071
0.517500	5.854682	6.263757
0.633000	5.909396	6.315447
0.743500	6.022737	6.423907
0.835500	6.085503	6.483774
0.911500	6.118162	6.515055
0.942000	6.118162	6.515055

Fuente: Software Qual2kw

Figura 7-70 Escenario DBO₅ con caudal mínimo quebrada Seca



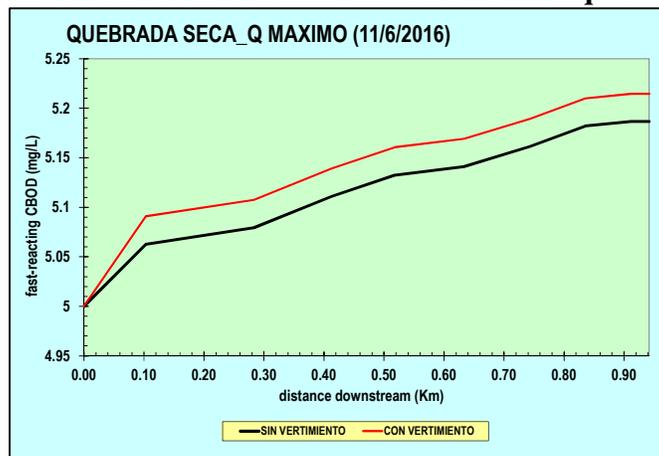
Fuente: Software Qual2kw

Tabla 7-90 Escenario DBO₅ con caudal mínimo quebrada Seca

TRAMO (Km)	RESULTADOS SIN VERTIMIENTO (MG/l)	RESULTADOS CON VERTIMIENTO (MG/l)
0.000000	5.000000	5.000000
0.103000	5.590818	6.606811
0.283000	5.701849	6.702888
0.413000	6.196478	7.149592
0.517500	6.308896	7.244062
0.633000	6.363617	7.288753
0.743500	6.494936	7.403527
0.835500	6.563195	7.463951
0.911500	6.595636	7.492127
0.942000	6.595636	7.492127

Fuente: *Software Qual2kw*

Figura 7-71 Escenario DBO₅ con caudal máximo quebrada Seca



Fuente: *Software Qual2kw*

Tabla 7-91 Escenario DBO₅ con caudal máximo quebrada Seca

TRAMO (Km)	RESULTADOS SIN VERTIMIENTO (MG/l)	RESULTADOS CON VERTIMIENTO (MG/l)
0.000000	5.000000	5.000000
0.103000	5.062565	5.090785
0.283000	5.079298	5.107480
0.413000	5.111010	5.139127
0.517500	5.132378	5.160447
0.633000	5.140980	5.169024
0.743500	5.161382	5.189382
0.835500	5.181967	5.209917
0.911500	5.186585	5.214524
0.942000	5.186585	5.214524

Fuente: *Software Qual2kw*

✓ **pH (Unidades)**

El pH es una medida de la concentración de iones de hidrógeno en el agua. Es de gran importancia porque algunas reacciones químicas sólo pueden darse únicamente en un rango específico de pH, Adicionalmente los rangos de existencia para la mayoría de microorganismos son bastante críticos.

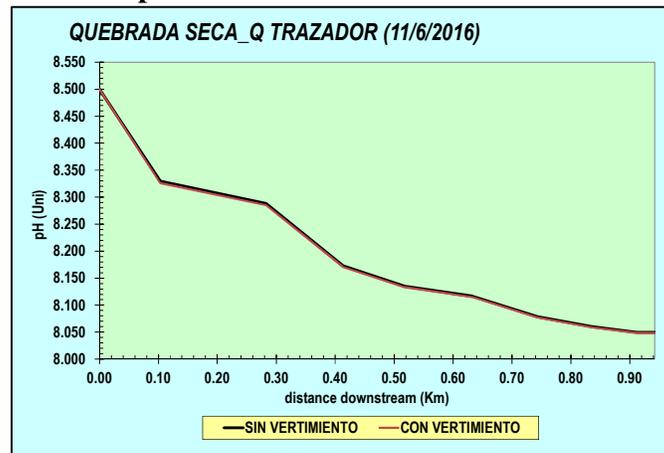
La quebrada Seca presenta un valor de pH en el punto inicial del monitoreo de 8,5 unidades, dato que evidencia que el cuerpo de agua tiene una tendencia básica, generando un habitat específica para el desarrollo de determinados organismos acuáticos.

Mediante los modelos de calidad del agua se pudo observar que después de realizarse la descarga de agua residual tratada en condiciones de pH de 8,27 unidades, característico de las aguas residuales, el cuerpo de agua no sufre cambios notorios en la concentración en todos los escenarios de caudal.

De acuerdo con el decreto 1076 de 2015, está en la margen para la destinación del recurso para preservación de flora y fauna, pues los límites señalados están entre 5 y 9. Así mismo, los rangos para uso agrícola y pecuario son de 4,5 a 9 y de 5 a 9, respectivamente.

Cabe mencionar que pese a que el pH mantiene su naturaleza a lo largo del día, puede presentar una variación mínima que se asocia a cambios en la temperatura del agua por efectos de la radiación solar que incide en el sistema hídrico. Este cambio muy leve es casi imperceptible y puede darse con mayor frecuencia en la época de menor caudal, donde el nivel del cuerpo de agua es mínimo y por ende los cambios en la temperatura del agua se pueden presentar más rápidos, en mayor magnitud y/o con mayor frecuencia.

Figura 7-72 Escenario pH con caudal medido con trazadores quebrada Seca



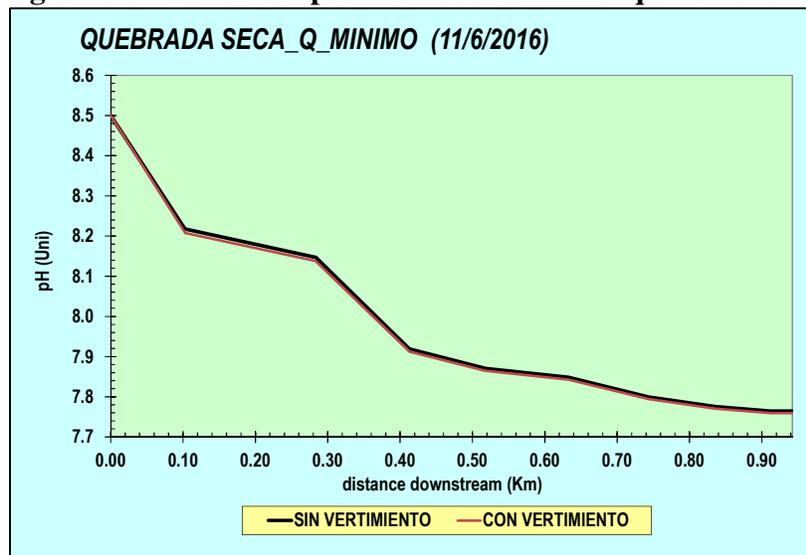
Fuente: Software Qual2kw

Tabla 7-92 Escenario pH con caudal medido con trazadores quebrada Seca

TRAMO (Km)	RESULTADOS SIN VERTIMIENTO (Unidades)	RESULTADOS CON VERTIMIENTO (Unidades)
0.000000	8.500000	8.500000
0.103000	8.329239	8.326073
0.283000	8.288114	8.285086
0.413000	8.173104	8.170822
0.517500	8.135163	8.133145
0.633000	8.116588	8.114701
0.743500	8.078685	8.077092
0.835500	8.060037	8.058586
0.911500	8.049835	8.048464
0.942000	8.049835	8.048464

Fuente: *Software Qual2kw*

Figura 7-73 Escenario pH con caudal mínimo quebrada Seca



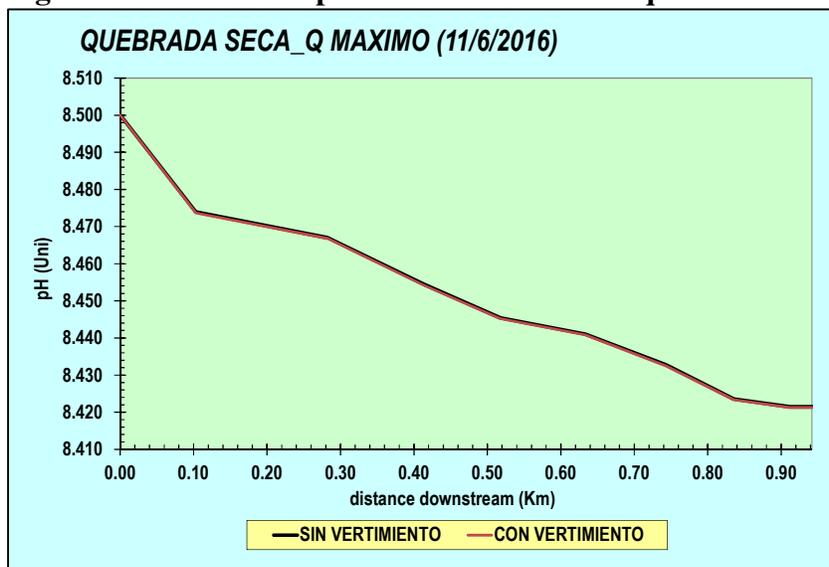
Fuente: *Software Qual2kw*

Tabla 7-93 Escenario pH con caudal mínimo quebrada Seca

TRAMO (Km)	RESULTADOS SIN VERTIMIENTO (Unidades)	RESULTADOS CON VERTIMIENTO (Unidades)
0.000000	8.500000	8.500000
0.103000	8.217204	8.207705
0.283000	8.147390	8.137628
0.413000	7.918726	7.912385
0.517500	7.870623	7.864434
0.633000	7.848507	7.842313
0.743500	7.799782	7.794264
0.835500	7.775529	7.770403
0.911500	7.764550	7.759559
0.942000	7.764550	7.759559

Fuente: *Software Qual2kw*

Figura 7-74 Escenario pH con caudal máximo quebrada Seca



Fuente: Software Qual2kw

Tabla 7-94 Escenario pH con caudal máximo quebrada Seca

TRAMO (Km)	RESULTADOS SIN VERTIMIENTO (Unidades)	RESULTADOS CON VERTIMIENTO (Unidades)
0.000000	8.500000	8.500000
0.103000	8.473939	8.473706
0.283000	8.466988	8.466755
0.413000	8.454493	8.454262
0.517500	8.445450	8.445219
0.633000	8.441078	8.440846
0.743500	8.432705	8.432475
0.835500	8.423564	8.423335
0.911500	8.421479	8.421249
0.942000	8.421479	8.421249

Fuente: Software Qual2kw

✓ **Sólidos Suspendidos totales (mg/L)**

Corresponde a la cantidad de material (sólidos) que es retenido después de realizar la filtración de un volumen de agua. Es importante como indicador puesto que su presencia disminuye el paso de la luz a través de agua evitando su actividad fotosintética en las corrientes, importante para la producción de oxígeno. En lenguaje técnico se usa la expresión Carga para señalar la masa de Sólidos Suspendidos Totales SST que corre o alberga un cuerpo de agua durante un periodo determinado.

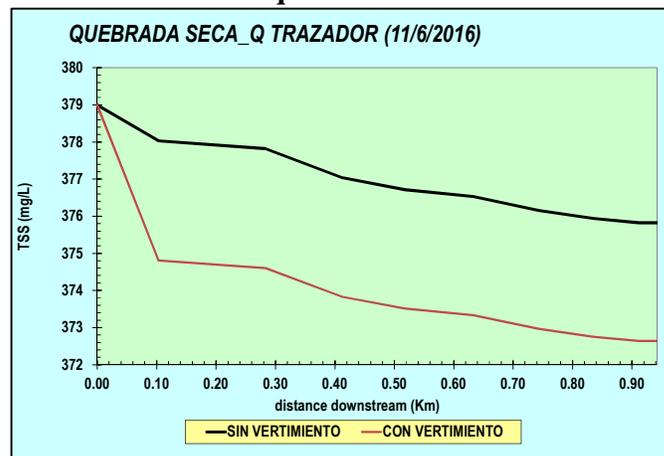
Los sólidos suspendidos del agua están compuestos tanto de material orgánico como inorgánico. En aguas limpias de manantiales sus contenidos son muy bajos, mientras que en

aguas turbias alcanzan valores de varios miles. La cantidad de sólidos suspendidos presentes en un río refleja el nivel de erosión en la zona.

De acuerdo al muestreo realizado en el punto de monitoreo, se encontró que la quebrada La Seca antes de realizarse el vertimiento presenta una concentración de SST de 379 mg/l, el cual antes de realizarse el vertimiento tiende a disminuir en la distancia, esta condición es similar a la presentada bajo condición de vertimiento en los tres escenarios de caudal debido a la baja concentración de los SST de la descarga propuesta (50 mg/l).

El decreto 1076 de 2015 establece concentraciones permisibles de sólidos suspendidos totales de 800 mg/l, por lo cual el vertimiento propuesto cumple con la normatividad ambiental vigente.

Figura 7-75 Escenario Solidos Suspendidos Totales con caudal medido con trazadores quebrada Seca



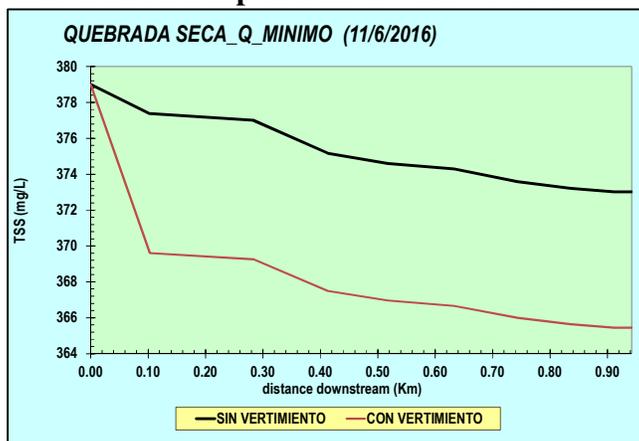
Fuente: Software Qual2kw

Tabla 7-95 Escenario Solidos Suspendidos Totales medido con trazadores quebrada Seca

TRAMO (Km)	RESULTADOS SIN VERTIMIENTO (MG/l)	RESULTADOS CON VERTIMIENTO (MG/l)
0.000000	379.000000	379.000000
0.103000	378.032729	374.809046
0.283000	377.820846	374.601039
0.413000	377.032943	373.827531
0.517500	376.715021	373.515415
0.633000	376.531178	373.334929
0.743500	376.156287	372.966879
0.835500	375.936825	372.751420
0.911500	375.823329	372.639994
0.942000	375.823329	372.639994

Fuente: Software Qual2kw

Figura 7-76 Escenario Solidos Suspendedos Totales caudal mínimo quebrada Seca



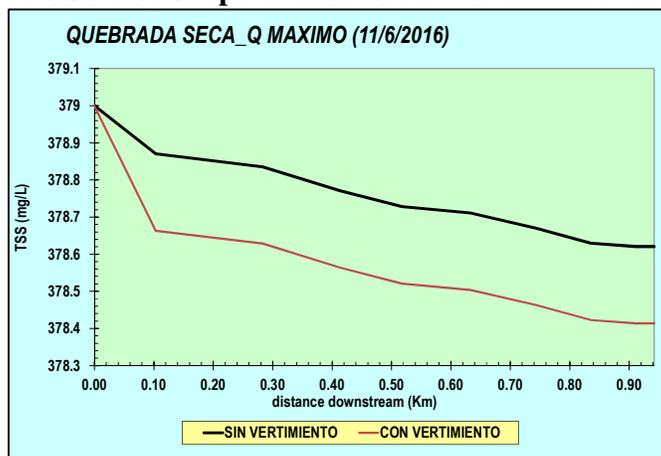
Fuente: Software Qual2kw

Tabla 7-96 Escenario Solidos Suspendedos Totales con caudal mínimo quebrada Seca

TRAMO (Km)	RESULTADOS SIN VERTIMIENTO (MG/l)	RESULTADOS CON VERTIMIENTO (MG/l)
0.000000	379.000000	379.000000
0.103000	377.373457	369.611509
0.283000	377.006864	369.260998
0.413000	375.162172	367.497019
0.517500	374.599170	366.958632
0.633000	374.290034	366.663006
0.743500	373.590130	365.993659
0.835500	373.217347	365.637143
0.911500	373.023288	365.451549
0.942000	373.023288	365.451549

Fuente: Software Qual2kw

Figura 7-77 Escenario Solidos Suspendedos Totales con caudal máximo quebrada Seca



Fuente: Software Qual2kw

Tabla 7-97 Escenario Solidos Suspendidos Totales con caudal máximo quebrada Seca

TRAMO (Km)	RESULTADOS SIN VERTIMIENTO (MG/l)	RESULTADOS CON VERTIMIENTO (MG/l)
0.000000	379.000000	379.000000
0.103000	378.870243	378.663021
0.283000	378.835846	378.628664
0.413000	378.771205	378.564100
0.517500	378.727955	378.520900
0.633000	378.710986	378.503952
0.743500	378.670019	378.463032
0.835500	378.629636	378.422697
0.911500	378.620632	378.413704
0.942000	378.620632	378.413704

Fuente: *Software Qual2kw*

✓ **Coliformes Totales y Fecales (NMP/100ml)**

Los Coliformes son bacterias asociadas principalmente a heces fecales de humanos y animales, quienes en contacto con el agua proporcionan una medida de contaminación. Entre las principales bacterias se encuentran las *Escherichia coli*, *Citrobacter*, *Enterobacter* y *Klebsiella*.

De acuerdo a lo reportado por el modelo de calidad, se observa que los Coliformes Fecales presentan una tendencia a disminuir a medida que se aleja en la distancia, esta condición se da naturalmente debido a la capacidad de auto purificación del cuerpo de agua.

De igual manera se puede observar que después de realizado el vertimiento, el cuerpo de agua presenta la misma tendencia a asimilar el vertimiento en los tres escenarios de modelación, presentando únicamente una variación mínima.

Como es de esperar, en las aguas residuales industriales la carga bacteriológica tiende a no ser muy alta, por lo cual se considera que la asimilación de los Coliformes por la quebrada La Seca puede llegar a ser mejor que los escenarios presentados inicialmente.

Para Coliformes Fecales el Decreto 1076 de 2015 establece como límite permisible 2000 NMP/100mL para la destinación del recurso humano y doméstico, e indican que para su potabilización se requiere solamente tratamiento convencional. Los criterios de calidad admisibles para la destinación del recurso para fines recreativos mediante contacto primario en 200 NMP y El NMP de coliformes fecales no deberán exceder de 1.000 cuando se use el recurso para riego de frutas que se consuman sin quitar la cáscara y para hortalizas de tallo corto.

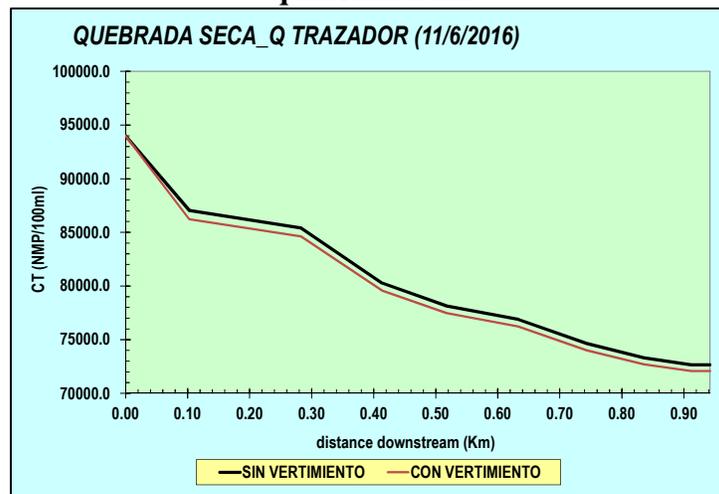
Comparado los valores establecidos por la norma para Coliformes Fecales con el valor obtenido mediante la etapa de monitoreo (400 NMP/100 ml) se concluye que el agua solamente puede ser destinada para recurso humano, doméstico y riego. A su vez, se

concluye que después de realizarse el vertimiento no se cambia considerablemente las condiciones iniciales de la quebrada en los tres escenarios propuestos, por lo cual se prevé una correcta asimilación de la descarga sobre la quebrada La Seca.

Para coliformes Totales el Decreto 1076 de 2015 establece como límite permisible 20000 NMP/100mL para la destinación del recurso humano y doméstico, e indican que para su potabilización se requiere solamente tratamiento convencional. Los criterios de calidad admisibles para la destinación del recurso para consumo humano y doméstico donde para su potabilización se requiere solo desinfección es de 1000 NPM. El NMP de coliformes totales no deberá exceder de 5.000 cuando se use el recurso para riego de frutas que se consuman sin quitar la cáscara y para hortalizas de tallo corto y Los criterios de calidad admisibles para la destinación del recurso para fines recreativos mediante contacto primario están en el orden de los 1000 NPM.

De acuerdo a lo monitoreado sobre la quebrada La Seca, se establece que por presentar un valor de Coliformes Totales de 94000 NMP, no puede ser destinada para ningún uso y se debe realizar un previo tratamiento. Es de resaltar que el vertimiento propuesto no genera incremento notorio sobre este parámetro, el cual para los tres escenarios propuestos genera una buena asimilación.

Figura 7-78 Escenario Coliformes Totales con caudal medido con trazadores quebrada Seca



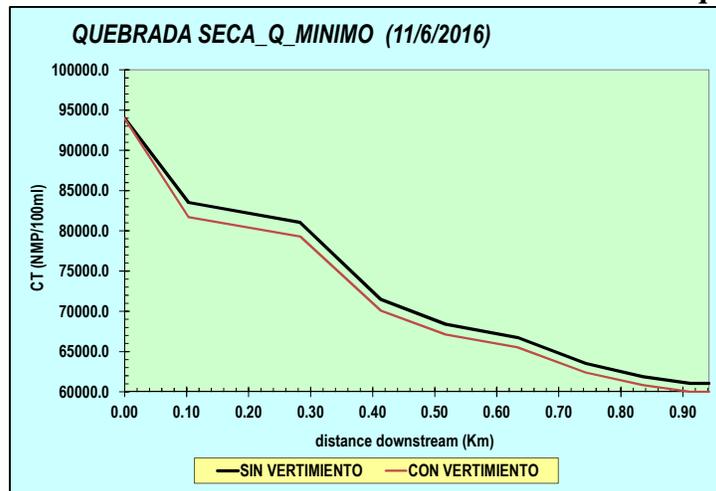
Fuente: *Software Qual2kw*

Tabla 7-98 Escenario Coliformes Totales con caudal medido con trazadores quebrada Seca

TRAMO (Km)	RESULTADOS SIN VERTIMIENTO (NMP/100 ml)	RESULTADOS CON VERTIMIENTO (NMP/100 ml)
0.000000	94000.00	94000.00
0.103000	87021.46	86213.96
0.283000	85399.23	84616.78
0.413000	80287.73	79583.59
0.517500	78141.32	77469.28
0.633000	76893.05	76239.50
0.743500	74631.60	74011.63
0.835500	73314.46	72713.82
0.911500	72662.91	72071.88
0.942000	72662.91	72071.88

Fuente: *Software Qual2kw*

Figura 7-79 Escenario Coliformes Totales con caudal mínimo quebrada Seca



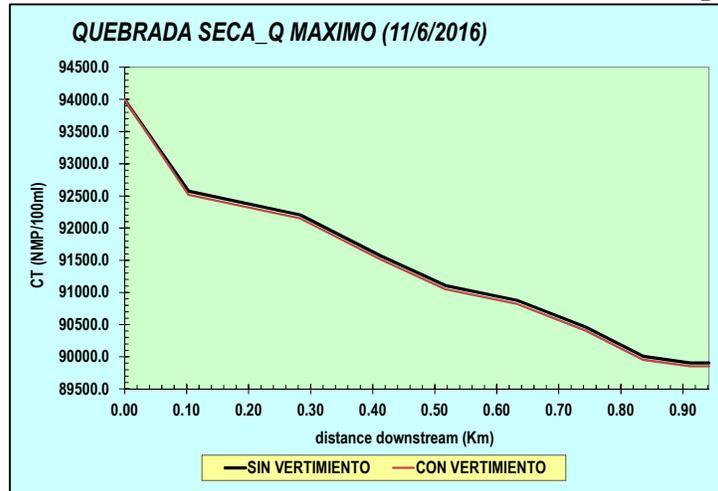
Fuente: *Software Qual2kw*

Tabla 7-99 Escenario Coliformes Totales con caudal mínimo quebrada Seca

TRAMO (Km)	RESULTADOS SIN VERTIMIENTO (NMP/100 ml)	RESULTADOS CON VERTIMIENTO (NMP/100 ml)
0.000000	94000.00	94000.00
0.103000	83526.78	81706.88
0.283000	81039.39	79310.61
0.413000	71484.76	70101.04
0.517500	68408.94	67130.81
0.633000	66746.72	65524.84
0.743500	63506.97	62395.43
0.835500	61894.03	60837.50
0.911500	61044.10	60016.06
0.942000	61044.10	60016.06

Fuente: *Software Qual2kw*

Figura 7-80 Escenario Coliformes Totales con caudal máximo quebrada Secca



Fuente: *Software Qual2kw*

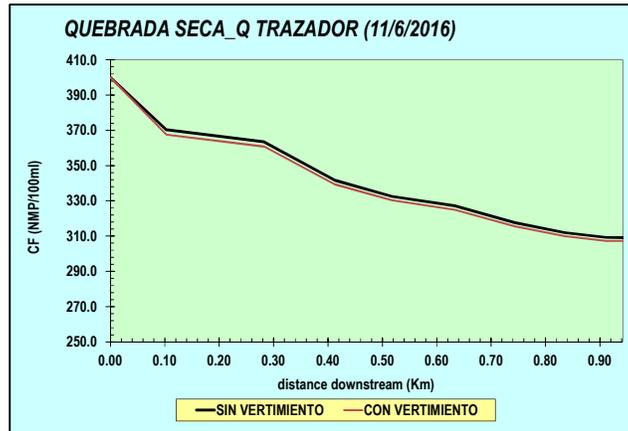
Tabla 7-100 Escenario Coliformes Totales máximo río Aurrá

TRAMO (Km)	RESULTADOS SIN VERTIMIENTO (NMP/100 ml)	RESULTADOS CON VERTIMIENTO (NMP/100 ml)
0.000000	94000.00	94000.00
0.103000	92574.93	92517.71
0.283000	92206.71	92149.86
0.413000	91568.21	91512.02
0.517500	91106.22	91050.49
0.633000	90875.51	90820.01
0.743500	90462.09	90407.01
0.835500	90008.83	89954.22
0.911500	89905.90	89851.39
0.942000	89905.90	89851.39

Fuente: *Software Qual2kw*

✓ Coliformes Fecales (NMP/100ml)

Figura 7-81 Escenario Coliformes Fecales medido con trazadores quebrada Seca



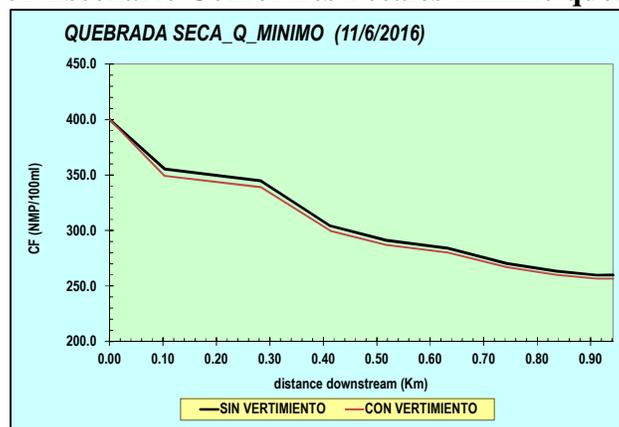
Fuente: Software Qual2kw

Tabla 7-101 Escenario Coliformes Fecales medido con trazadores quebrada Seca

TRAMO (Km)	RESULTADOS SIN VERTIMIENTO (NMP/100 ml)	RESULTADOS CON VERTIMIENTO (NMP/100 ml)
0.000000	26.400000	26.400000
0.103000	25.112855	26.283017
0.283000	24.803932	25.962538
0.413000	23.823503	24.945389
0.517500	23.400605	24.506456
0.633000	23.150414	24.246723
0.743500	22.700111	23.779314
0.835500	22.434951	23.504033
0.911500	22.303385	23.367453
0.942000	22.303385	23.367453

Fuente: Software Qual2kw

Figura 7-82 Escenario Coliformes Fecales mínimo quebrada Seca



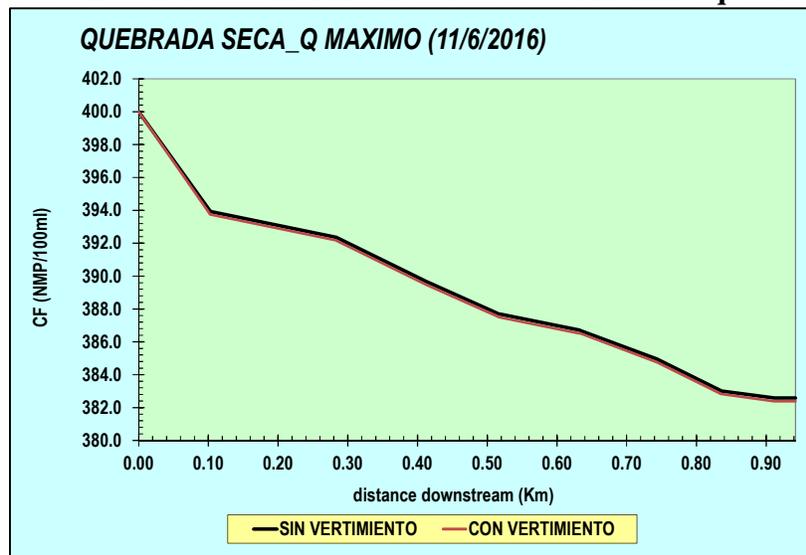
Fuente: Software Qual2kw

Tabla 7-102 Escenario Coliformes Fecales mínimo quebrada Seca

TRAMO (Km)	RESULTADOS SIN VERTIMIENTO (NMP/100 ml)	RESULTADOS CON VERTIMIENTO (NMP/100 ml)
0.000000	400.000000	400.000000
0.103000	355.433121	349.303309
0.283000	344.848472	339.059092
0.413000	304.190451	299.687445
0.517500	291.101856	286.989494
0.633000	284.028604	280.123838
0.743500	270.242418	266.745364
0.835500	263.378864	260.085082
0.911500	259.762138	256.573360
0.942000	259.762138	256.573360

Fuente: Software Qual2kw

Figura 7-83 Escenario Coliformes Fecales caudal máximo quebrada Seca



Fuente: Software Qual2kw

Tabla 7-103 Escenario Coliformes Fecales con caudal máximo quebrada Seca

TRAMO (Km)	RESULTADOS SIN VERTIMIENTO (NMP/100 ml)	RESULTADOS CON VERTIMIENTO (NMP/100 ml)
0.000000	400.000000	400.000000
0.103000	393.935879	393.739658
0.283000	392.368967	392.174157
0.413000	389.651975	389.459605
0.517500	387.686022	387.495415
0.633000	386.704285	386.514553
0.743500	384.945049	384.756889
0.835500	383.016312	382.829872
0.911500	382.578301	382.392250
0.942000	382.578301	382.392250

Fuente: Software Qual2kw

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO – SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.3	

A partir del modelo de calidad del agua analizado para a quebrada La Seca, se estableció que después de conformarse la zona de mezcla en condición de caudales mínimo, máximo y medido en campo sobre la fuente hídrica, no se genera una afección notoria sobre la calidad fisicoquímica, bacteriológica e hidrobiológica, los cuales en su totalidad presentan una correcta asimilación del vertimiento propuesto para los parámetros modelados (Caudal, Velocidad, Profundidad, DBO₅, pH, Temperatura, DQO, Solidos Suspendidos Totales, Coliformes Totales y Fecales).

Teniendo en cuenta todos los resultados de la modelación de la calidad del agua, en condiciones de caudal vertido de 20 l/s y caudales de cuerpo de agua receptor mínimo de 820 l/s, máximo de 31710 l/s y medido 2010 l/s, se determinó que el poder de asimilación es óptimo y no representa cambios significativos.

7.3.2 Vertimiento en suelo

Para el desarrollo del proyecto Autopista Mar 1 en la construcción de la segunda calzada entre San Jerónimo y Santa Fe De Antioquia (Unidad Funcional 2.1), no contempla efectuar vertimientos al suelo.

7.4 OCUPACIONES DE CAUCE

El diseño propuesto para la segunda calzada incluyendo la infraestructura asociada, presenta intersección con diferentes drenajes, por lo cual, se han planeado las obras hidráulicas necesarias para permitir su normal tránsito, manteniendo igualmente la configuración final del proyecto. A continuación, en cumplimiento al requerimiento de información complementaria No. 13 efectuado por la ANLA en el marco del trámite de licenciamiento ambiental, se presenta la información actualizada de las obras de manejo propuestas para cada uno de los cuerpos interceptados por el proyecto, indicando el tipo, localización, dimensiones, entre otros aspectos, en cuanto al Formato Único de Solicitud de permiso para cada cuerpo de agua a intervenir, se presenta en el ANEXO O DEMANDA 1. FUN OCUPACIÓN.

7.4.1 Puentes a Construir

De los catorce puentes propuestos para esta unidad funcional, doce implican la intervención de cuerpos de agua, en la Tabla 7-104 se presenta la localización, longitud y cuerpo de agua asociado, entre otros aspectos, para las estructuras que requieren la ocupación de alguna corriente. La información de diseño para cada una de las estructuras indicadas, se presenta en el ANEXO O DEMANDA.

Tabla 7-104. Ubicación de puentes Unidad Funcional 2.1

ID	Nombre de la estructura	Estribo	Coordenadas Magna Sirga Origen Oeste -Estribos		Longitud (m)	No. De Vanos	Pk de referencia	Coordenadas Magna Sirga Origen Oeste del cuerpo de agua		Cuerpo de agua asociado
			Este	Norte				Este	Norte	
			27	Puente Q. La Muñoz				Estribo 1	1148855,40	
Estribo 2	1148947,17	1204505,16								
28	Puente Q. La Muñoz II	Estribo 2	1148826,73	1204752,99	59,10	2	19+900	1148814,69	1204746,67	Quebrada La Muñoz
		Estribo 1	1148865,42	1204748,50						
29	Puente Q. La Guaracu II	Estribo 1	1148389,79	1204750,45	79,10	3	20+380	1148347,60	1204744,19	Quebrada La Guaracu
		Estribo 2	1148323,72	1204793,59						
31	Puente Q. El Sable	Estribo 1	1148127,02	1204867,88	89,10	3	20+680	1148092,28	1204854,14	Quebrada El Sable
		Estribo 2	1148038,29	1204874,09						
32	Puente Q. La Espalda	Estribo 1	1147813,68	1205002,74	204,10	6	21+020	1147758,32	1205022,01	Quebrada La Espalda
		Estribo 2	1147624,07	1205076,22				1147663,12	1205050,44	Quebrada La Espalda II
33	Puente 21+500	Estribo 1	1147478,34	1205267,93	89,10	3	21+500	1147472,94	1205276,66	Drenaje NN120
		Estribo 2	1147431,47	1205343,69				1147437,22	1205332,51	Drenaje NN121
34	Puente Q. La Guaira	Estribo 1	1147252,89	1205460,79	79,10	3	21+780	1147187,81	1205490,04	Quebrada La Guaira
		Estribo 2	1147129,63	1205542,21						
35	Puente Q. El Sapo	Estribo 1	1147022,02	1205641,46	79,10	2	22+080	1147016,09	1205651,41	Quebrada El Sapo
		Estribo 2	1146971,23	1205688,31						
36	Puente 22+640	Estribo 1	1146585,32	1205859,89	144,10	5	22+640	1146572,46	1205869,80	Drenaje NN123
		Estribo 2	1146487,43	1205950,82						
38	Puente 23+160	Estribo 1	1146267,03	1206291,00	79,10	3	23+160	1146246,54	1206327,96	Drenaje NN124
		Estribo 2	1146222,52	1206356,02						
39	Puente 23+500	Estribo 1	1146019,24	1206446,32	119,10	4	23+500	1145933,09	1206479,51	Drenaje NN125
		Estribo 2	1145911,81	1206494,80				1145974,10	1206459,20	Río Aurrá
								1146028,21	1206444,68	Drenaje NN126
41	Puente Río Cauca	Estribo 1	1139154,00	1211980,00	221,40	3	33+195	1139121,40	1211989,00	Rio Cauca
		Estribo 2	1138940,00	1212032,00						

Fuente. (DEVIMAR, 2017)

7.4.2 Obras de drenaje menor

En el caso de cuerpos de agua menores y de tipo intermitente, el proyecto ha considerado la adecuación de alcantarillas, *box coulvert* y canales, que faciliten el manejo de las aguas en la zona a intervenir, ya sea por la construcción de la segunda calzada directamente o por la adecuación de áreas de trabajo, tales como accesos, planta y ZODME. En la Tabla 7-105 se indican las principales características de las obras propuestas, el detalle de diseño de las diferentes obras propuestas puede ser consultada en el ANEXO O DEMANDA.

Tabla 7-105 Ubicación obras de drenajes Unidad Funcional 2.1

ID	Tipo	Coordenadas Magna Sirga Origen Oeste		PK de referencia	Diámetro / Ancho	Longitud	Actuación	Cuerpo de agua asociado
		Este	Norte					
BC 1	Box coulvert	1148161,85	1204861,64	20265	2x2	36	Reemplazo	Drenaje NN119
A 3	Alcantarilla	1147302,71	1205431,51	21725	0,9	3 mi 4 md	Prolongación	Drenaje NN122
BC 2	Box coulvert	1145689,51	1206738,47	22785	1,5	30	Nueva	Drenaje NN08
A 6	Alcantarilla	1145524,85	1206768,11	23705	1,5	50	Nueva	Drenaje NN09
A 7	Alcantarilla	1145689,51	1206738,47	23850	0,9	75	Nueva	Drenaje NN127
A 8	Alcantarilla	1145366,08	1206845,58	24040	0,9	22	Prolongación	Drenaje NN128
A 9	Alcantarilla	1145233,64	1206837,70	24100	0,9	20	Prolongación	Drenaje NN129
A 10	Alcantarilla	1145045,00	1207205,00	24230	0,9	31	Prolongación	Drenaje NN130
BC 3	Box coulvert	1145274,91	1206898,35	24325	2x2 (5)	39	Nueva /Área de servicio	Quebrada El Cangrejo
A 13	Alcantarilla	1145045,00	1207205,00	24710	1,5	101	Nueva	Drenaje NN131
A 15	Alcantarilla	1144795,87	1207321,47	24985	1,2	43	Nueva	Drenaje NN132
BC 4	Box coulvert	1144569,05	1207521,59	25285	3x3	36	Nueva	Cañada El Oro
A 19	Alcantarilla	1144432,46	1207699,48	25510	0,9	15	Prolongación	Quebrada NN11
A 20	Alcantarilla	1144406,16	1207739,31	25555	0,9	19	Prolongación	Drenaje NN12

ID	Tipo	Coordenadas Magna Sirga Origen Oeste		PK de referencia	Diámetro / Ancho	Longitud	Actuación	Cuerpo de agua asociado
		Este	Norte					
BC 5	Box coulvert	1144336,08	1207842,07	25690	2x2	25	Prolongación	Drenaje NN13
A 21	Alcantarilla	1144177,97	1208011,63	25910	0,9	18	Prolongación	Drenaje NN14
A 22	Alcantarilla	1144130,60	1208065,75	25985	0,9	23	Prolongación	Drenaje NN133
A 23	Alcantarilla	1143812,79	1208437,15	26540	2	57	Nueva	Drenaje NN15
		1143812,79	1208437,15					Drenaje NN16
BC 6	Box coulvert	1142958,59	1208968,18	27560	4x5	17	Prolongación	Quebrada Ahuyamal
A 28	Alcantarilla	1142802,25	1209121,43	27765	0,9	14	Prolongación	Drenaje NN17
A 31	Alcantarilla	1142673,47	1209242,75	27970	0,9	35	Nueva	Drenaje NN30
A 33	Alcantarilla	1142657,72	1209409,73	28105	0,9	32	Nueva	Drenaje NN18
A 36	Alcantarilla	1142576,13	1209650,17	28350	1,2	63	Nueva	Drenaje NN20
A 37	Alcantarilla	1142548,13	1209694,59	28420	0,9	42	Nueva	Drenaje NN21
A 39	Alcantarilla	1142320,39	1209955,18	28770	0,9	36	Nueva	Drenaje NN134
A 47	Alcantarilla	1141227,60	1210768,49	30325	0,9	30	Nueva	Drenaje NN135
A 51	Alcantarilla	1140888,02	1211341,34	31025	0,9	21	Prolongación	Drenaje NN136
BC 7	Box coulvert	1140294,03	1211889,06	31920	2x2	16	Prolongación	Drenaje NN22
A 59	Alcantarilla	1139811,95	1211976,59	32415	0,9	14	Prolongación	Drenaje NN137
AV 1	Alcantarilla	1142312,54	1209242,60	N/A	0,9	8	Prolongación para adecuación vía acceso FM	Drenaje NN18
AV 2	Alcantarilla	1142000,63	1208342,21	N/A	0,9	8	Prolongación para adecuación vía acceso FM	Drenaje NN138

ID	Tipo	Coordenadas Magna Sirga Origen Oeste		PK de referencia	Diámetro / Ancho	Longitud	Actuación	Cuerpo de agua asociado
		Este	Norte					
AV 3	Alcantarilla	1141975,00	2208172,00	N/A	0,9	8	Prolongación para adecuación vía acceso FM	Drenaje NN139
AV 4	Alcantarilla	1142027,00	1207422,00	N/A	0,9	8	Prolongación para adecuación vía acceso FM	Drenaje NN117
AV 5	Alcantarilla	1142018,28	1207297,09	N/A	0,9	8	Prolongación para adecuación vía acceso FM	Drenaje NN118
C 1	Canalización	1145646,95	1206387,12	23700	1,5 Inf 1,9 Sup	250	Adecuación ZODME 15	Drenaje NN09
C 2	Canalización	1142737,20	1209033,50	27765	1	100	Canalización para adecuación Planta 2	Drenaje NN17
C 3	Canalización	1142589,10	1208992,30	27765	1	265	Canalización para adecuación Planta 2	Drenaje NN141
C 4	Canalización	1142521,90	1209071,60	27885	1	100	Canalización para adecuación Planta 2	Drenaje NN142
C 5	Canalización	1142501,10	1209123,00	27970	1	210	Canalización para adecuación Planta 2	Drenaje NN30

Fuente. (DEVIMAR, 2017)

7.4.3 Ocupación por área de explotación de materiales

Teniendo en cuenta que el proyecto prevé la extracción de materiales de arrastre de la quebrada La Seca a la altura de las veredas La Puerta y San Nicolás del municipio de Sopetrán, se considera como parte de las ocupaciones de cauce necesarias para el proyecto el polígono formado por las coordenadas que se indican a continuación. La información técnica que soporta la solicitud de permiso de ocupación para el área de extracción temporal de materiales se presenta en Anexo O. DEMANDA/ 3. Fuente de materiales del presente documento.

 Agencia Nacional de Infraestructura	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO – SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	 Devimar SOMOS TU VÍA	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL		
	VERSIÓN 0.3		

Tabla 7-106. Polígono de explotación temporal de materiales de arrastre

Vereda	Municipio	Vértice	Coordenadas Magna Sirga Origen Oeste		Coordenadas Geográficas (WGS 84)		Coordenadas planas Gauss	
			Este	Norte	Longitud	Latitud	Este	Norte
San Nicolás	Sopetrán	V4	1141600,00	1207000,00	75° 47' 51,028"	6° 27' 59,249"	1.141.608,46	1.206.992,81
La Puerta		V3	1142000,00	1207000,00	75° 47' 38,014"	6° 27' 59,216"	1.142.008,46	1.206.992,81
San Nicolás		V2	1142134,10	1206092,10	75° 47' 33,725"	6° 27' 29,657"	1.142.142,57	1.206.084,92
La Puerta		V1	1142437,93	1206255,57	75° 47' 23,827"	6° 27' 34,953"	1.142.446,37	1.206.248,42

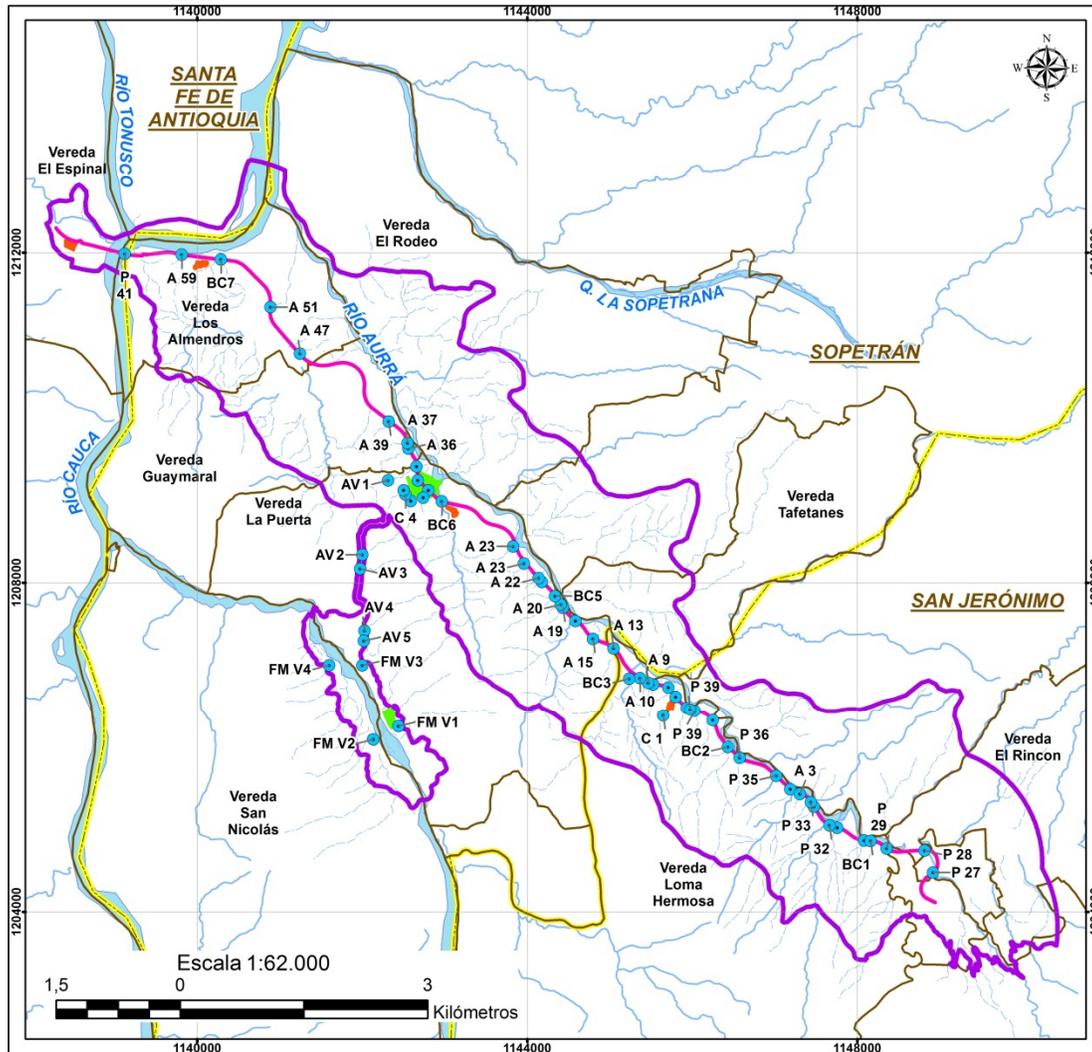
Fuente. (DEVIMAR, 2017)

La localización de las ocupaciones de cauce indicadas, puede observarse en la Figura 7-84.

7.4.4 Diseño de las obras propuestas

Para el diseño de las obras propuestas, se tuvo en cuenta la información hidroclimatológica de la zona, las zonas aferentes y los caudales de escorrentía directa. La información de diseño de cada una de las obras indicadas es presentada en el ANEXO O. DEMANDA\ 2. INFORMACION TECNICA, el cual contiene el diseño para los puentes, obras de drenaje y canales proyectados.

Figura 7-84 Localización de ocupaciones de cauce



**EIA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA
SAN JERÓNIMO - SANTA FE UF 2.1**

CONVENCIONES GENERALES

- | | |
|----------------------|-------------------------------|
| Unidad Funcional 2.1 | Drenaje Sencillo Intermitente |
| Planta | Drenaje Sencillo Permanente |
| ZODME | Drenaje Doble |
| Área de Influencia | Limite Municipal |
| Vereda | |

CONVENCIONES TEMÁTICAS

- Ocupación de cauce

Fuente: Consultoría Colombiana S. A. 2016.

 Agencia Nacional de Infraestructura	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO – SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	 Devimar SOMOS TU VÍA
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.3	

7.5 APROVECHAMIENTO FORESTAL

De acuerdo con la Resolución 0751 del 26 de marzo de 2015 (MADS) en lo correspondiente al aprovechamiento Forestal, define que se debe realizar: *“inventario forestal de los individuos presentes en las unidades de ecosistema vegetal de cada ecosistema donde se prevé realizar el aprovechamiento forestales (en relación con las actividades y obras del proyecto), mediante un muestreo estadístico que debe cumplir con un error de muestreo no superior al 15% y una probabilidad del 95%”*.

7.5.1 Censo e Inventario Forestal y datos obtenidos

Dadas las condiciones propias del proyecto para la Unidad Funcional 2.1 el área total a intervenir por las diferentes actividades del proyecto es de 99,40 has distribuidas en 23 ecosistemas terrestres como se muestra en la Tabla 7-107.

Tabla 7-107 Ecosistemas terrestres presentes en el área

Ecosistemas	Área (ha)	Área (%)
Arbustal abierto esclerófilo del Orobioma bajo de los Andes	19.20	19.32
Arbustal denso alto del Orobioma bajo de los Andes	1.70	1.71
Arbustal denso bajo del Orobioma bajo de los Andes	1.65	1.66
Arenales del Helobioma del Magdalena y Caribe	14.68	14.77
Arenales del Orobioma bajo de los Andes	0.27	0.27
Bosque de galería del Orobioma bajo de los Andes	7.30	7.34
Bosque fragmentado con vegetación secundaria del Orobioma bajo de los Andes	1.97	1.99
Explotación de materias de construcción del Orobioma bajo de los Andes	1.40	1.41
Herbazal denso de tierra firme con arbustos del Orobioma bajo de los Andes	13.06	13.14
Mosaico de pastos con espacios naturales del Orobioma bajo de los Andes	3.08	3.09
Pastos arbolados del Orobioma bajo de los Andes	3.98	4.00
Pastos enmalezados del Orobioma bajo de los Andes	1.10	1.11
Pastos limpios del Orobioma bajo de los Andes	2.68	2.70
Remoción en masa del Orobioma bajo de los Andes	0.24	0.24
Ríos del Helobioma del Magdalena y Caribe	3.79	3.81
Tejido urbano continuo del Orobioma bajo de los Andes	1.14	1.14
Tejido urbano discontinuo del Orobioma bajo de los Andes	1.16	1.17
Vegetación secundaria alta del Orobioma bajo de los Andes	8.86	8.92
Vegetación secundaria baja del Orobioma bajo de los Andes	1.57	1.58
Vía pavimentada del Orobioma bajo de los Andes	0.05	0.05
Vivienda rural dispersa del Orobioma bajo de los Andes	2.21	2.22

 Agencia Nacional de Infraestructura	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO – SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	 Devimar SOMOS TU VÍA
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.3	

Ecosistemas	Área (ha)	Área (%)
Vivienda rural nucleada del Orobioma bajo de los Andes	7.10	7.14
Zonas de extracción minera del Orobioma bajo de los Andes	1.22	1.23
TOTAL	99.40	100.00

Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2017

La Tabla 7-108 muestra los ecosistemas susceptibles de aprovechamiento forestal, divididos en ecosistemas naturales y transformados, omitiendo los ecosistemas de Ríos del Helobioma del Magdalena y Caribe debido a que precisamente no se harán aprovechamientos de individuos arbóreos en éstos.

Tabla 7-108 Ecosistemas susceptibles de aprovechamiento forestal

Actividades	Área (Ha)	Área (%)
Total Accesos	16.89	17.67
Ecosistema Natural	13.21	13.82
Ecosistema Transformado	3.68	3.85
Total Área afectación (Chaflanes – vía)	30.33	31.73
Ecosistema Natural	15.97	16.70
Ecosistema Transformado	14.37	15.03
Total Área de servicio	0.69	0.72
Ecosistema Natural	0.69	0.72
Ecosistema Transformado	0.01	0.01
Total Campamento	0.83	0.86
Ecosistema Transformado	0.83	0.86
Total Captación	0.41	0.43
Ecosistema Natural	0.41	0.41
Total Planta	9.79	10.24
Ecosistema Natural	9.09	9.51
Ecosistema Transformado	0.70	0.73
Total Fuente de Material	29.56	30.92
Ecosistema Natural	27.35	28.61
Ecosistema Transformado	2.21	2.31
Total Cuneta	1.51	1.58
Ecosistema Natural	1.00	1.05
Ecosistema Transformado	0.51	0.54
Total ZODME	5.59	5.84
Ecosistema Natural	2.77	2.90
Ecosistema Transformado	2.81	2.94
TOTAL	95.61	100.00

Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2017

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO – SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.3	

El 26,27% del área total equivalente a 25,11 ha, pertenece a ecosistemas transformados (Tabla 7-109), por tal motivo se desarrolló sobre este tipo de ecosistemas censo forestal de todos los individuos arbóreos presentes mayores a 10 cm. de DAP (diámetro a la altura del pecho).

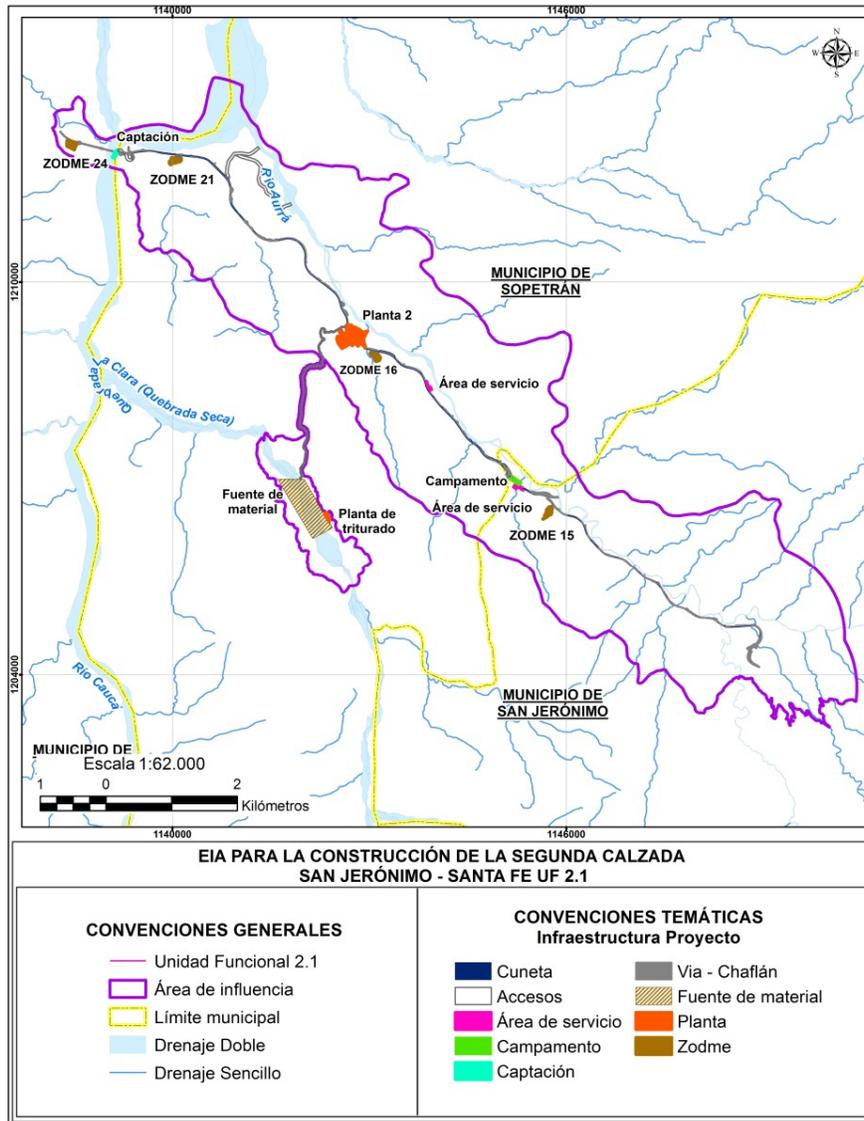
Tabla 7-109 Distribución del área de influencia en los tipo de ecosistemas susceptibles de aprovechamiento forestal

TIPO DE ECOSISTEMA	ÁREA (ha)	ÁREA (%)
Ecosistema natural	70.50	73.73
Ecosistema transformado	25.11	26.27
TOTAL	95.61	100.00

Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2017

La Figura 7-85, muestra el área de intervención del proyecto, con la respectiva localización de cada una de las actividades constructivas del proyecto susceptibles a aprovechamiento.

Figura 7-85 Área de Intervención del proyecto UF 2.1



Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2017

De acuerdo con lo anteriormente expuesto y para contar con los datos de volúmenes de aprovechamiento de todos los ecosistemas presentes en el área de intervención del proyecto, los resultados del cálculo del aprovechamiento forestal, se presenta de la siguiente manera:

- Inventario forestal sobre ecosistemas naturales
- Censo forestal para los ecosistemas transformados, donde se realizarán cada una de las actividades en el área de intervención del proyecto

7.5.1.1 Muestreo forestal sobre ecosistemas naturales

El muestreo se llevó a cabo para los ecosistemas naturales susceptibles de aprovechamiento forestal identificados dentro de las áreas de intervención del proyecto, mediante el establecimiento de parcelas, teniendo en cuenta que el número de parcelas a realizar por ecosistema, cumpla con los requisitos estadísticos por medio del error de muestreo (probabilidad del 95% y error de muestreo inferior al 15%).

Los ecosistemas naturales sobre los cuales se realizó inventario forestal a partir de parcelas se encuentran relacionados en la Tabla 7-110.

Tabla 7-110 Ecosistemas naturales presentes en el área de influencia

ECOSISTEMA	ÁREA (ha)	ÁREA (%)
Arbustal abierto esclerófilo del Orobioma bajo de los Andes	19.20	35.78
Arbustal denso alto del Orobioma bajo de los Andes	1.70	3.16
Bosque de galería del Orobioma bajo de los Andes	7.30	13.59
Bosque fragmentado con vegetación secundaria del Orobioma bajo de los Andes	1.97	3.68
Herbazal denso de tierra firme con arbustos del Orobioma bajo de los Andes	13.06	24.34
Vegetación secundaria alta del Orobioma bajo de los Andes	8.86	16.52
Vegetación secundaria baja del Orobioma bajo de los Andes	1.57	2.93
TOTAL	53.67	100.00

Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2017

Con la información de las áreas de los ecosistemas se hizo el cálculo de los parámetros estadísticos (Tabla 7-111). Previamente se calcularon las variables dasométricas: área basal, volumen total y volumen comercial, para obtener sus promedios por parcela y tener la base de información para los análisis estadísticos. Dicha información se puede observar en el Anexo H Flora, para la caracterización florística y estructural de cada ecosistema.

Tabla 7-111 Parámetros estadísticos

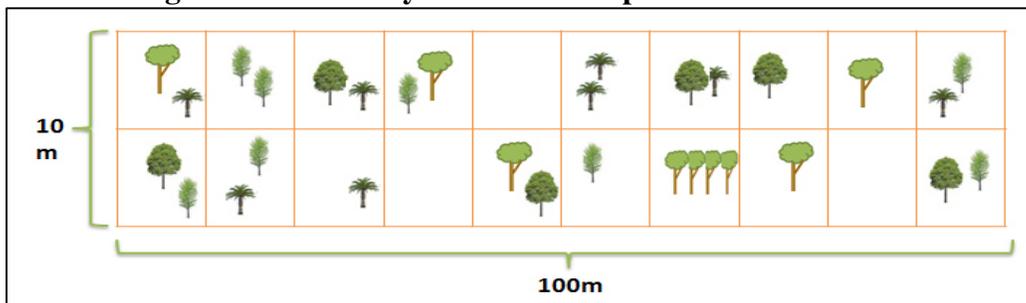
Parámetros Estadísticos	
Promedio (X)	$X = \frac{\sum Xi}{n}$ donde: Xi = valor observado de unidad i-ésima de la muestra n = número de unidades de la muestra (tamaño muestra)
Desviación estándar (S)	$S = \sqrt{\frac{\sum Xi^2 - \frac{(\sum Xi)^2}{n}}{n - 1}}$
Coefficiente de variación (CV)	$CV = \frac{S}{X} * 100$
Error estándar (Sx)	$Sx = \frac{S}{\sqrt{N \frac{1-n}{N}}}$ donde: S = Desviación estándar N = Tamaño de la muestra (número de unidades muestréales) n = Tamaño de la población (expresado en parcelas)
Error de muestreo absoluto (ECM)	$ECM = X - t(Sx)$
Error de muestreo relativo (E%)	$E\% = \frac{t(Sx)}{X} * 100$

Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2016

7.5.1.2 Selección de sitios de muestreo

De acuerdo con la información suministrada por el mapa temático de ecosistemas terrestres los puntos se escogieron al azar; sin embargo, se eliminan como sitios posibles los predios con los que no se cuenta con permiso de ingreso, zonas con dificultad extrema de acceso y zonas con algún problema de orden público; en este diseño la unidad de muestreo es una parcela de 1.000 m² (0.1 ha.) de extensión, correspondiente a un rectángulo de 100 m. de longitud por 10 m. de ancho como se muestra a continuación.

Figura 7-86 Forma y tamaño de las parcelas de muestreo



Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2016

La Tabla 7-112 muestra la ubicación geográfica de las parcelas de muestreo de los ecosistemas naturales; el tamaño de las parcelas corresponde a unidades de muestreo de cien por diez metros (0,1 ha).

 Agencia Nacional de Infraestructura	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO – SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	 Devimar SOMOS TU VÍA
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.3	

Tabla 7-112 Unidades de parcelas de muestreo

Ecosistema	Comisión	Número de Parcela	Coordenadas Magna Sirgas origen OESTE	
			Este	Norte
Arbustal abierto esclerófilo del Orobiomas bajos de los Andes	1	12	1146004,0	1206294,3
	3	9	1146171,2	1206248,6
	1	19	1142472,4	1209419,5
	1	14	1140891,8	1211363,5
	2	2	1140073,4	1211762,4
		8	1140903,1	1211425,4
Arbustal denso alto del Orobiomas bajos de los Andes	2	9	1148348,0	1204580,0
	2	20	1146439,7	1206156,5
	2	19	1146576,3	1206263,4
	1	18	1144379,6	1207570,7
	3	20	1142495,5	1209212,8
Bosque de galería del Orobiomas bajos de los Andes	1	11	1147695,4	1205043,4
	2	10	1146393,4	1206346,0
	3	8	1147706,4	1204943,7
	2	8	1148468,1	1204763,2
	2	25	1148900,0	1204651,8
	2	12	1145730,5	1206971,8
	3	2	1139469,3	1212067,8
		3	1139993,4	1211985,7
		4	1140125,4	1212017,9
Bosque fragmentado con vegetación secundaria del Orobiomas bajos de los Andes	3	21	1145208,2	1206757,0
	1	16	1142414,8	1209697,5
	3	13	1142538,1	1209606,8
	1	25	1145002,4	1207155,0
Herbazal denso de tierra firme con arbustos del Orobiomas bajos de los Andes	3	1	1139010,0	1212045,6
	1	13	1139725,7	1211895,6
	3	10	1140576,9	1211941,3
Vegetación secundaria alta del Orobiomas bajos de los Andes	1	15	1141854,0	1210911,1
	1	23	1144040,1	1207988,6
		24	1144880,6	1207505,1
	3	19	1144508,4	1207618,7
	2	3	1140898,2	1211166,0
3	11	1140983,7	1211089,5	

Ecosistema	Comisión	Número de Parcela	Coordenadas Magna Sirgas origen OESTE	
			Este	Norte
Vegetación secundaria baja del Orobionomas bajos de los Andes		12	1141225,0	1210784,8
	4	1	1141014,7	1211062,7
	1	22	1143876,7	1208326,3
		1	1141677,655	1207309,0 45
		2	1142064,146	1206865,2 31
		3	1142119,671	1206960,2 8

Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2016

Para el cálculo del volumen comercial y volumen total, dentro de las parcelas de muestreo, en campo se tomaron variables de tipo cualitativo y cuantitativo para los individuos en estado fustal, como: especie, CAP (circunferencia a la altura del pecho), altura comercial, altura total, proyección de la copa y estado fitosanitario, mediante planillas de datos. El factor forma usado para el cálculo del volumen fue de 0.7.

7.5.1.2.1 Volumen por ecosistemas

7.5.1.2.1.1 Arbustal abierto esclerófilo del Orobionoma bajo de los Andes

Para la determinación del volumen de este ecosistema se utilizaron 5 parcelas para cumplir con el error de muestreo, a partir de las cuales se calculó el volumen por parcela en un área de 0,5 ha.

Tabla 7-113 Volumen por parcela para Arbustal abierto esclerófilo del Orobionoma bajo de los Andes

Ecosistema	Comisión	Número de Parcela	Volumen total (m ³)	Volumen comercial (m ³)
Arbustal abierto esclerófilo del Orobionoma bajos de los Andes	1	12	0.720	0.280
		19	1.465	0.640
	2	2	0.811	0.501
		8	2.782	1.698
	3	9	1.171	0.270

Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2017

En la Tabla 7-114 se presentan los parámetros calculados para estimar el volumen promedio para este ecosistema, los cuales cumplen con un error de muestreo relativo del 11.60 %.

Tabla 7-114 Estadígrafos para el cálculo de volumen promedio para el Arbustal abierto esclerófilo del Orobioma bajo de los Andes

Parcela	Vol. Total en la parcela
12	0.72
19	1.46
2	0.81
8	2.78
9	1.17
Total	6.95
Media	1.39
Desv. Estándar	0.83
CV%	59.94
Error Estándar	0.06
Limite confianza	0.16
EM%	11.60
Estimación Mínima Confiante	
Valor Máximo	23.26
Valor Mínimo	18.43

Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2017

7.5.1.2.1.2 Arbustal denso alto del Orobioma bajo de los Andes

Para la determinación del volumen de este ecosistema se utilizaron 4 parcelas para cumplir con el error de muestreo, a partir de las cuales se calculó el volumen por parcela en un área de 0,4 ha.

Tabla 7-115 Volumen por parcela para Arbustal denso alto del Orobioma bajo de los Andes

Ecosistema	Comisión	Número de Parcela	Volumen total (m ³)	Volumen comercial (m ³)
Arbustal denso alto del Orobioma bajo de los Andes	2	9	13.182	6.978
		19	8.080	3.566
		20	18.824	10.129
	3	20	9.908	3.178

Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2017

En la Tabla 7-116 se presentan los parámetros calculados para estimar el volumen promedio para este ecosistema, los cuales cumplen con un error de muestreo relativo del 14,91 %.

Tabla 7-116 Estadígrafos para el cálculo de volumen promedio para Arbustal denso alto del Orobioma bajo de los Andes

Parcela	Vol. Total en la parcela
9	13.18
19	8.08
20	18.82
20	9.91
Total	49.99
Media	12.50
Desv. Estándar	4.72
CV%	37.73
Error Estándar	0.33
Limite confianza	1.05
EM%	14.91
Estimación Mínima Confiable	
Valor Máximo	203.19
Valor mínimo	171.77

Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2017

7.5.1.2.1.3 Bosque de Galería del Orobioma bajo de los Andes

Para la determinación del volumen de este ecosistema se utilizaron 5 parcelas para cumplir con el error de muestreo, a partir de las cuales se calculó el volumen por parcela en un área de 0,5 ha.

Tabla 7-117 Volumen por parcela para Bosques de Galería del Orobioma bajo de los Andes

Ecosistema	Comisión	Número de Parcela	Volumen total (m ³)	Volumen comercial (m ³)
Bosque de galería del Orobioma bajo de los Andes	2	10	59.974	34.897
		12	39.280	24.427
	3	2	39.034	16.578
		4	43.870	17.826
		8	33.384	9.397

Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2017

En la Tabla 7-118 se presentan los parámetros calculados para estimar el volumen promedio para este ecosistema, los cuales cumplen con un error de muestreo relativo del 14.55 %.

Tabla 7-118 Estadígrafos para el cálculo de volumen promedio para Bosque de Galería del Orobioma bajo de los Andes

Parcela	Vol. Total en la parcela
10	59.97
12	39.28
2	39.03
4	43.87
8	33.38
Total	215.54
Media	43.11
Desv. Estándar	10.13
CV%	23.51
Error estándar	0.71
Limite confianza	1.96
EM%	14.55
Estimación mínima Confiable	
Valor Máximo	676.03
Valor mínimo	617.21

Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2017

7.5.1.2.1.4 Bosque Fragmentado con vegetación secundaria del Orobioma bajo de los Andes

Para la determinación del volumen de este ecosistema se utilizaron 3 parcelas para cumplir con el error de muestreo, a partir de las cuales se calculó el volumen por parcela en un área de 0,3 ha.

Tabla 7-119 Volumen por parcela para Bosque Fragmentado con vegetación secundaria del Orobioma bajo de los Andes

Ecosistema	Comisión	Número de Parcela	Volumen total (m ³)	Volumen comercial (m ³)
Bosque fragmentado con vegetación secundaria del Orobioma bajo de los Andes	1	25	7.407	2.598
	3	13	6.535	1.175
		21	8.293	4.413

Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2017

En la Tabla 7-120 se presentan los parámetros calculados para estimar el volumen promedio para este ecosistema, los cuales cumplen con un error de muestreo relativo del 10.77 %.

Tabla 7-120 Estadígrafos para el cálculo de volumen promedio para Bosque Fragmentado del Orobioma bajo de los Andes

Parcela	Vol. Total en la parcela
25	7.41
13	6.53
21	8.29
Total	22.23
Media	7.41
Desv. estándar	0.88
CV%	11.86
Error estándar	0.06
Limite confianza	0.26
EM%	10.77
Estimación mínima Confiable	
Valor Máximo	115.14
Valor mínimo	107.21
Nº muestras (15%)	3

Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2017

7.5.1.2.1.5 Herbazal denso de tierra firme con arbustos del Orobioma bajo de los Andes

Para la determinación del volumen de este ecosistema se utilizaron 3 parcelas para cumplir con el error de muestreo, a partir de las cuales se calculó el volumen por parcela en un área de 0,3 ha.

Tabla 7-121 Volumen por parcela para Herbazal denso de tierra firme con arbustos del Orobioma bajo de los Andes

Ecosistema	Comisión	Número de Parcela	Volumen total (m ³)	Volumen comercial (m ³)
Herbazal denso de tierra firme con arbustos del Orobioma bajo de los Andes	1	13	0.453	0.151
	3	1	0.447	0.149
		10	0.421	0.215

Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2017

En la Tabla 7-122 se presentan los parámetros calculados para estimar el volumen promedio para este ecosistema, los cuales cumplen con un error de muestreo relativo del 6.13%.

 Agencia Nacional de Infraestructura	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO – SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	 Devimar SOMOS TU VÍA	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL		
	VERSIÓN 0.3		

Tabla 7-122 Estadígrafos para el cálculo de volumen promedio para Herbazal denso de tierra firme con arbustos del Orobioma bajo de los Andes

Parcela	Vol. Total en la parcela
13	0.453
1	0.447
10	0.421
Total	1.321
Media	0.440
Desv. estándar	0.017
CV%	3.913
Error estándar	0.001
Limite confianza	0.005
EM%	6.130
Estimación mínima Confiable	
Valor Máximo	6.682
Valor mínimo	6.526
Nº muestras (15%)	4

Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2017

7.5.1.2.1.6 Vegetación Secundaria Alta del Orobioma bajo de los Andes

Para la determinación del volumen de este ecosistema se utilizaron 7 parcelas para cumplir con el error de muestreo, a partir de las cuales se calculó el volumen por parcela en un área de 0,7 ha.

Tabla 7-123 Volumen por parcela para Vegetación Secundaria Alta del Orobioma bajo de los Andes

Ecosistema	Comisión	Número de Parcela	Volumen total (m ³)	Volumen comercial (m ³)
Vegetación secundaria alta del Orobioma bajo de los Andes	1	15	9.59	2.77
		23	3.37	1.10
	2	3	7.96	4.92
	3	11	13.57	3.28
		12	11.67	4.74
		19	4.82	1.28
	4	1	15.30	3.74

Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2017

 Agencia Nacional de Infraestructura	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO – SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	 Devimar SOMOS TU VÍA
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.3	

En la Tabla 7-124 se presentan los parámetros calculados para estimar el volumen promedio para este ecosistema, los cuales cumplen con un error de muestreo relativo del 14.94 %.

Tabla 7-124 Estadígrafos para el cálculo de volumen promedio para Vegetación Secundaria Alta del Orobioma bajo de los Andes

Parcela	Vol. Total en la parcela
15	9.59
23	3.37
3	7.96
11	13.57
12	11.67
19	4.82
1	15.30
Total	66.28
Media	9.47
Desv. estándar	4.41
CV%	46.59
Error estándar	0.31
Limite confianza	0.75
EM %	14.94
Estimación mínima Confiable	
Valor Máximo	153.31
Valor mínimo	130.75

Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2017

7.5.1.2.1.7 Vegetación Secundaria Baja del Orobioma bajo de los Andes

Para la determinación del volumen de este ecosistema, se establecieron en campo cuatro (4) parcelas, a partir de las cuales se calculó el volumen por parcela en un área de 0,4 ha para cumplir con el error de muestreo.

Tabla 7-125 Volumen por parcela para Vegetación Secundaria Baja del Orobioma bajo de los Andes

Ecosistema	Comisión	Número de Parcela	Volumen total (m ³)	Volumen comercial (m ³)
Vegetación secundaria baja del Orobioma bajo de los Andes	1	22	1.61	0.41
		1	1.70	1.06
		2	1.49	0.25
		3	1.32	0.32

Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2017

Para este ecosistema, en la Tabla 7-126 se presentan los parámetros calculados para estimar el volumen promedio para este ecosistema, los cuales cumplen con un error de muestreo relativo del 14,36 %.

Tabla 7-126 Estadígrafos para el cálculo de volumen promedio para Vegetación Secundaria Baja del Orobioma bajo de los Andes

Parcela	Vol. Total en la parcela
22	1.61
1	1.70
2	1.49
3	1.32
Total	6.12
Media	1.53
Desv. estándar	0.16
CV%	10.75
Error estándar	0.01
Limite confianza	0.04
EM%	14.36
Estimación mínima Confiable	
Valor Máximo	23.50
Valor mínimo	22.41
Nº muestras (15%)	4

Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2017

7.5.2 Censo forestal para los ecosistemas transformados dentro del área de intervención del proyecto

Se realizó la identificación y conteo de todos los individuos arbóreos cuyo diámetro a la altura del pecho es mayor a 10 cm. de DAP, que se encuentran dentro de las áreas de intervención del proyecto.

Cabe aclarar que si bien la captación sobre el Río Cauca es una actividad proyectada, ésta se encuentra en dos ecosistemas naturales que son Bosque de galería del Orobioma bajo de los Andes y Herbazal denso de tierra firme con arbustos del mismo bioma, razón por la cual los volúmenes de aprovechamiento forestal se encuentran inmersos en los cálculos producto de las parcelas de muestreo (Numeral 7.5.1.1 Muestreo forestal sobre ecosistemas naturales).

Los resultados del censo forestal de todos los individuos arbóreos con su respectivo ecosistema, número de individuos y volúmenes que se encuentran en los **chaflanes** dentro del área de intervención del proyecto, se observan a continuación.

Tabla 7-127 Resultados del censo forestal en chaflanes

Ecosistemas	N° de Individuos	Volumen Total (m³)	Volumen Comercial (m³)
Arbustal abierto esclerófilo del Orobioma bajo de los Andes	148	104.25	53.85
Bosque de galería del Orobioma bajo de los Andes	159	274.95	98.40
Bosque fragmentado con vegetación secundaria del Orobioma bajo de los Andes	15	5.39	2.46
Herbazal denso de tierra firme con arbustos del Orobioma bajo de los Andes	46	105.30	58.81
Mosaico de pastos con espacios naturales del Orobioma bajo de los Andes	10	27.80	8.67
Pastos arbolados del Orobioma bajo de los Andes	349	280.47	117.97
Pastos enmalezados del Orobioma bajo de los Andes	51	30.48	16.13
Pastos limpios del Orobioma bajo de los Andes	74	58.06	18.66
Tejido urbano continuo del Orobioma bajo de los Andes	50	13.49	6.21
Vegetación secundaria alta del Orobioma bajo de los Andes	15	4.49	0.99
Vivienda rural dispersa del Orobioma bajo de los Andes	54	72.23	20.69
Vivienda rural nucleada del Orobioma bajo de los Andes	300	423.52	139.00
Total	1271	1400.43	541.84

Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2017

Dentro de las áreas de afectación chaflanes fueron censados 1271 individuos, con un volumen total de 1400,43 m³ y comercial de 541,84 m³.

En la Tabla 7-128 y Tabla 7-129 se relacionan el sitio del **campamento** y los resultados del censo para esta área respectivamente.

 Agencia Nacional de Infraestructura	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO – SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	 Devimar SOMOS TU VÍA
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.3	

Tabla 7-128 Identificación del sitio del campamento

Municipio	Área (Ha)	Coordenadas Magna Sirgas Origen Oeste	
		Este	Norte
San Jerónimo	0.83	1145253	1206926

Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2017

Tabla 7-129 Resultados del censo forestal para campamento

Ecosistema	N° de individuos	Volumen total (m ³)	Volumen Comercial (m ³)
Vivienda rural nucleada del Orobioma bajo de los Andes	81	120,69	36,18

Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2017

Referente a las zonas de manejo de materiales sobrantes (**ZODME**), la Tabla 7-130 presenta la propuesta de los sitios, en donde se realizará el aprovechamiento forestal respectivo:

Tabla 7-130 Identificación de sitios de ZODME

ZODME	Municipio	Área (Ha)	Coordenadas Magna Sirgas Origen Oeste	
			Este	Norte
ZODME 15	San Jerónimo	1,27	1145735,33	1206503,16
ZODME 16	Sopetrán	1,22	1143090,92	1208858,47
ZODME 21	Sopetrán	1,5	1140047,36	1211853,42
ZODME 24	Santa Fe de Antioquia	1,59	1138463,05	1212097,04

Fuente: Consultoría Colombiana S.A. 2017

En la siguiente tabla se muestran los resultados del censo forestal para las ZODME y su relación por ecosistema, número de individuos y volúmenes (total y comercial). Es de aclarar que el ZODME 16 no se relaciona en la Tabla 7-131, ya que no posee coberturas arbóreas.

Tabla 7-131 Resultados del censo forestal para ZODME

ZODME	Ecosistema	N° de individuos	Volumen total (m ³)	Volumen Comercial (m ³)
ZODME 15	Arbustal abierto esclerófilo del Orobioma bajo de los Andes	117	31.88	12.22
	Total ZODME 15	117	31.88	12.22
ZODME 21	Arbustal abierto esclerófilo del Orobioma bajo de los Andes	10	8.07	1.83

ZODME	Ecosistema	N° de individuos	Volumen total (m ³)	Volumen Comercial (m ³)
	Herbazal denso de tierra firme con arbustos del Orobioma bajo de los Andes	17	8.85	2.5
	Total ZODME 21	27	16.92	4.33
ZODME 24	Pastos limpios del Orobioma bajo de los Andes	32	7.40	4.16
	Total ZODME 24	32	7.40	4.16
Total		176	56.20	20.71

Fuente: Consultoría Colombiana S.A. 2017

Dentro de las ZODME fueron censados 176 individuos, con un volumen total de 56.20 m³ y comercial de 20.71 m³. (Ver Anexo O. DEMANDA/4. Aprovechamiento forestal)

Para la Unidad Funcional 2.1, se considera la ubicación de una **planta (N°2)** en el municipio de Sopetrán, con un área aproximada de 9,36 ha, según se describe en la Tabla 7-132.

Tabla 7-132 Identificación del sitio para la planta N° 2

Planta	Municipio	Área (Ha)	Coordenadas Magna Sirgas Origen Oeste	
			Este	Norte
Planta 2	Sopetrán	9,36	1142837,746	1209269,009

Fuente: Consultoría Colombiana S.A. 2017

En la siguiente tabla se muestran los resultados del censo forestal para la Planta N° 2 y su relación por ecosistema, número de individuos y volúmenes (total y comercial).

Tabla 7-133 Resultados del censo forestal para la planta N° 2

Planta	Ecosistema	N° de individuos	Volumen total (m ³)	Volumen Comercial (m ³)
Planta 2	Arbustal abierto esclerófilo del Orobioma bajo de los Andes	194	83.54	40.6
	Arbustal denso alto del Orobioma bajo de los Andes	87	20.9	9.01
	Bosque fragmentado con vegetación secundaria del Orobioma bajo de los Andes	7	20.55	7.88
Total		288	124.99	57.49

Fuente: Consultoría Colombiana S.A. 2017

 Agencia Nacional de Infraestructura	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO – SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	 Devimar SOMOS TU VÍA
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.3	

Dentro de la Planta N° 2 fueron censados 288 individuos, con un volumen total de 124,99 m³ y comercial de 57,49 m³.

De igual manera se considera la ubicación de dos (2) **áreas de servicio** en el municipio de San Jerónimo, con un área aproximada para el área de servicio N°1 de 0,34 ha y para el área de servicio N° 2 de 0,34 ha, según se describe en la Tabla 7-134.

Tabla 7-134 Identificación del sitio para áreas de servicio

Áreas de servicio	Municipio	Área (Ha)	Coordenadas Magna Sirgas Origen Oeste	
			Este	Norte
Área de servicio 1	Sopetrán	0,34	1145229,6	1206886,6
Área de servicio 2	San Jerónimo	0,34	1145246,171	1206869,26

Fuente: Consultoría Colombiana S.A. 2017

En la siguiente tabla se muestran los resultados del censo forestal para el área de servicio N°2 y su relación por ecosistema, número de individuos y volúmenes (total y comercial). Es de aclarar que el área de servicio N°1 no se describe en la tabla debido a que no se encontraron individuos arbóreos en el momento del censo forestal.

Tabla 7-135 Resultados del censo forestal para áreas de servicio

Área de servicio	Ecosistema	N° de individuos	Volumen total (m ³)	Volumen Comercial (m ³)
Área Servicio 2	Bosque fragmentado con vegetación secundaria del Orobioma bajo de los Andes	153	90.56	60.81
	Vegetación secundaria baja del Orobioma bajo de los Andes	1	0.49	0.34
	Vivienda rural nucleada del Orobioma bajo de los Andes	5	1.77	1.09
Total		159	92.82	62.24

Fuente: Consultoría Colombiana S.A. 2017

Dentro del área de servicio N° 2 fueron censados 159 individuos, con un volumen total de 92,82 m³ y comercial de 62,24 m³.

Se considera la explotación directa de la **fuentes de materiales**, la cual se encuentra en la quebrada La Seca de la vereda La Puerta, perteneciente a la jurisdicción de los municipios de San Jerónimo y Sopetrán, como se observa en la Tabla 7-136.

Tabla 7-136 Identificación del sitio para la fuente de material

Vértice	Municipio	Área (Ha)	Coordenadas Magna Sirgas Origen Oeste		Coordenadas Geográficas (WGS 84)		Coordenadas planas Gauss	
			Este	Norte	Longitud	Latitud	Este	Norte
1	Sopetrán	33.04	1142437,93	1206255,57	75° 47' 23,827"	6° 27' 34,953"	1.142.446,37	1.206.248,42
2			1142134,10	1206092,10	75° 47' 33,725"	6° 27' 29,657"	1.142.142,57	1.206.084,92
3			1142000,00	1207000,00	75° 47' 38,014"	6° 27' 59,216"	1.142.008,46	1.206.992,81
4			1141600,00	1207000,00	75° 47' 51,028"	6° 27' 59,249"	1.141.608,46	1.206.992,81

Fuente: DEVIMAR, 2017.

La Tabla 7-137 muestra los resultados para el censo forestal realizado en la fuente de material.

Tabla 7-137 Resultados del censo forestal para la Fuente de material

Ecosistemas	Nº de Individuos	Volumen Total (m³)	Volumen Comercial (m³)
Arbustal abierto esclerófilo del Orobioma bajo de los Andes	3	0.12	0.06
Arbustal denso alto del Orobioma bajo de los Andes	1	0.03	0.01
Arenales del Helobioma del Magdalena y Caribe	46	22.00	8.29
Bosque de galería del Orobioma bajo de los Andes	3	0.10	0.04
Herbazal denso de tierra firme con arbustos del Orobioma bajo de los Andes	7	16.23	12.20
Mosaico de pastos con espacios naturales del Orobioma bajo de los Andes	181	312.89	122.35
Tejido urbano discontinuo del Orobioma bajo de los Andes	46	11.75	3.35
Vegetación secundaria alta del Orobioma bajo de los Andes	335	237.71	130.30
TOTAL	622	600.82	276.60

Fuente: Consultoría Colombiana S.A. 2017

En la fuente de material se censaron 622 individuos que presentan un volumen total de 600.82 m³ y un volumen comercial 276.60 m³.

El **acceso hacia la fuente de** materiales de la quebrada La Seca se hace a partir de la actual Ruta Nacional 62 (Medellín – Santa Fe de Antioquia), y sus coordenadas se muestran en la Tabla 7-138.

 Agencia Nacional de Infraestructura	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO – SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	 Devimar SOMOS TU VÍA
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.3	

Tabla 7-138 Identificación del acceso a la fuente de material

Acceso	Municipio	Coordenadas Magna Sirgas Origen Oeste			
		Inicio		Fin	
		Este	Norte	Este	Norte
Acceso a la fuente de material	Sopetrán	1.142.646	1.209.397	1.141.980	1.206.997

Fuente: Consultoría Colombiana S.A. 2017

El censo forestal levantado en el área de este acceso se presenta a continuación en la Tabla 7-139.

Tabla 7-139 Resultados del censo forestal para el acceso a la fuente de material

Ecosistemas	Nº de Individuos	Volumen Total (m³)	Volumen Comercial (m³)
Arbustal abierto esclerófilo del Oroboma bajo de los Andes	20	5.88	2.29
Arbustal denso alto del Oroboma bajo de los Andes	9	1.45	0.86
Herbazal denso de tierra firme con arbustos del Oroboma bajo de los Andes	25	12.36	6.07
Mosaico de pastos con espacios naturales del Oroboma bajo de los Andes	7	0.71	0.41
Pastos arbolados del Oroboma bajo de los Andes	99	101.63	49.02
Tejido urbano discontinuo del Oroboma bajo de los Andes	26	20.99	10.62
Vegetación secundaria alta del Oroboma bajo de los Andes	47	28.24	7.28
TOTAL	233	171.24	76.54

Fuente: Consultoría Colombiana S.A. 2017

El censo realizado en la vía de acceso reportó un total de 233 individuos con un volumen total de 171,24 m³ y un volumen comercial de 76.54 m³ de madera.

Se contempla la construcción de **cunetas**, en las coordenadas que se observan en el Anexo 4. Aprovechamiento forestal/Coordenadas_cunetas_UF_2.1. El censo forestal levantado en el área de estas cunetas, se presenta a continuación en la Tabla 7-140.

Tabla 7-140 Resultados del censo forestal para las cunetas

Ecosistemas	Nº de Individuos	Volumen Total (m³)	Volumen Comercial (m³)
Arbustal abierto esclerófilo del Oroboma bajo de los Andes	1	0.13	0.00
Herbazal denso de tierra firme con arbustos del Oroboma bajo de los Andes	3	10.45	8.43
Pastos arbolados del Oroboma bajo de los Andes	37	6.46	3.54
Vegetación secundaria baja del Oroboma bajos de los Andes	1	0.15	0.09
Vivienda rural nucleada del Oroboma bajo de los Andes	11	4.67	1.37
TOTAL	53	21.86	13.43

Fuente: Consultoría Colombiana S.A. 2017

 Agencia Nacional de Infraestructura	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO – SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	 Devimar SOMOS TU VÍA
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.3	

Se tiene proyectado el aprovechamiento de 53 individuos, con un volumen total de madera de 21.86 m³ y comercial de 13.43 m³.

7.5.3 Volúmenes del aprovechamiento forestal

A continuación, en la Tabla 7-141 se muestra el consolidado de los volúmenes totales y comerciales por ecosistema natural, a partir de las parcelas utilizadas en el cálculo del error de muestreo forestal.

Tabla 7-141 Volúmenes totales por muestreo en ecosistemas naturales

Ecosistema	Volumen Total	Volumen Comercial	Área AID (ha)	Área Parcela (ha)	Volumen Total	Vol./Ecosistema (m ³ /ha)
	(m ³)	(m ³)			(m ³ /ha)	
Arbustal abierto esclerófilo del Orobioma bajo de los Andes	6.95	3.39	19.20	0.6	4.17	80.06
Arbustal denso alto del Orobioma bajo de los Andes	49.99	23.85	1.70	0.5	25.00	42.43
Bosque de galería del Orobioma bajo de los Andes	215.54	103.13	7.30	0.9	193.99	1415.28
Bosque fragmentado con vegetación secundaria del Orobioma bajo de los Andes	22.23	8.19	1.97	0.4	8.89	17.56
Herbazal denso de tierra firme con arbustos del Orobioma bajo de los Andes	1.32	0.51	13.06	0.3	0.40	5.18
Vegetación secundaria alta del Orobioma bajo de los Andes	66.28	21.83	8.86	0.8	53.02	469.99
Vegetación secundaria baja del Orobioma bajo de los Andes	6.12	2.04	1.57	0.4	2.45	3.85
Total	368.44	162.94	53.67	3.9	287.92	2034.36

Fuente: Consultoría Colombiana S.A. 2017

En la Tabla 7-142 se observan los volúmenes hallados mediante el censo realizado, en los ecosistemas naturales que se presentan en las áreas de las actividades del proyecto. No se muestran los resultados del censo en los ecosistemas transformados, los cuales se aprecian posteriormente.

Tabla 7-142 Censo forestal en ecosistemas naturales presentes en los tipos de actividad

Ecosistema	Tipo de actividad	Volumen Total	Volumen Comercial	No. Individuos
		(m ³)	(m ³)	
Arbustal abierto esclerófilo del Orobioma bajo de los Andes	Chaflanes	104.25	53.85	148
	Cuneta	0.13	0.00	1
	Fuente de material	0.12	0.06	3
	Planta 2	83.54	40.60	194
	Vía de acceso	5.88	2.29	20
	ZODME 15	31.88	12.22	117
	ZODME 21	8.07	1.83	10
SubTotal		233.87	110.84	493
Arbustal denso alto del Orobioma bajo de los Andes	Fuente de material	0.03	0.01	1
	Planta 2	20.90	9.01	87
	Vía de acceso	1.45	0.86	9
SubTotal		22.37	9.87	97
Arenales del Helobioma del Magdalena y Caribe	Fuente de material	22.00	8.29	46
SubTotal		22.00	8.29	46
Bosque de galería del Orobioma bajo de los Andes	Chaflanes	274.95	98.40	159
	Fuente de material	0.10	0.04	3
SubTotal		275.05	98.43	162
Bosque fragmentado con vegetación secundaria del Orobioma bajo de los Andes	Área Servicio 2	90.56	60.81	153
	Chaflanes	5.39	2.46	15
	Planta 2	20.55	7.88	7
SubTotal		116.51	71.15	175
Herbazal denso de tierra firme con arbustos del Orobioma bajo de los Andes	Chaflanes	105.30	58.81	46
	Cuneta	10.45	8.43	3
	Fuente de material	16.23	12.20	7
	Vía de acceso	12.36	6.07	25
	ZODME 21	8.85	2.50	17
SubTotal		153.18	88.01	98
Vegetación secundaria alta del Orobioma bajo de los Andes	Chaflanes	4.49	0.99	15
	Fuente de material	237.71	130.30	335
	Vía de acceso	28.24	7.28	47
SubTotal		270.43	138.56	397
Vegetación secundaria baja del Orobioma bajo de los Andes	Área Servicio 2	0.493250374	0.3452753	1
	Cuneta	0.15134299	0.0864817	1
SubTotal		0.64	0.43	2
Total		1094.05	525.59	1470

Fuente: Consultoría Colombiana S.A. 2017

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO – SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.3	

Por último, la Tabla 7-143 presenta el consolidado de los volúmenes por ecosistema natural, producto de la sumatoria de los volúmenes totales por ecosistema del muestreo (Tabla 7-141) y los volúmenes totales del censo (Tabla 7-142).

Tabla 7-143 Volúmenes totales por ecosistema natural (censo y muestreo)

Ecosistema	Volumen Total (m3)
Arbustal abierto esclerófilo del Orobioma bajo de los Andes	313.93
Arbustal denso alto del Orobioma bajo de los Andes	64.80
Arenales del Helobioma del Magdalena y Caribe	22.00
Bosque de galería del Orobioma bajo de los Andes	1690.33
Bosque fragmentado con vegetación secundaria del Orobioma bajo de los Andes	134.07
Herbazal denso de tierra firme con arbustos del Orobioma bajo de los Andes	158.36
Vegetación secundaria alta del Orobioma bajo de los Andes	740.42
Vegetación secundaria baja del Orobioma bajo de los Andes	4.49
Total General	3128.41

Fuente: Consultoría Colombiana S.A. 2017

7.5.4 Especies en amenaza, veda y/o endemismo en las áreas de intervención del proyecto

Durante el censo forestal en las áreas de intervención del proyecto, se registraron especies en categoría de veda, amenaza, peligro y/o vulnerables. La Tabla 7-144 muestra las especies amenazadas de acuerdo con la consulta realizada en los libros rojos de plantas de Colombia, categoría CITES, UICN, Resolución 192 de 2014 y Resolución 10194 de 2008 (CORANTIOQUIA).

 Agencia Nacional de Infraestructura	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO – SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	 Devimar SOMOS TU VÍA
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.3	

Tabla 7-144 Especies en amenaza, en peligro y/o vulnerables dentro registradas en el censo forestal para el área de intervención del proyecto

Especie	Endémica	Categoría UICN			CITES	Veda		No de Individuos
		Casi amenazada	Preocupación menor	No evaluada	Apéndice II	Nacional	Regional	
<i>Albizia carbonaria</i>				x				6
<i>Amyris pinnata</i>				x				2
<i>Annona muricata</i>				x				134
<i>Astronium graveolens</i>				x			x	1
<i>Azadirachta indica</i>				x				3
<i>Cassia fistula</i>				x				1
<i>Cavendishia pubescens</i>				x				10
<i>Cestrum racemosum</i>				x				2
<i>Cochlospermum vitifolium</i>				x				2
<i>Croton mutisianus</i>			x					9
<i>Cupania americana</i>				x				7
<i>Enterolobium cyclocarpum</i>				x				104
<i>Ficus americana</i>				x				1
<i>Guazuma ulmifolia</i>			x					1
<i>Hymenaea courbaril</i>		x					x	18
<i>Inga acrocephala</i>				x				1
<i>Inga edulis</i>			x					28
<i>Machaerium biovulatum</i>			x	x				8
<i>Machaerium glabratum</i>				x				130
<i>Machaerium goudotii</i>				x				33
<i>Malpighia glabra</i>				x				3
<i>Melicoccus bijugatus</i>				x				146
<i>Miconia caudata</i>				x				15
<i>Myrcia fallax</i>				x				3
<i>Myrsine latifolia</i>				x				22
<i>Persea americana</i>				x				137
<i>Persea caerulea</i>				x				49
<i>Piper aduncum</i>			x					4
<i>Platymiscium pinnatum</i>				x				19
<i>Sapindus saponaria</i>				x				8
<i>Senna spectabilis</i>			x					74

Especie	Endémica	Categoría UICN			CITES	Veda		No de Individuos
		Casi amenazada	Preocupación menor	No evaluada	Apéndice II	Nacional	Regional	
<i>Trichilia martiana</i>			x					8
<i>Urera caracasana</i>				x				1
<i>Vachellia farnesiana</i>				x				6

Fuente: Consultoría Colombiana S.A. 2016

7.5.5 Justificación del aprovechamiento forestal

El tipo de aprovechamiento que se va a realizar es de tipo único, ya que el corte es a tala rasa retirando totalmente la cobertura vegetal de manera manual o mecánica, con caída direccionada, utilizando las medidas de seguridad apropiadas, con el fin de evitar accidentes en las labores y afectar los recursos naturales aledaños a las áreas establecidas como aprovechamiento. Durante el aprovechamiento forestal, se deberán tomar las medidas ambientales acordes con la legislación ambiental vigente y con lo establecido por la autoridad ambiental competente.

7.5.6 Sistema de aprovechamiento y extracción (Labores de remoción de la cobertura)

El sistema de aprovechamiento forestal sugerido a implementarse durante la etapa de construcción, corresponde a la “Técnica de impacto reducido en las operaciones de tumba, descope y trozado de árboles en bosques naturales objeto de aprovechamiento forestal”, el cual consiste en la aplicación de técnicas adecuadas que buscan aumentar la eficiencia en relación con el volumen posible de aprovechar un árbol, reducir los desperdicios de madera, prevenir o disminuir los impactos negativos sobre la vegetación, los suelos y las aguas, evitar accidentes sobre los trabajadores forestales y prevenir impactos sociales adversos asociados con estas actividades.

A continuación se enumeran una serie de aspectos importantes al momento de efectuar las labores de aprovechamiento forestal

- Solicitar autorización del propietario o encargado del predio para el ingreso y desarrollo de labores de aprovechamiento forestal
- Evaluar la ubicación y la contextura de cada árbol con el fin de definir la dirección de caída segura y el procedimiento de tala, siempre hacía el centro del área de servidumbre.

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO – SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.3	

- Talar los árboles usando técnicas que garanticen direccionar la caída del árbol hacia los sitios seleccionados con anterioridad, con el fin de evitar accidentes a personas, proteger la vegetación aledaña, áreas ambientalmente sensibles, infraestructura comunitaria y privada, y evitar por lo tanto daños materiales, muerte de animales y daño de vegetación y cultivos en zonas fuera de servidumbre. Es importante considerar en su tala aspectos topográficos, ecológicos y características de crecimiento de las especies presentes en el corredor. Se evitará talar árboles en presencia de vientos fuertes o lluvias.
- Asegurar el árbol con manilas o guayas si el caso lo requiere.
- Dar alerta antes de iniciar el corte y cuando inicia caída.
- Las técnicas de tala segura contemplan los siguientes aspectos:
 - Boca de caída: corte horizontal en el tronco realizado por el lado seleccionado para la caída, a 70 cm del nivel del suelo, con una profundidad aproximada de 1/3 del grosor del árbol y corte inclinado a 45° para sacar la cuña o boca.
 - Bisagra: dejar sin cortar el eje sobre el que girara el árbol durante la caída, tendrá un ancho de 1/8 del grosor del árbol.
 - Corte de caída: corte horizontal por el lado opuesto al de caída, a la mitad de la altura de la boca y con una profundidad de aproximadamente 1/2 del grosor del árbol.
 - Eliminación de bisagra en el tocón: corte horizontal que garantice una altura del tronco menor a 70 cm.
- En cada frente de trabajo de despeje, se establecerán áreas temporales y móviles de cargue y descargue de combustible y aceite para las motosierras, estos sitios se definirán de acuerdo con las condiciones topográficas de cada área, con el propósito de evitar el vertimiento de estos elementos en el suelo o cuerpos de agua; adicionalmente, se tomarán todas las previsiones necesarias para el manejo de derrames accidentales, para lo cual será necesario que se disponga de un kit anti derrame por cada frente de trabajo, así como las previsiones necesarias para realizar la labor de tal manera que cualquier tipo de derrame de combustible y/o aceite pueda ser controlado rápidamente y no se generen focos de contaminación.
- Identificar las rutas de evacuación y mantenerlas despejadas, previendo caminos de escape en caso de cambio inesperado de dirección de caída del árbol. Estas rutas de evacuación deben estar hacia un lado respecto a la dirección de caída del árbol.
- Cuando la vegetación corresponda a rastrojo bajo, bosque natural o bosque plantado y se ubique en zonas despobladas, luego del repicado de las ramas producto de las talas o

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO – SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.3	

podas de árboles, se procede a la distribución uniforme de los residuos vegetales en el terreno de la servidumbre, o donde se acuerde con el propietario del predio o la autoridad ambiental en el caso de árboles aislados y cercas vivas.

- Todos los sobrantes o residuos generados durante la actividad de despeje de servidumbre no deben tener como receptor final los cuerpos de agua, vías o caminos.
- Realizar el troceo del tronco con cortes perpendiculares a lo largo del mismo y en trozas de 2,5 m. o en longitudes acordadas con los propietarios o requerimientos establecidos en los permisos ambientales; el apilado de trozas o madera se realizará en los sitios definidos entre el ejecutor y el propietario del predio.
- Durante el corte de la vegetación, se deberán cumplir los compromisos adquiridos con las corporaciones, comunidades o propietarios de predios, con respecto a la protección áreas ambiental y socialmente sensibles como: nacimientos de agua, acueductos veredales y bosques protectores, cruce de vías, líneas de electrificación rural, cultivos y otras, utilizando tecnologías y metodologías apropiadas como cuerdas, poleas, desviantes, pórticos y otras.
- Se debe tener cuidado de no dejar montones que al secarse puedan ser de fácil combustión, o que al ser arrastrados por el agua puedan represar los recorridos de cauces de agua o interferir caminos.

En la Tabla 7-145 se presenta el resultado obtenido del censo en los ecosistemas transformados y ZODMES, no se incluyen las estimaciones de los volúmenes en los ecosistemas naturales, los cuales resultan de la caracterización florística de los ecosistemas susceptibles a afectación, por medio de parcelas de muestreo.

Tabla 7-145 Censo forestal en ecosistemas transformados presentes en los tipos de actividad

Ecosistema	Tipo de actividad	Volumen total (m ³)	Volumen comercial (m ³)	No. Individuos
Mosaico de pastos con espacios naturales del Orobioma bajo de los Andes	Chaflanes	27.80	8.67	10
	Fuente de material	312.89	122.35	181
	Vía de acceso	0.71	0.41	7
SubTotal		341.40	131.44	198
Pastos arbolados del Orobioma bajo de los Andes	Chaflanes	280.47	117.97	349
	Cuneta	6.46	3.54	37
	Vía de acceso	101.63	49.02	99
SubTotal		388.56	170.53	485
Pastos enmalezados del Orobioma bajo de los Andes	Chaflanes	30.48	16.13	51
SubTotal		30.48	16.13	51

 Agencia Nacional de Infraestructura	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO – SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	 Devimar SOMOS TU VÍA
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.3	

Ecosistema	Tipo de actividad	Volumen total (m ³)	Volumen comercial (m ³)	No. Individuos
Pastos limpios del Orobioma bajo de los Andes	Chaflanes	58.06	18.66	74
	ZODME 24	7.40	4.16	32
SubTotal		65.46	22.83	106
Tejido urbano continuo del Orobioma bajo de los Andes	Chaflanes	13.49	6.21	50
SubTotal		13.49	6.21	50
Tejido urbano discontinuo del Orobioma bajo de los Andes	Fuente de material	11.75	3.35	46
	Vía de acceso	20.99	10.62	26
SubTotal		32.73	13.98	72
Vivienda rural dispersa del Orobioma bajo de los Andes	Chaflanes	72.23	20.69	54
SubTotal		72.23	20.69	54
Vivienda rural nucleada del Orobioma bajo de los Andes	Área Servicio 2	1.77	1.09	5
	Campamento	120.69	36.18	81
	Chaflanes	423.52	139.00	300
	Cuneta	4.67	1.37	11
SubTotal		550.65	177.64	397
TOTAL		1495.00	559.43	1413

Fuente: Consultoría Colombiana S.A. 2017

En la Tabla 7-146 se presenta el resultado obtenido del censo en los ecosistemas naturales y transformados (Tabla 7-142 y Tabla 7-145) que tienen lugar en las diferentes áreas de las actividades. No se incluyen las estimaciones de los volúmenes en los ecosistemas naturales, los cuales resultan de la caracterización florística de los ecosistemas susceptibles a afectación, por medio de parcelas de muestreo, como se dijo anteriormente (Tabla 7-141).

Tabla 7-146 Resultados del censo forestal (Ecosistemas transformados, ZODMES, Campamentos, Áreas de Servicio, Planta, cunetas, Fuente de material y su vía de acceso)

Tipo de área	No. de Individuos	Volumen Total (m ³)	Volumen comercial (m ³)
Área Servicio 2	159	92.83	62.24
Campamento	81	120.69	36.18
Chaflanes	1271	1400.43	541.84
Cuneta	53	21.86	13.43
Fuente de material	622	600.82	276.60
Planta 2	288	124.99	57.48
Vía de acceso	233	171.24	76.54
ZODME 15	117	31.88	12.22

Tipo de área	No. de Individuos	Volumen Total (m ³)	Volumen comercial (m ³)
ZODME 21	27	16.92	4.33
ZODME 24	32	7.40	4.16
Total	2883	2589.05	1085.02

Fuente: Consultoría Colombiana S.A. 2017

Durante el aprovechamiento forestal, se deberán tomar las medidas ambientales acordes con la legislación ambiental vigente y con lo establecido por la autoridad ambiental competente.

7.5.7 Destinación de los productos forestales

Las trozas, varillones y troncos obtenidos del aprovechamiento forestal, se dispondrán en pilas, conservando un orden por tamaño. En campo se decidirá la mejor forma de conservarlos pues existen muchas formas para almacenarlos.

- Los productos como bloques, tablas, varillones, repisas y estacones podrán ser utilizados en las obras de construcción y se debe dejar una buena parte para las obras de revegetalización.
- La madera sobrante se donará entre los habitantes del área de influencia como medida de mitigación de la presión que sufre los bosques circundantes, no se realizará comercialización de los productos obtenidos del aprovechamiento.
- La madera que presente menor densidad o que no tenga uso práctico se puede dejar para que se descomponga y ser utilizado como insumo en las actividades de revegetalización.
- Por ningún motivo se realizarán quemas de los residuos de las podas.

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO – SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.3	

7.6 EMISIONES ATMOSFÉRICAS

El proyecto Autopista al Mar 1 que contempla la “Construcción de la segunda calzada San Jerónimo y Santa Fe de Antioquia” permitirá entre tantos beneficios mejorar el tránsito; en este sentido, es de esperarse que el proyecto genere emisiones atmosféricas en las fases de construcción.

No obstante si bien el corredor vial tiene como objeto fundamental el tránsito de vehículos, en Colombia el transporte es considerado como una actividad privada la cual está ligada a la libertad de movimiento y circulación (Constitución Política -CP¹- art. 24, Convención Interamericana art. 22, Pacto de Derechos Civiles y Políticos Art. 12) presupone la existencia de formas y modos de transporte, pues mal podrían las personas transitar libremente por el territorio nacional, si la sociedad no les ofrece los medios para hacerlo, es decir el estado debe proveer los medios y los mecanismo de regulación necesarios que garanticen el goce efectivo del derecho en concordancia con la goce efectivo de los demás derechos entre estos el derecho a un ambiente sano.

En el Código Nacional de Tránsito Terrestre Ley 769 de 2002 Artículo 28² establece las condiciones Tecno mecánica, de Emisiones Contaminantes y de Operación de los vehículos entre ellos asegurar el cumplimiento de las normas de emisiones contaminantes que establezcan las autoridades ambientales.

En este contexto el proyecto va a generar un cambio en la calidad ambiental producto de las emisiones de los vehículos automotores que transitaran por el corredor vial, sin embargo el manejo y control de actividad es competencia del estado, por tanto, no requiere de la solicitud de permiso de emisiones ni la implementación de medidas de manejo; sin embargo con el fin de contemplar la magnitud del impacto producto de la vía, se incluyó en los cálculos de las emisiones y en el modelo de dispersión, anotando que en los términos de referencia solamente solicita información de las fuentes de generación que requieran permiso para emisiones atmosféricas.

Respecto a la fase de construcción las emisiones serán generadas por los procesos de re-suspensión del material particulado proveniente de las vías destapadas y por las actividades de excavación y descapote, gases producto de la combustión de los motores de vehículos y maquinaria, gases producto de la elaboración del asfalto y material particulado generado con la trituración.

¹ Artículo 24. Todo colombiano, con las limitaciones que establezca la ley, tiene derecho a circular libremente por el territorio nacional, a entrar y salir de él, y a permanecer y residenciarse en Colombia. El Gobierno Nacional podrá establecer la obligación de llevar un informe de residencia de los habitantes del territorio nacional, de conformidad con la ley estatutaria que se expida para el efecto.

² Modificado Artículo 8° Ley 1383 de 2010.)

	<p>CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO – SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.</p>	
	<p>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL</p>	
	<p>VERSIÓN 0.3</p>	

7.6.1 Identificación de las fuentes de emisión existentes

Durante el mes de febrero, se realizó trabajo de campo y en él cual se incluía el inventario de fuentes de emisión, las cuales estuvieran generando contaminación atmosférica en el área de estudio del corredor vial entre San Jerónimo y Santa Fe de Antioquia. Finalmente se identificaron puntos que ejercen presión y cambio en el medio, donde se clasificaron en fuentes fijas, móviles y de área; sin embargo se debe tener en cuenta que la cantidad de fuentes de emisión en esta zona no es grande, aun así a continuación se presenta lo observado en el trabajo de campo, por lo cual las fotografías y descripción que se muestra abarca el inventario realizado.

Según lo establecido en el Artículo 18 del decreto 948 de 1995, las fuentes se sub clasifican así:

- Fuentes Fijas: puntuales, dispersas o área – fuente
- Fuentes Móviles: aérea, terrestres y fluviales

Fuentes fijas

Las fuentes fijas se pueden clasificar, de acuerdo a la envergadura y distribución espacial de las emisiones, en fuentes fijas puntuales y fuentes fijas difusas o dispersas. Las fuentes fijas puntuales se definen como aquellas que emiten contaminantes al aire por ductos o chimeneas y las fuentes fijas difusas son aquellas en que los focos de emisión de una fuente fija se dispersan en un área, por razón del desplazamiento de la acción causante de la emisión, como por ejemplo, en el caso de las quemas abiertas controladas en zonas rurales (MADS, 2008).

Las fuentes identificadas en el área de influencia se dan a actividades comerciales asociadas a parqueaderos de vehículos, establecimientos de restaurantes y asaderos, estas actividades son predominantes generando impactos atmosféricos asociados a la calidad del aire; estas instalaciones se destacan los existentes a la altura del Municipio de San Jerónimo y restaurantes localizados a lado y lado de la vía existente. (Fotografía 7-2).

Fotografía 7-2. Fuentes fijas (Vía San Jerónimo – Santa Fe de Antioquia)

X: 1149004,1 Y: 1204614,0

X: 1150579,6 Y: 1198204,5



Fuente: Google Earth, 2016. - (Consultoría Colombiana S.A, 2016)

Otra zona de generación de emisiones atmosféricas corresponde al punto de control de vehículos que transportan materiales, ubicado en el margen derecho de la vía actual, sentido Medellín - Santa Fe de Antioquia en el sitio conocido en la zona como estadero en este punto los vehículos detienen su marcha implicando que salgan del corredor vial a un área desprovista de asfalto, lo que implica generación de material particulado y emisión de gases de combustión producto de la detención de los vehículos. (Ver Fotografía 7-3)

Fotografía 7-3. Punto de control de vehículos, vereda La Puerta del municipio de Sopetrán

X: 1142659,03 Y: 1209415,41



Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2016.

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO – SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.3	

Centros urbanos

Los poblamientos y asentamiento humanos identificados en toda el área de estudio pueden verse afectados por la contaminación atmosférica que se presentara durante la etapa de construcción del proyecto, sin embargo se debe tener en cuenta que estos centros urbanos también son generadores de emisiones, ya que debido a la concentración urbana se incrementan las emisiones a la atmosfera.

En todo el corredor vial se observó que la zona con presencia de centros urbanos se ubica en la cabecera municipal de San Jerónimo y llegando a Santa Fe de Antioquia, a lo largo de la vía hay presencia de urbanizaciones, condominios, colegios, restaurantes y viviendas dispersas (Fotografía 7-4).

Fotografía 7-4. Centros urbanos

X: 1139067,1 Y: 1215647,3

X: 1139269,1 Y: 1211956,1

X: 1139212,3 Y: 1212042,1



Fuente: (Consultoría Colombiana S.A, 2016)

Fuente móvil

Las fuentes móviles son aquellas que por razón de uso o propósito, es susceptible al desplazarse, como los automóviles, o vehículos de transporte a motor de cualquier naturaleza.

En el área se presentan actividades comerciales, además se cuenta con presencia continua de automotores, camiones, tractomulas, buses de transporte público, motocicletas y en general toda clase de vehículos los cuales transitan por la vía existente. Sin embargo se debe tener en cuenta que los fines de semana iniciando el viernes; las personas se trasladan hacia San Jerónimo y Santa Fe de Antioquia viniendo desde Medellín, lo que hace que la cantidad de flujo vehicular aumente considerablemente y con ello las emisiones atmosféricas (Ver Fotografía 7-5). En consecuencia a lo anterior, el tráfico vehicular presenta una fuente de emisión constante de Monóxido de Carbono (CO), Óxidos de Nitrógeno (NOx) y Óxidos de azufre (SOx) como resultado de la combustión de la gasolina y el diésel. El tránsito vehicular se considera que es frecuente y permanente, esto conlleva a

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO – SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.3	

que se incrementen los cambios en la calidad del aire por las emisiones que generan los diferentes vehículos que transitan por la vía existente.

Fotografía 7-5. Fuentes Móviles (Vía San Jerónimo – Santa Fe de Antioquia)

X: 1139295,3 Y: 1212124,5

X: 1153839,4 Y: 1191317,1

X: 1139333,1 Y: 1212054,8



Fuente: (Consultoría Colombiana S.A, 2016)

- Fuentes Lineales

Las vías de acceso del área de influencia se encuentran en diferentes estados y según el material de construcción puede producir un mayor o menor impacto a la atmosfera. En el *Capítulo 3. Descripción del Proyecto* del presente estudio, se desarrolla con mayor detalle el inventario y estado de las vías principales y secundarias presentes en el área de influencia de la zona de estudio.

En el área de influencia del proyecto se observaron sectores sin pavimentar lo que ocasiona que cuando un vehículo viaja en este tipo de carreteras la fuerza de las llantas contra la superficie del camino causa pulverización del material en la superficie, lo que hace que las partículas sean levantadas y lanzadas de las ruedas y la superficie del camino es expuesta a fuertes corrientes de aire. La turbulencia levantada detrás del vehículo continúa en la superficie del camino después de que el vehículo ha pasado³(Fotografía 7-6).

³ EPA (Environmental Protection Agency).Unpaved roads.U.S.EPA Office of Air and Radiation.ResearchTriangle Park, NC, USA. 2006.

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO – SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.3	

Fotografía 7-6. Vía secundaria

X: 1140640,2 Y: 1211893,7



Fuente. (Consultoría Colombiana S.A, 2016)

- Fuentes de Área

Las fuentes de área representan aquellos puntos de contaminación que son demasiado numerosos y dispersos como para poder ser incluidos de manera eficiente en un inventario de fuentes puntuales debido al enorme esfuerzo que sería necesario para recopilar los datos y estimar las emisiones a nivel individual. Por otra parte es una zona o región, urbana, suburbana o rural, que por albergar múltiples fuentes fijas de emisión, es considerada como un área especialmente generadora de sustancias contaminantes del aire⁴.

Para el área de estudio, las Zonas de Extracción de Material de Arrastre localizadas sobre la ronda hídrica del Río Cauca y el Río Aurrá, se encuentran relacionadas como una fuente de área debido a las actividades de extracción, almacenamiento de material y actividades asociadas al transporte del mismo. Estas actividades tienen implícitas movimientos de tierra, implementación de depósitos para disposición del material extraído, entre otros aspectos que generan emisiones de material particulado en la zona e inclusive en áreas aledañas, así mismo el estacionamiento de maquinaria pesada, por lo tanto se presenta descarga de combustible, una de las fuentes identificadas se encuentra ubicada finalizando el puente que comunica a Sopetrán con Santa Fe de Antioquia ver Fotografía 7-7.

⁴ Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2010). Resolución 610.

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO – SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.3	

Fotografía 7-7 Zona de actividades industriales y comerciales

X: 1141671,3 Y: 1210970,4



Fuente: (Consultoría Colombiana S.A, 2016)

Las fuentes de área identificadas en el corredor vial, se asocian a las intercepciones de la vía principal con las vías de acceso a las veredas, a áreas de explotación de materiales y a zonas recreativas. Entre los puntos identificados se encuentra la intercepción de la vía de acceso a la trituradora Santa Fe dado que por el tránsito frecuente de vehículos de carga se genera material particulado en la zona. (Ver Fotografía 7-8)

Fotografía 7-8. Acceso a trituradora Santa Fe, vereda Los Almendros del municipio de Sopetrán

X: 1140833,35 Y: 1211549,00



Fuente: Consultoría Colombiana S.A, 2016.

7.6.2 Identificación de fuentes de emisión atmosférica proyectadas

Las fuentes de contaminación de aire del proyecto construcción segunda calzada entre el San Jerónimo UF 2.1; están relacionadas con el tráfico de vehículos pesados, material particulado proveniente de las vías destapadas, gases producto de la combustión de los

 Agencia Nacional de Infraestructura	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO – SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	 Devimar SOMOS TU VÍA
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.3	

motores de vehículos y maquinaria, gases producto de la elaboración de concreto y material particulado generado con la trituración. En Tabla 7-147 se listan las potenciales fuentes de emisión del proyecto.

Tabla 7-147 Potenciales fuentes de contaminación atmosférica asociadas al proyecto

Fuente	Tipo	Emisión		Contaminantes
		Ruido	Gases y/o partículas	
Tráfico de vehículos por las vías industriales	Móviles	X	X	Partículas en suspensión (PST); principalmente material arcilloso muy fino.
Operación de Maquinaria y equipos en el frente de obra - vehículos livianos y pesados, así como la maquinaria de tipo pesado	Móviles	X	X	Gases y partículas de combustión
Plantas eléctricas y motobombas	Fijas	X	X	Gases y partículas de combustión
Planta de concreto, asfalto y trituración	Fijas	X	X	Partículas en suspensión (PST) Gases
Planta de trituración	Fija	X	X	Partículas en suspensión (PST)
ZODMES	Área		X	Partículas en suspensión (PST)

Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016

La principal fuente de emisión de gases estará relacionada con la combustión del diésel y gasolina de las diferentes máquinas, equipos y vehículos utilizados. La calidad del aire puede afectarse, dado que en el proceso de combustión se generan emisiones a la atmósfera de gases como CO, CO₂ y óxidos de nitrógeno. El tránsito de vehículos por vías y sectores sin pavimentar, la operación de maquinaria y/o equipos principalmente durante los movimientos de tierras, generarán emisiones de material particulado.

De acuerdo al marco normativo para la construcción y operación se requieren permiso de emisión atmosférica para el desarrollo de las actividades referenciadas en la Tabla 7-148.

 Agencia Nacional de Infraestructura	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO – SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	 Devimar SOMOS TU VÍA
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.3	

Tabla 7-148 Actividades objeto de permiso de emisiones

Actividad	Legislación	Fuente de Emisión
Plantas de preparación o beneficio de minerales o materiales cerámicas o silicocalcareos: Cuando la capacidad de molienda sea superior a 5 Ton/día.	Numeral 2.13 Artículo 1 de la Resolución 619 de 1997	Planta de Trituración
Industrias, obras, actividades o servicios que cuenten con calderas y hornos, cuyo consumo nominal de combustible sea igual o superior a: A. Carbón Mineral: 500 Kg/hora. B. Bagazo de Caña: 3.000 Ton/año C. 100 galones/hora de cualquier combustible líquido, tales como ACPM, Fuel Oil o Combustóleo, Búnker, petróleo crudo.	Numeral 4.1 Artículo 1 de la Resolución 619 de 1997	Planta de Concreto

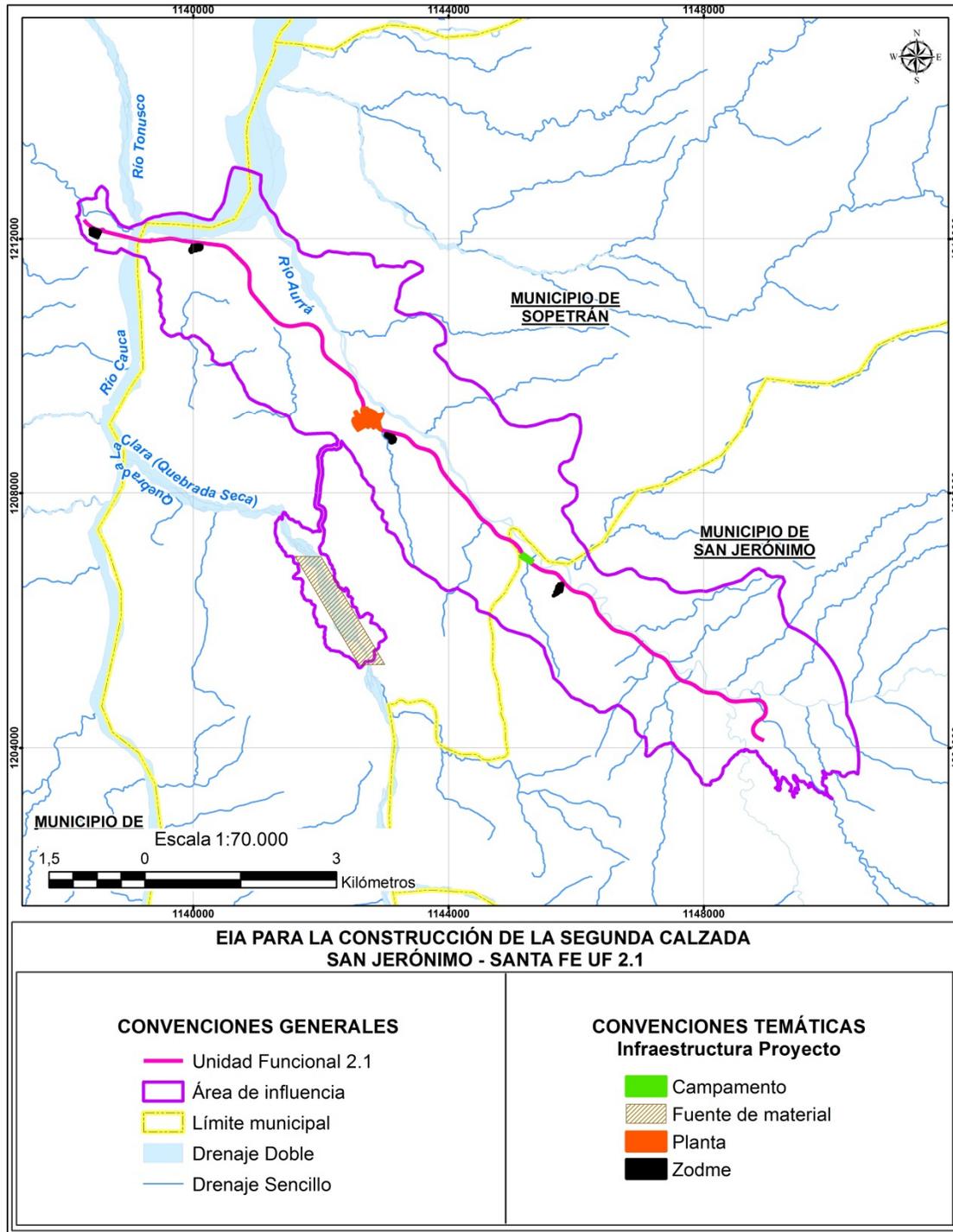
Fuente: Consultoría Colombiana S.A., 2016

En este contexto se requiere la expedición de un permiso de emisiones atmosféricas durante el desarrollo del proyecto, particularmente para las fuentes fijas como la planta de producción de concreto y planta de trituración a lo largo del corredor vial, en los sitios que se detallan en la Tabla 7-149. En la Figura 7-87 se presenta la localización sobre el plano general de las instalaciones, señalando la posible ubicación de las fuentes de emisión dentro del área de influencia.

Tabla 7-149. Características y Criterios

Criterio	Planta de concreto y trituración
Cantidad (un)	1
Tipo de material procesado	Mezclas de Concretos Hidráulicos – Preparación de Materiales
Características técnicas general plantas	Balanza, cinta elevadora, silos de cemento, cabina de operación, capacidad 60 m ³ /h.
Sistema de manejo de emisiones	Recirculación agua y filtros presurizados en cilos de cemento.
Horas producción (h/d)	10
Tipos de vías circulación (afirmado, concreto, asfalto, afirmado humectado)	Afirmado humectado

Figura 7-87. Localización General de las Instalaciones



Fuente: Consultoría Colombiana S. A. 2016

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO – SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.3	

7.6.3 Modelo de Dispersión

Teniendo en cuenta que se prevé la adecuación de dos áreas cuya operación implicara posiblemente la generación de contaminantes, a continuación se presenta los modelos de dispersión de contaminantes para dichas áreas (Planta 2 y Planta de trituración (fuente de materiales)); los informes detallados generados por el laboratorio se presentan en el Anexo O. Demanda, del presente estudio de impacto ambiental en los cuales se puede observar la descripción de los aspectos meteorológicos, estimación de emisiones atmosféricas, los resultados detallados del modelo para cada uno de los contaminantes analizados, identificación de receptores y concentraciones de fondo y el análisis de contaminantes por tipo de fuente. Los cálculos de dispersión de contaminantes fueron efectuados aplicando el modelo de dispersión de contaminantes AERMOD de la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA).

7.6.3.1 Fuentes de emisión

Dentro de la infraestructura asociada a las fuentes de emisión de contaminantes se encuentran principalmente obras civiles (fuentes de área/ dispersas o difusas), vías de acceso (fuentes de área/línea/dispersas o difusas) las cuales se describen brevemente a continuación:

Para la identificación de las fuentes lineales se realizó un estudio de tráfico, el cual se incluye en el Anexo B. Aspectos civiles constructivos del presente estudio de impacto ambiental.

En relación a las fuentes de área dispersas, se contempla la operación en el área denominada Planta 2 de: una planta trituradora, una planta de concreto y una planta de asfalto y, una planta de trituración prevista en la zona de explotación de materiales de arrastre. La descripción de los equipos a instalar se presenta a continuación:

7.6.3.1.1 Planta 2

7.6.3.1.1.1 Planta de concreto

- Planta dosificadora KONECO 80, con una producción de 80 m³/hora.
- Se compone de 4 silos de almacenamiento de cementante, 3 de cemento (100 toneladas) y 1 de ceniza (60 toneladas).
- Tolvas de agregados (arena y grava de ½” y 1”)
- Diques de aditivos (acelerantes, plastificantes, retardantes), los cuales se distribuyen dosificados por tubería al shut de descargue a la mixer.
- Sistema de control de emisiones: Recirculación de agua, y filtros presurizados en silos de cemento.

 Agencia Nacional de Infraestructura	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO – SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	 Devimar SOMOS TU VÍA
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.3	

7.6.3.1.1.2 Planta de asfalto

En la Tabla 7-150 se observan las características generales de la planta de asfalto a instalar.

Tabla 7-150. Características generales planta de asfalto

Infraestructura	Componentes	Componentes unitarios	
		Tolva dosificadora	Capacidad (m ³)
Planta de asfalto Ciber iNOVA1200P1	Sistema de alimentación de agregados	3	8
	Área (m²)	Producción máxima nominal (ton/h)	Humedad agregados (%)
	3070	120	3
	Combustible	Cantidad Consumida	
	Aceite tipo Diesel	5,0 kg/t equivalentes a 5,9 l/t [1,55 gal/t] para Diesel de densidad 0,85 kg/l y Poder Calorífico Inferior – PCI de 10'000 kcal/kg, en las condiciones nominales de operación del equipo (anexo), equivalente a máximos 720 litros/h [187 gal/h]	
Condiciones nominales de operación			
Producción	Producción Máxima de 120 t/h (métricas)		
	Rango de producción: 80 t/h - 120 t/h		
Agregados	Contenido promedio de humedad de los agregados ≤ 3%		
	Granulometría de los agregados ≤ 25.4 mm [1"]		
	Peso específico aparente de los agregados ≥ 1'600 kg/m ³		
	Peso específico aparente del filler ≥ 1'000 kg/m ³		
	Contenido máximo de agregados que pasa en malla #200 ≤ 10%		
	Contenido máximo de filler artificial en el mezclado ≤ 3%		
Temperatura	Absorción de agua (porosidad) ≤ 1.5%		
	Temperatura ambiente ≥ 20°C [68°F]		
	Temperatura de entrega de mezcla asfáltica igual a 150°C [302°F]		
	ΔT entre temperatura ambiente y de salida de la mezcla ≤ 130°C [266°F]		
Otros	Temperatura de los gases en la salida de tambor secador: 120°C ~ 140°C [248°F ~ 284°F]		
	Altitud de operación ≤ 1'000 metros sobre el nivel del mar [3'280 ft over the sea level]		
	PCI (Poder Calorífico Inferior) del combustible: ≥ 10'000 kcal/kg [18'000 BTUs/lb] – equivalente al Diesel		
	Rango del contenido cemento asfáltico: 4.5% ~ 6.5%		

Fuente: Ciber Equipamentos Rodoviários Ltda.

7.6.3.1.1.3 Planta de trituración

El esquema descrito a continuación se implementara tanto en el área denominada Planta 2, como en la planta de trituración a instalar en la zona de extracción de materiales de arrastre

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO – SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.3	

del proyecto:

- Planta primaria móvil de trituración con trituradora de mandíbulas marca STRIKER JQ1180 sobre orugas.
- Planta secundaria móvil de trituración con trituradora de impacto marca STRIKER HQ1112 sobre orugas.
- Planta de cribado marca ANACONA SR514 sobre orugas.
- Banda móvil de transferencia marca STRIKER LDQ15.

7.6.3.1.2 Planta de trituración (Fuente de material)

Las instalaciones necesarias para la trituración del material en la fuente son:

- Generador eléctrico 60 KVA para conexión de herramientas eléctricas
- Equipo de soldadura
- Cesta elevadora, para trabajos en altura
- Grúa telescópica de al menos 80 toneladas, para el armado y elevación de conjuntos
- Grúa telescópica adicional de unas 180 t para colocar la machacadora y el molino de impacto
- Camión pluma para trabajos auxiliares
- Herramientas de mano y eléctricas (Pistola de impacto, amoladora y el taladro)

Estas instalaciones se ubicaran dentro del área establecida para la planta de triturado, la cual tiene un área aproximada de 3,996 hectáreas. A continuación se describen los equipos que se prevé instalar en esta área:

Equipo primario de trituración:

- Tolva de alimentación de 12m³.
- Alimentador vibratorio de pre cribador 3 x 12 pies inclinado
- Trituradora de mandíbulas de 30" X 42" (76 X 106 cm) con bastidor en acero soldado, mandíbulas y revestimientos en acero
- Banda de salida de trituradora, ancho 36", longitud 8 metros

Equipo secundario de trituración

- Transportador de banda de alimentación de zaranda
- Zaranda vibratoria clasificadora de 5 X 2 metros
- Trituradora de conos hidráulica modelos kubria f/m-110 marca Thyssenkrupp
- Transportador de banda de retorno de triturador de cono a banda principal

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO – SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.3	

Conjunto terciario con impactador

- Zaranda vibratoria clasificadora de 6 X 2 metros
- Trituradora de impacto ti-300 con bastidor en acero soldado

Equipos complementarios

- Transportadora de banda alimentadora de triturador de impacto
- Transportador de banda de alimentación de zaranda
- Transportador de banda de retorno
- Cinco (5) apiladores de producto

7.6.3.2 Metodología modelación de contaminantes

Para realizar la modelación de contaminantes, se evalúan los siguientes factores:

- Topografía del terreno.
- Ubicación de las fuentes de emisión.
- Cantidad de emisión desde las fuentes en g/s o g/s-m² y demás características dependiendo del tipo de fuente como velocidad, altura de emisión, temperatura, etc.
- Meteorología y cobertura del suelo (parámetros superficiales).
- Presencia de estructuras y obstáculos sobre las corrientes de viento respecto a las fuentes de emisión.

7.6.3.3 Resultados estimaciones y modelación

A continuación se presenta los resultados consolidados de la modelación de contaminantes para el área de Planta 2 y zona de fuente de materiales.

7.6.3.3.1 Descripción meteorológica

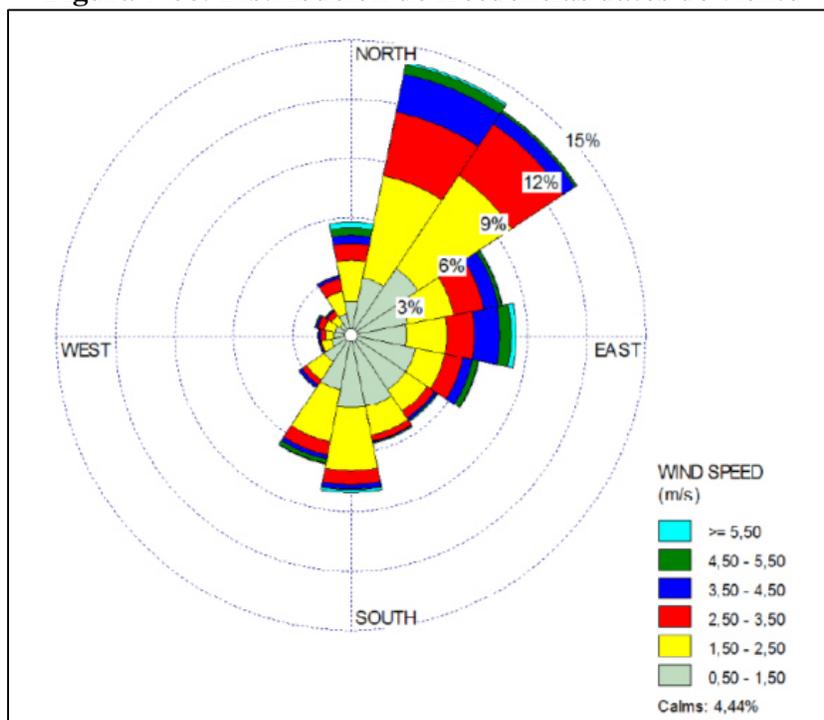
El resumen de los datos meteorológicos considerados para el desarrollo del modelo de dispersión se presenta en la Tabla 7-151 y Figura 7-88, estos fueron obtenidos a partir de un modelo regional de simulación atmosférica WRF (Weather Research and Forecast), lo anterior teniendo en cuenta que el modelo requiere datos horario de las variables.

Tabla 7-151. Datos meteorológicos

PERÍODO DE MODELACIÓN	Enero 01 de 2015 a Diciembre 31 de 2015	DEPARTAMENTO	Antioquia				
TIPO DE DATOS	Datos horarios generados por modelo de pronóstico WRF	COORDENADAS GPS WGS84	-75.81E 6.41N				
PARÁMETROS GENERADOS	Sensible Heat Flux (W/m ²), Surface Friction Velocity (m/s), Convective Velocity Scale (m/s), Vertical Potential Temperature Gradient above PBL (m), Height of Convectively-Generated Boundary Layer – PBL (m), Height of Mechanically - Generated Boundary Layer – SBL (m), Monin-Obukhov Length (m), Surface Roughness Length (m), Bowen Ratio, Albedo, Wind Speed – Ws (m/s), Wind Direction - Wd (degrees °), Reference Height for Ws and Wd (m), Temperature – temp (K), Reference Height for temp (m), Precipitation Code , Precipitation Rate (mm/h), Relative Humidity (%), Surface Pressure (mb), Cloud Cover (tenths).						
MES	TEMPERATURA PROMEDIO (°C)	PRECIPITACION TOTAL (mm)	HUMEDAD RELATIVA PROMEDIO (%)	PRESION ATMOSFÉRICA (mmHg)	COBERTURA DE NUBES (OCTAS)	RADIACION (W/m ²)	VELOCIDAD DEL VIENTO (m/s)
ENERO-2015	17.1	184.9	79.2	609.7	7.0	241.7	2.7
FEBRERO-2015	24.4	66.8	66.5	689.7	6.4	363.3	1.6
MARZO-2015	17.4	506.7	81.9	609.0	7.4	209.3	2.6
ABRIL-2015	20.6	303.2	76.0	639.9	6.9	305.2	2.2
MAYO-2015	25.0	132.6	67.9	693.2	5.9	427.7	1.7
JUNIO-2015	26.0	80.5	60.4	692.7	5.8	408.0	1.6
JULIO-2015	25.5	121.4	63.0	693.0	5.6	454.4	1.7
AGOSTO-2015	25.8	96.5	62.3	692.6	5.7	485.2	1.7
SEPTIEMBRE-2015	25.9	34.3	57.5	692.5	5.6	450.1	1.7
OCTUBRE-2015	24.2	159.7	70.2	693.5	6.2	386.2	1.6
NOVIEMBRE-2015	23.7	73.1	72.6	692.9	6.2	365.6	1.5
DICIEMBRE-2015	25.7	17.5	59.3	692.0	5.9	340.3	1.5

Fuente: ANASCOL, 2016.

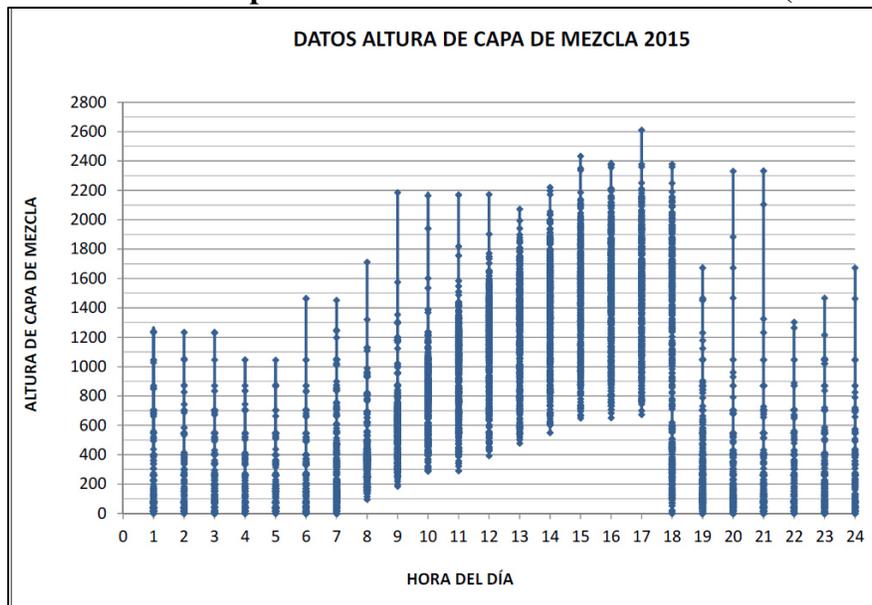
Figura 7-88. Distribución de frecuencias datos de viento



Fuente: ANASCOL, 2016.

A partir de la interacción de factores como la dirección y velocidad del viento, el brillo solar, la temperatura y la nubosidad es posible crear condiciones en las cuales puede o no favorecer la dispersión de los contaminantes, lo cual se conoce como estabilidad atmosférica; y a la altura en la cual se presenta la dispersión se conoce como altura de mezcla. (Ver Figura 7-89)

Figura 7-89. Altura de capa de mezcla a diferentes horas del día (datos anuales)



Fuente: ANASCOL, 2016.

En la Tabla 7-152, se presenta la altura de capta de mezcla y la clase de estabilidad para cada uno de los meses; dichos valores se obtuvieron para una periodicidad horaria y se contabilizó el número de datos por estabilidad para determinar el valor predominante. Estas categorías de estabilidad corresponden a las determinadas por Pasquill⁵.

⁵ Pasquill F. The estimation of the dispersión of windborne material. Meteor, Mag. 90. Pág. 33-49. 1961.

Tabla 7-152. Valores promedio de altura de mezcla y tipo de estabilidad atmosférica para el área a partir de los datos modelados (datos anuales)

Fecha	Valor de velocidad del viento (m/s)	Clase de estabilidad atmosférica		Fecha	Valor de velocidad del viento (m/s)	Clase de estabilidad atmosférica	
		DÍA	NOCHE*			DÍA	NOCHE*
ENERO-15	2.7	C	D	JULIO-15	1.7	A-B	E
FEBRERO-15	1.6	C	D	AGOSTO-15	1.7	A-B	E
MARZO-15	2.6	A-B	D	SEPTIEMBRE-15	1.7	A-B	E
ABRIL-15	2.2	A-B	E	OCTUBRE-15	1.6	A-B	E
MAYO-15	1.7	A-B	E	NOVIEMBRE-15	1.5	B-C	E
JUNIO-15	1.6	A-B	E	DICIEMBRE-15	1.5	B-C	E

*A (Muy Inestable), B (Inestable), C (Ligeramente inestable), D (Neutral), E (Ligeramente estable), F (Estable)

Fuente: Turner. Workbook of Atmospheric Dispersion Estimates. Washington D.C.

De los anteriores resultados se destaca que en la noche y horas muy nubladas durante el día se presenta una estabilidad E o D (Ligeramente estable y estable), esta situación es favorable para la jornada diurna ya que los valores de altura de mezcla de los contaminantes supera los 500 metros de altura haciendo que los contaminantes se dispersen de forma más rápida, y para la noche y días nublados es desfavorable, teniendo en cuenta que a bajas temperaturas el viento tiende a permanecer en calma lo que impide la dispersión de contaminantes.

7.6.3.3.2 Estimación de emisiones atmosféricas

A continuación se presentan los resultados de los modelos desarrollados en el escenario de las fuentes lineales identificadas dentro del área.

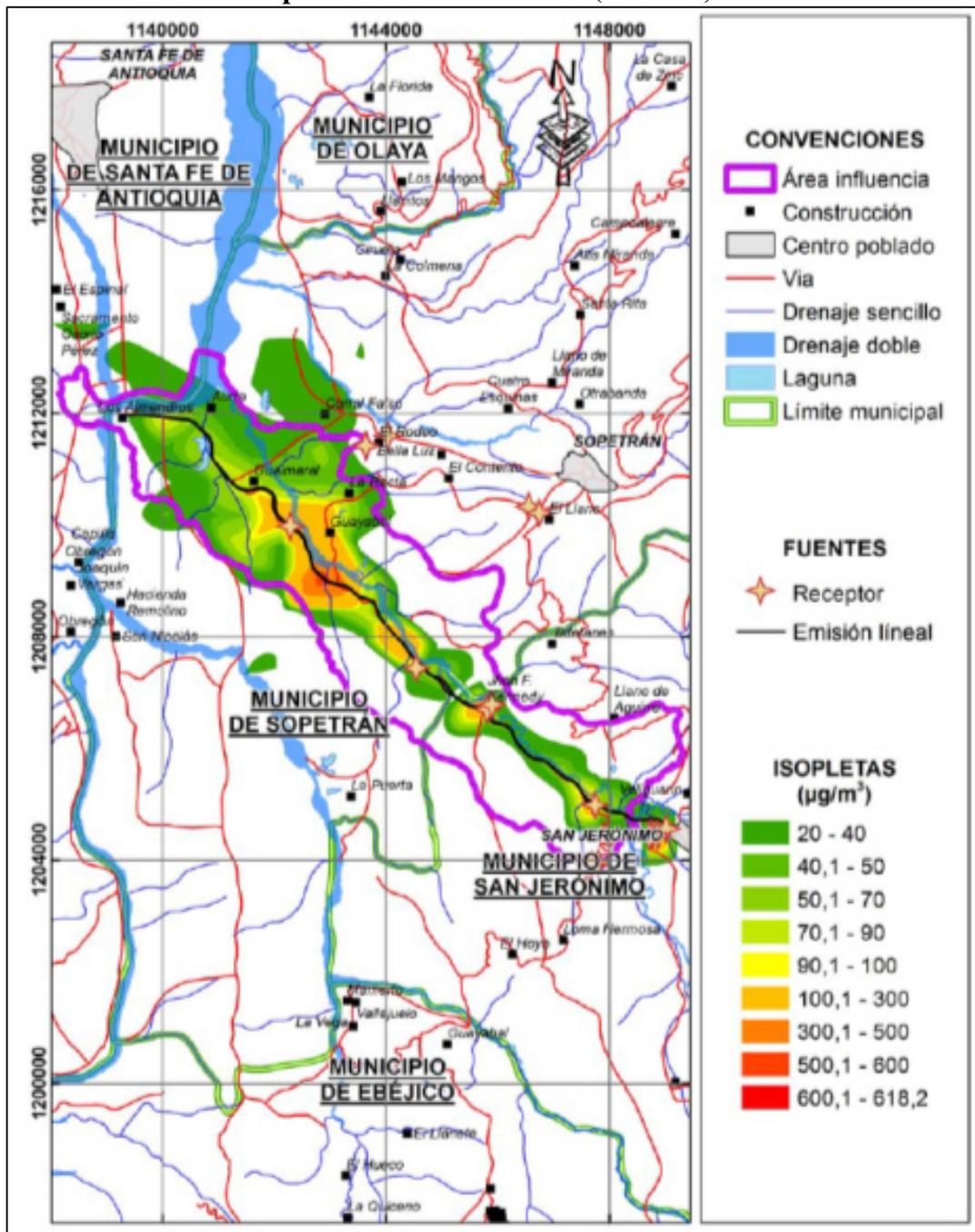
7.6.3.3.2.1 Resultados para Planta 2

Como se indicó inicialmente, se cuenta con dos modelaciones de contaminantes uno para el área de Planta 2 y el segundo para la zona donde se localiza la fuente de materiales del proyecto, a continuación se presentan los resultados obtenidos para la primera área.

7.6.3.3.2.1.1 Partículas suspendidas totales –PST

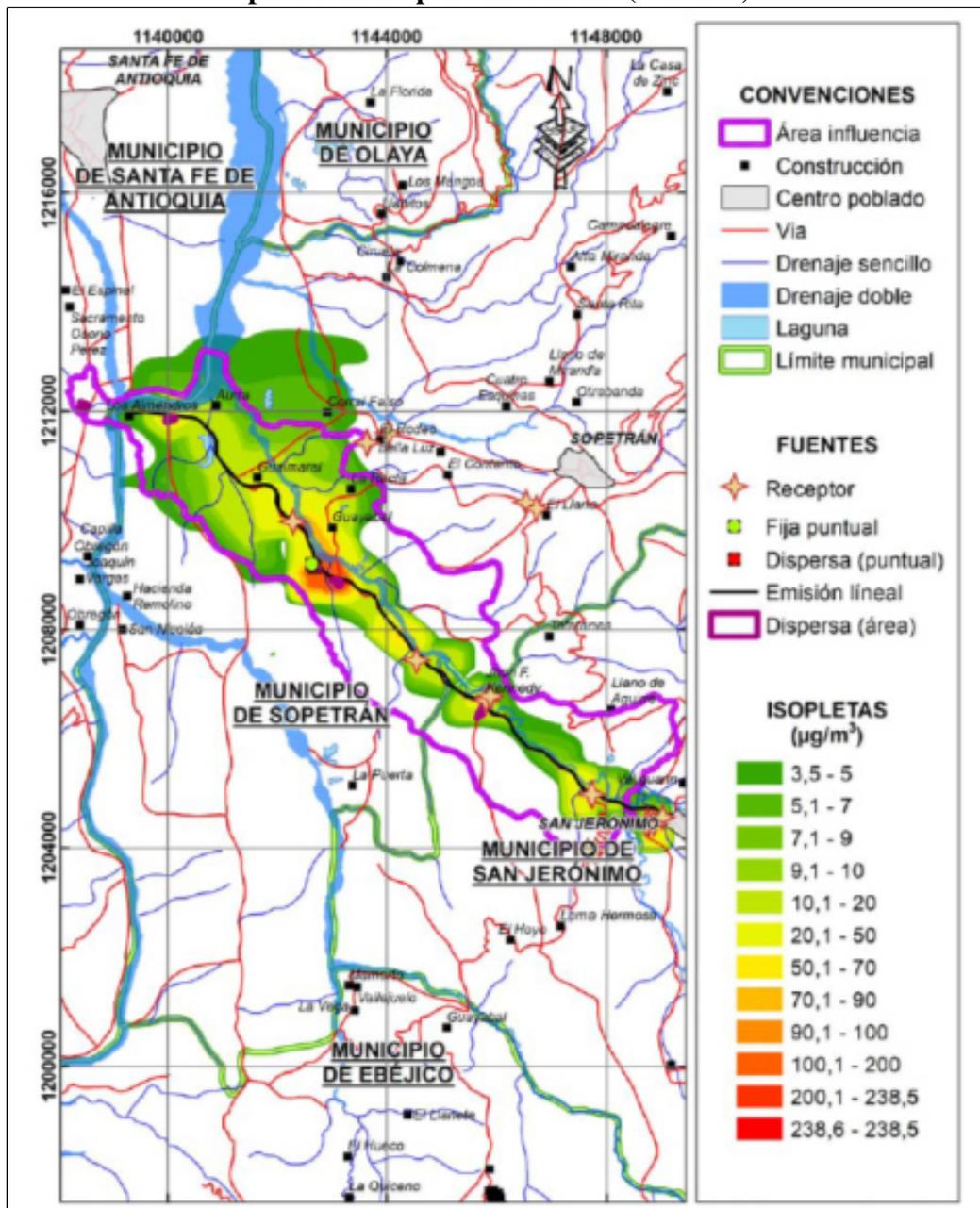
En la Figura 7-90 y Figura 7-91 se muestran las isopletras sobre el área de estudio, las cuales se encuentran en detalle en el Anexo 3. Información Cartográfica del informe de modelación contenido en el Anexo O. Demanda del presente estudio de impacto ambiental.

Figura 7-90. Isoplelas partículas suspendidas totales –PST para un tiempo de ponderación de 24 horas (Planta 2)



Fuente: ANASCOL, 2016.

Figura 7-91. Isopletras partículas suspendidas totales –PST para un tiempo de ponderación promedio anual (Planta 2)



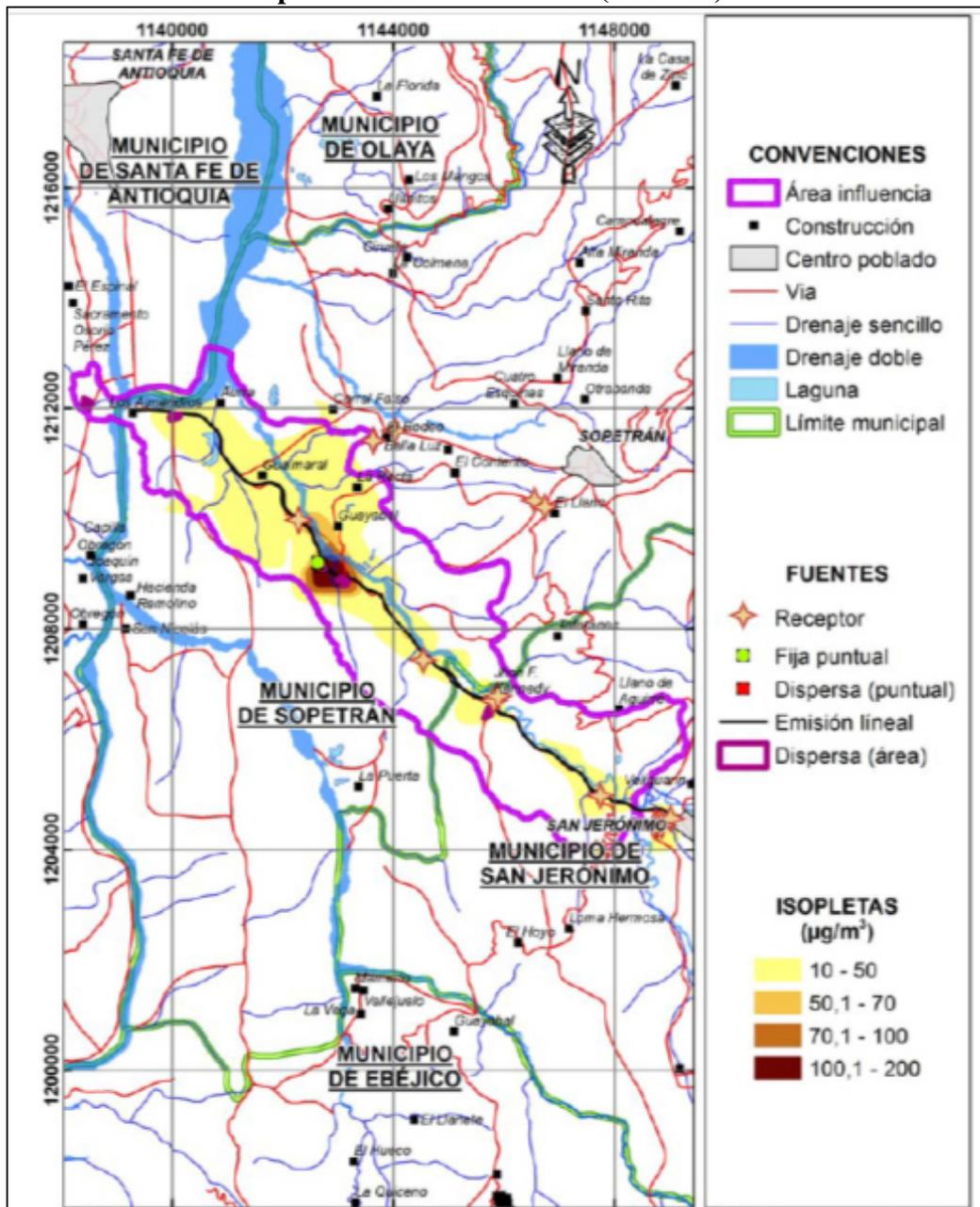
Fuente: ANASCOL, 2016.

En este estudio, el pico de concentración de material promedio 24 horas y anual se encuentra a 190 metros aproximadamente al suroriente de las instalaciones de la Planta 2, las concentraciones reportadas se encuentran en cercanía a la vía y el promedio anual excede los límites normativos establecidos en la resolución 610 de 2010.

7.6.3.3.2.1.2 Material particulado respirable –PM10

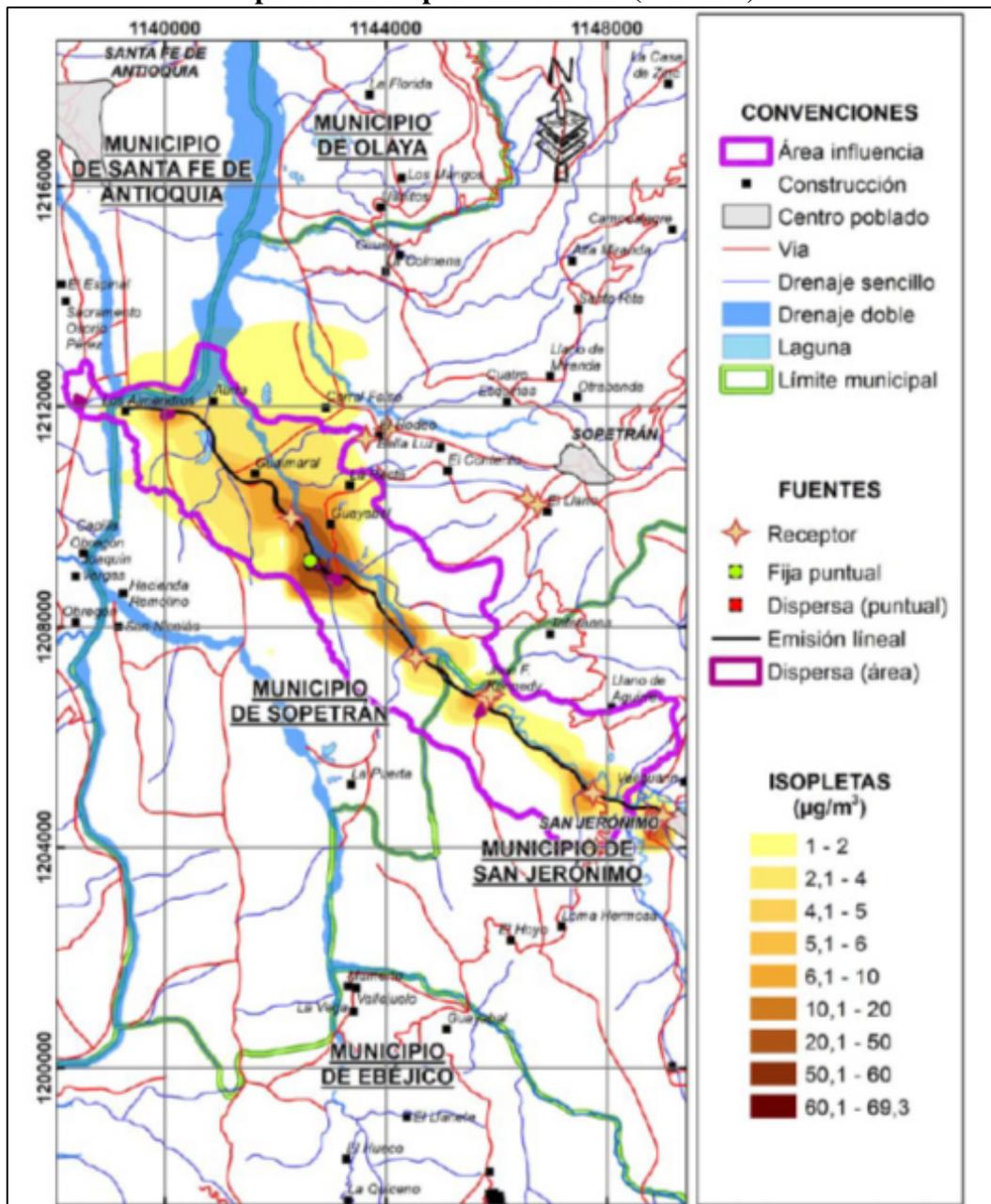
Las isopletras obtenidas para material particulado respirable se presentan en la Figura 7-92 y Figura 7-93.

Figura 7-92. Isopletras material particulado respirable PM10 para un tiempo de ponderación de 24 horas (Planta 2)



Fuente: ANASCOL, 2016.

Figura 7-93. Isopletas material particulado respirable PM10 para un tiempo de ponderación promedio anual (Planta 2)



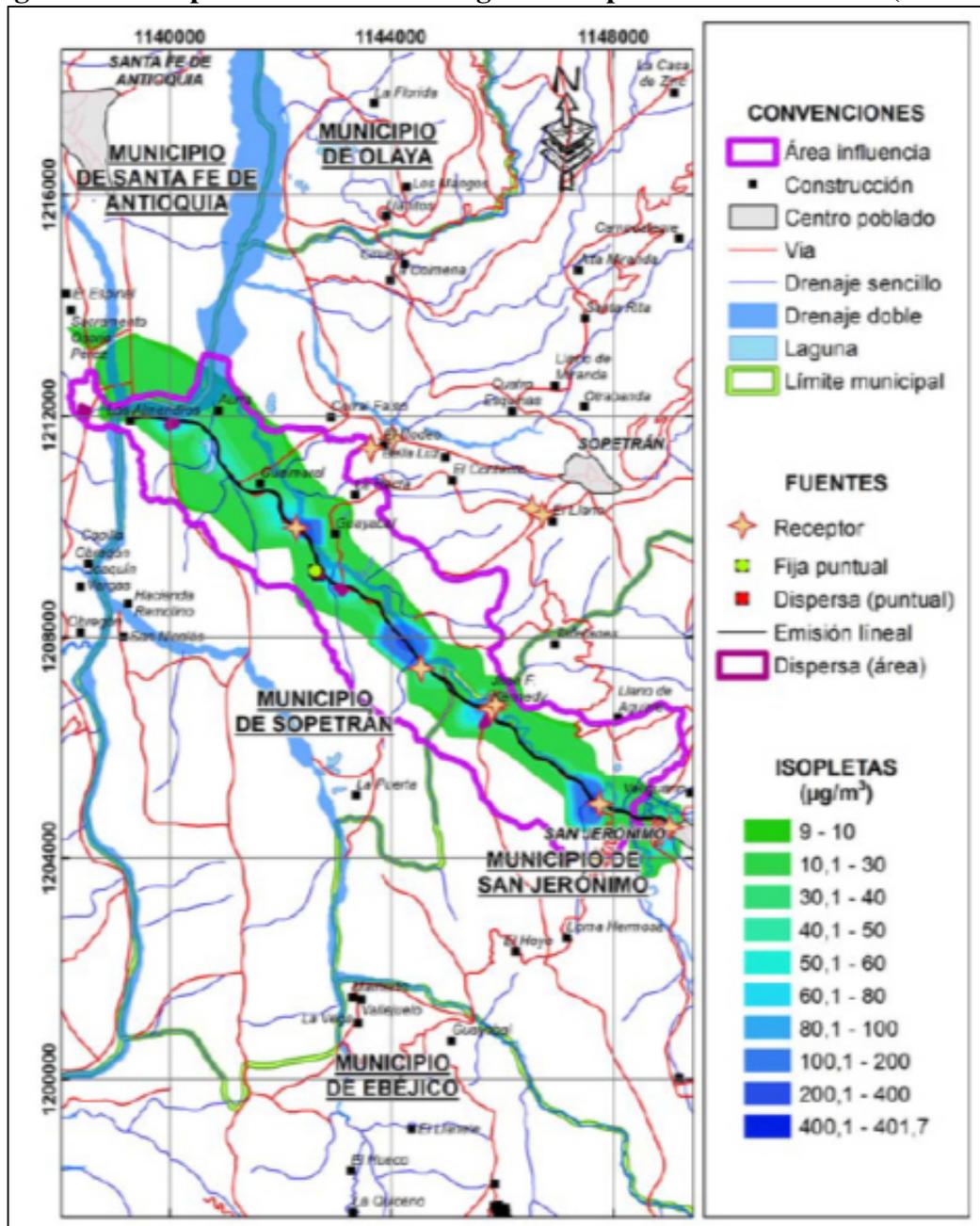
Fuente: ANASCOL, 2016.

De las anteriores figuras se resalta que el pico de concentración de material promedio 24 horas y anual se encuentra a 190 metros aproximadamente al suroriente de las instalaciones de la Planta 2, las concentraciones reportadas se encuentran en cercanía a la vía y el promedio anual excede los límites normativos establecidos en la resolución 610 de 2010.

7.6.3.3.2.1.3 Dióxido de Nitrógeno NO₂

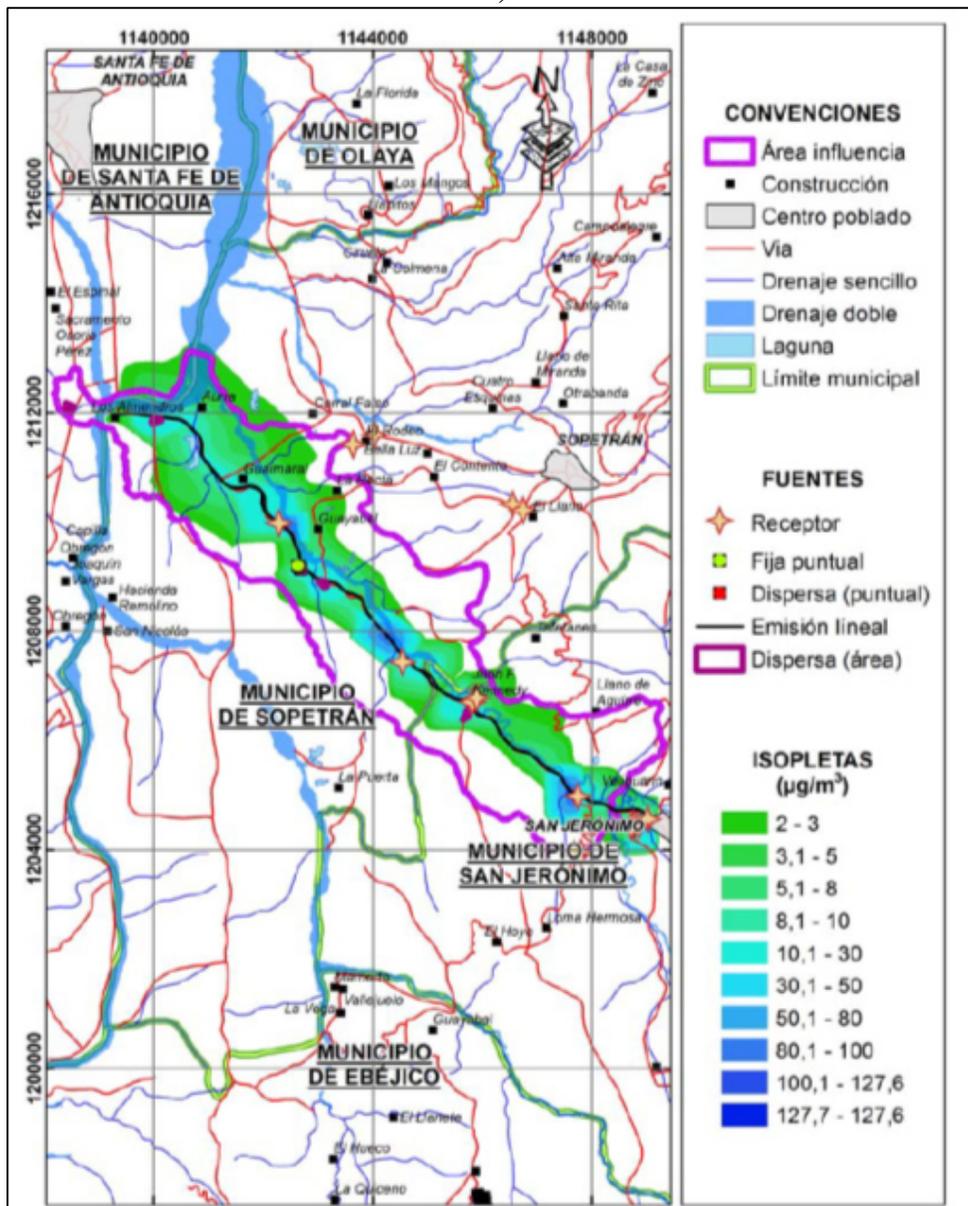
La modelación de dióxido de nitrógeno (NO₂) se puede observar en la Figura 7-94 y Figura 7-95.

Figura 7-94. Isopletas dióxido de nitrógeno NO₂ ponderación 24 horas (Planta 2)



Fuente: ANASCOL, 2016.

Figura 7-95. Isopletas dióxido de nitrógeno NO₂ ponderación promedio anual (Planta 2)



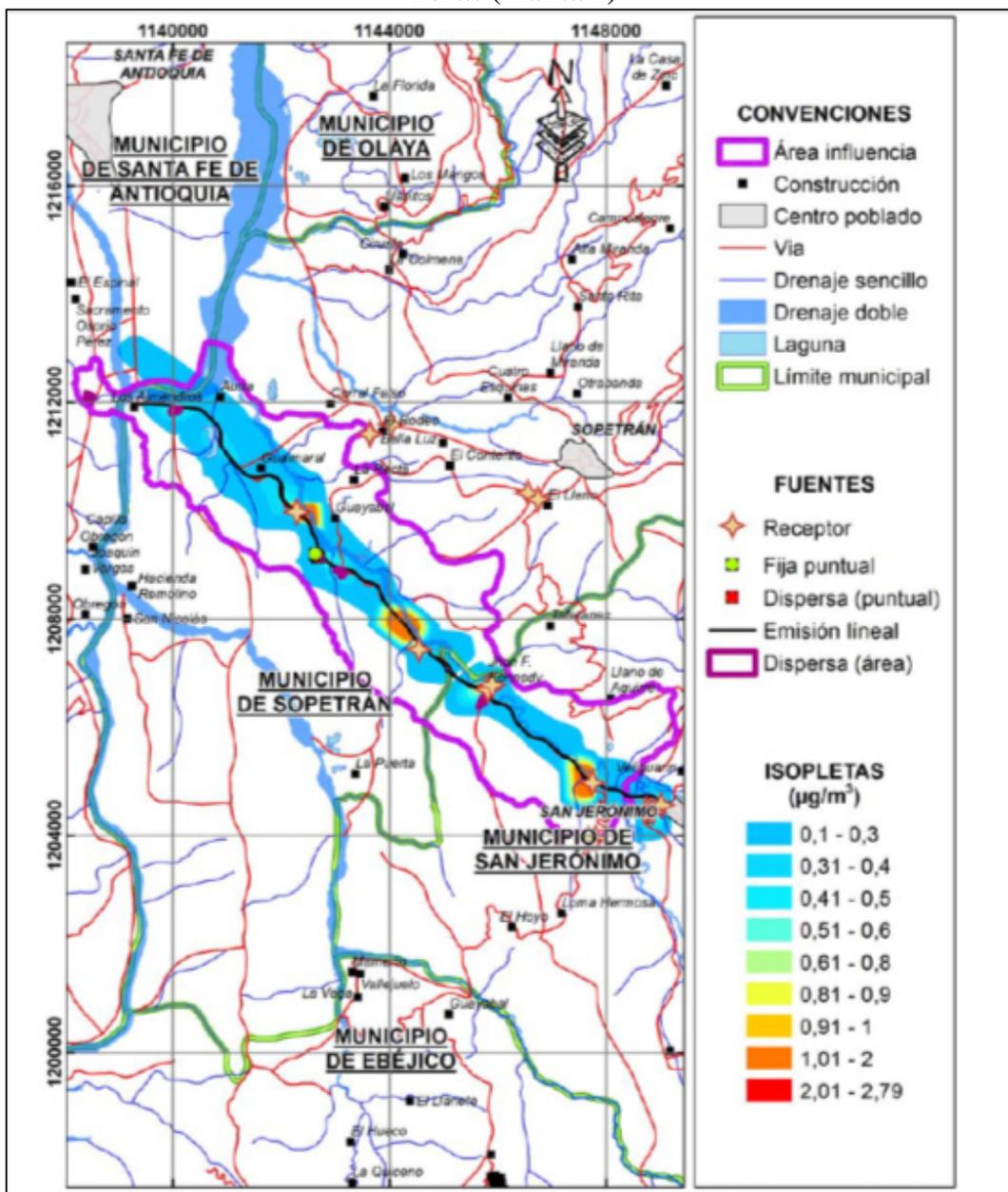
Fuente: ANASCOL, 2016.

Los picos de concentración máxima de dióxido de nitrógeno, exceden los límites normativos establecidos en la resolución 610 de 2010 para un promedio 24 horas y para periodo anual, sin embargo, dicho sobrepaso es identificado en un área cercana a la vía a una distancia aproximada de 950 metros al noroccidente de las instalaciones de la planta 2 dadas las condiciones topográficas de la zona la cual genera concentración de contaminantes en zonas de valle.

7.6.3.3.2.1.4 Dióxido de Azufre –SO₂

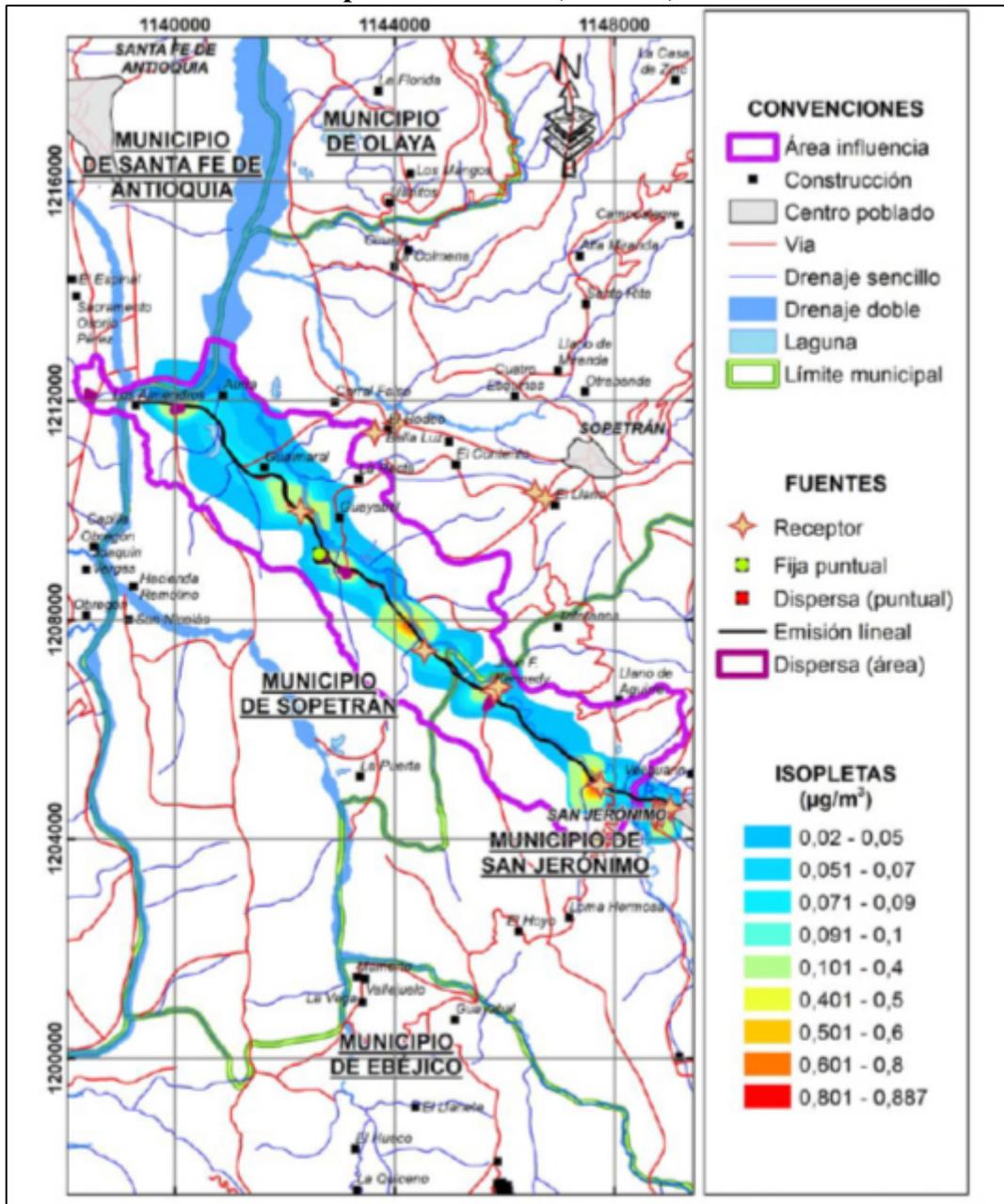
En la Figura 7-96 y Figura 7-97 se muestran las isopletras de la modelación del contaminante criterio dióxido de azufre con la información meteorológica horaria anual del modelo de pronóstico WRF.

Figura 7-96. Isopletras dióxido de azufre –SO₂ para un tiempo de ponderación de 24 horas (Planta 2)



Fuente: ANASCOL, 2016.

Figura 7-97. Isopleas dióxido de azufre –SO₂ para un tiempo de ponderación promedio anual (Planta 2)



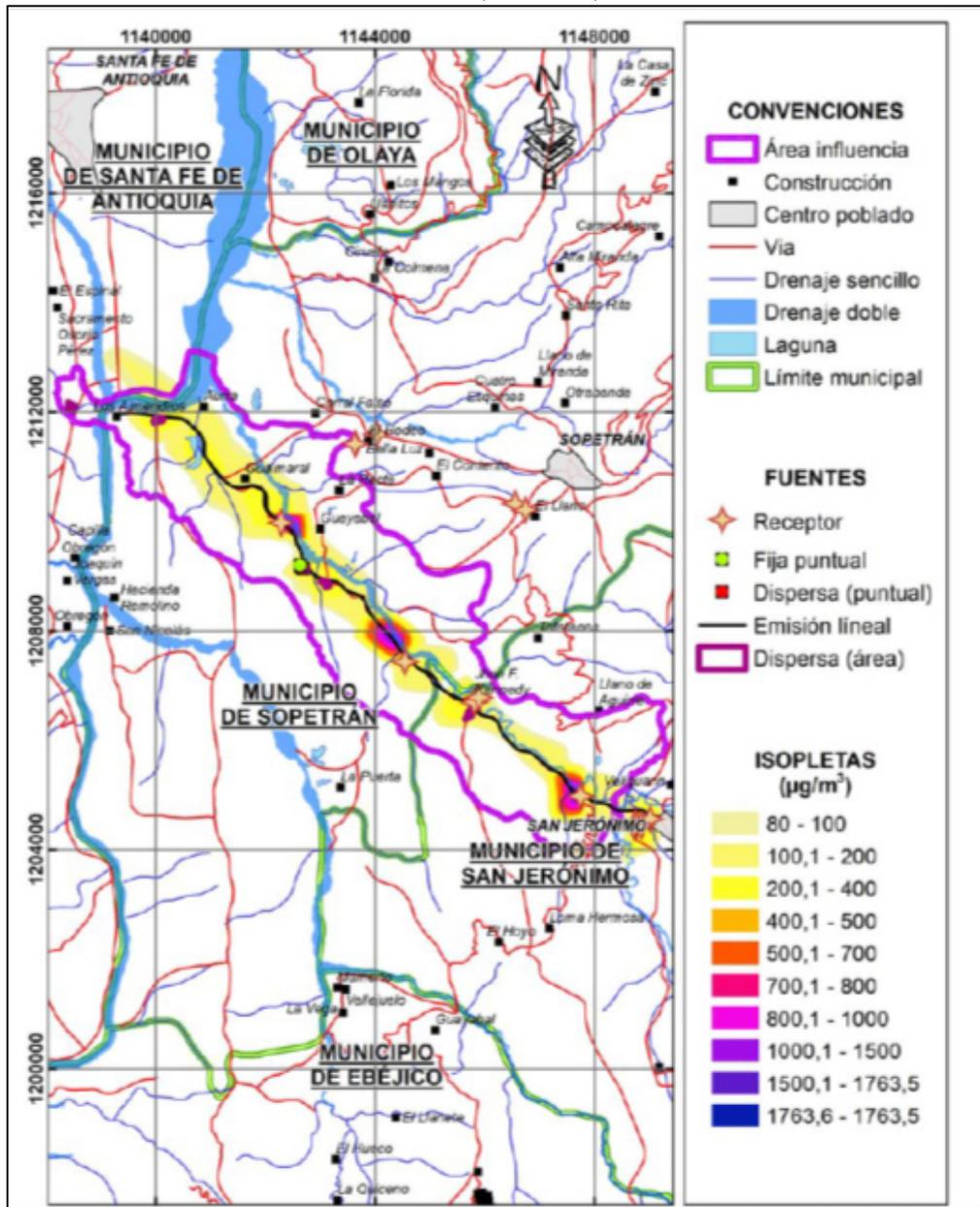
Fuente: ANASCOL, 2016.

De acuerdo con las anteriores figuras, en general se observan concentraciones bajas en relación a la normatividad (inferiores a 10 µg/m³). Al detallar el mapa de dispersión, se puede ver que la concentración sobre el área de estudio es baja y por tanto no existen concentraciones de interés que puedan trascender hasta receptores cercanos.

7.6.3.3.2.1.5 Monóxido de carbono –CO

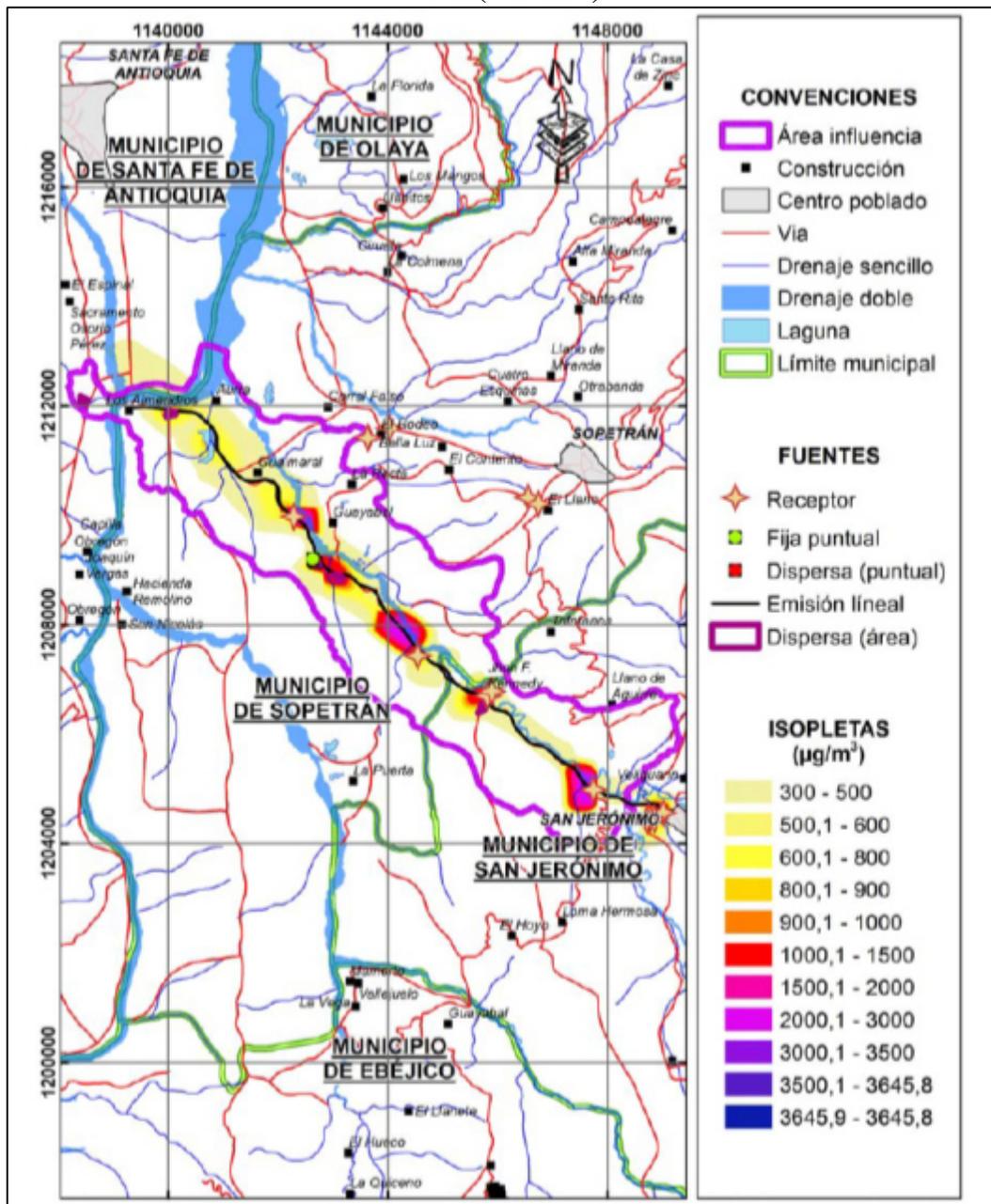
En la , se evidencian las isopletras de la modelación de dispersión del contaminante monóxido de carbono con la información meteorológica horaria anual del modelo de pronóstico WRF.

Figura 7-98. Isopletras monóxido de carbono –CO para un tiempo de ponderación de 8 horas (Planta 2)



Fuente: ANASCOL, 2016.

Figura 7-99. Isopletas monóxido de carbono –CO para un tiempo de ponderación 1 hora (Planta 2)



Fuente: ANASCOL, 2016.

De acuerdo con las anteriores figuras, en general se observan concentraciones bajas en relación a la normatividad ambiental. Al observar el mapa de dispersión se puede ver que la concentración sobre el área de influencia es baja y por lo tanto las concentraciones no trascienden a niveles significativos hasta los receptores cercanos. Se observan altas

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO – SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.3	

concentraciones comparadas con otros contaminantes debido al aporte vehicular; y se aprecia que para el escenario 24 horas la ubicación de la concentración máxima se presenta en el mismo lugar que para SO₂ y NO₂, en cuanto a la concentración horaria, esta se presenta a 6 Km al suroriente del área definida para la Planta 2.

7.6.3.3.2.2 Resultados para fuente de materiales

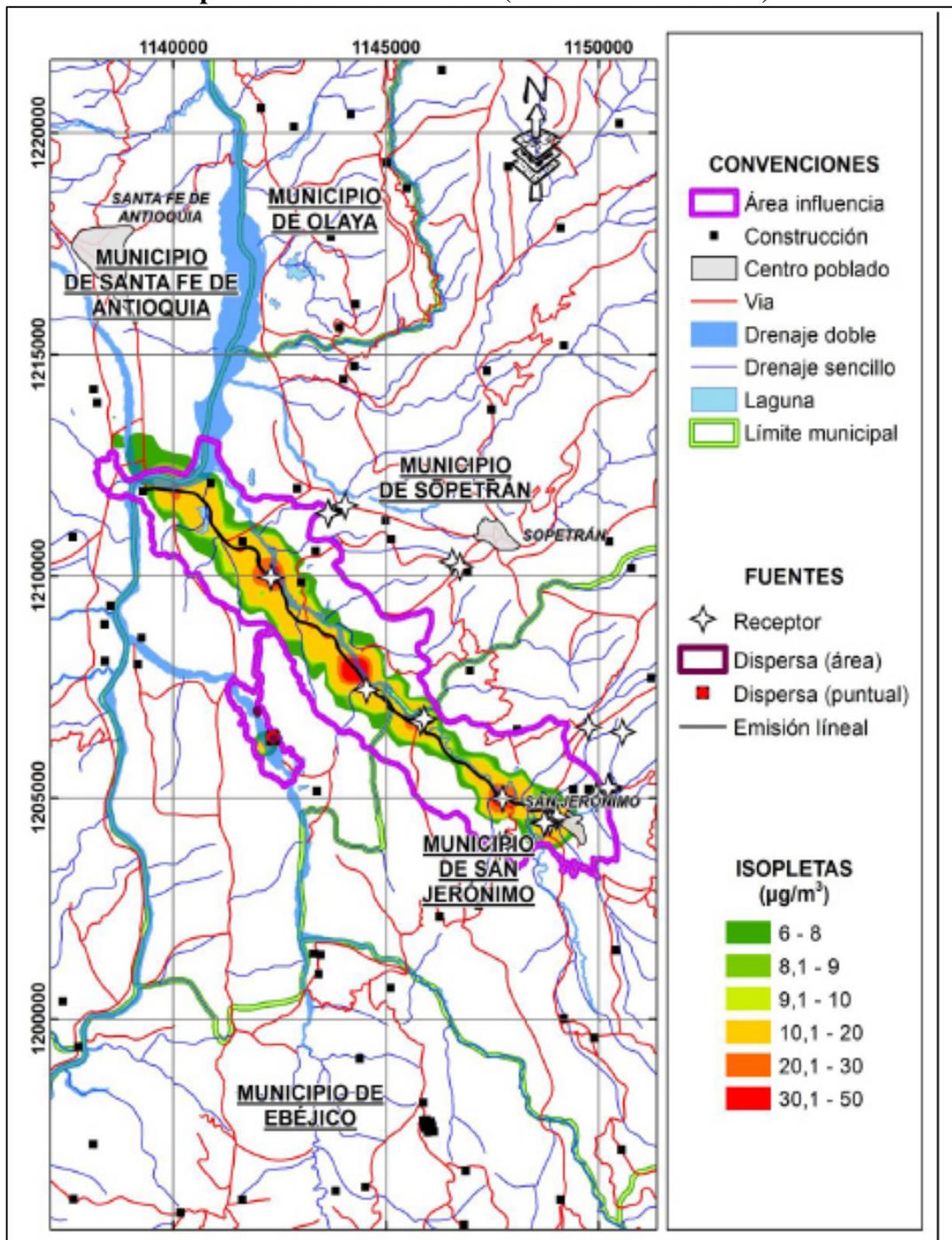
Se presentan los resultados del modelos en el escenario con respecto a la fuente de materiales, los resultados de concentración comparados con la norma son el resultados de corregir a condiciones de referencia los resultados de modelación presentadas en las tablas según los datos de temperatura y presión promedio de los datos meteorológicos incluidos en la modelación. El informe completo se encuentra en el Anexo O. Demanda del presente estudio de impacto ambiental.

7.6.3.3.2.2.1 Partículas suspendidas totales – PST

En la Figura 7-100 y Fuente: ANASCOL, 2016.

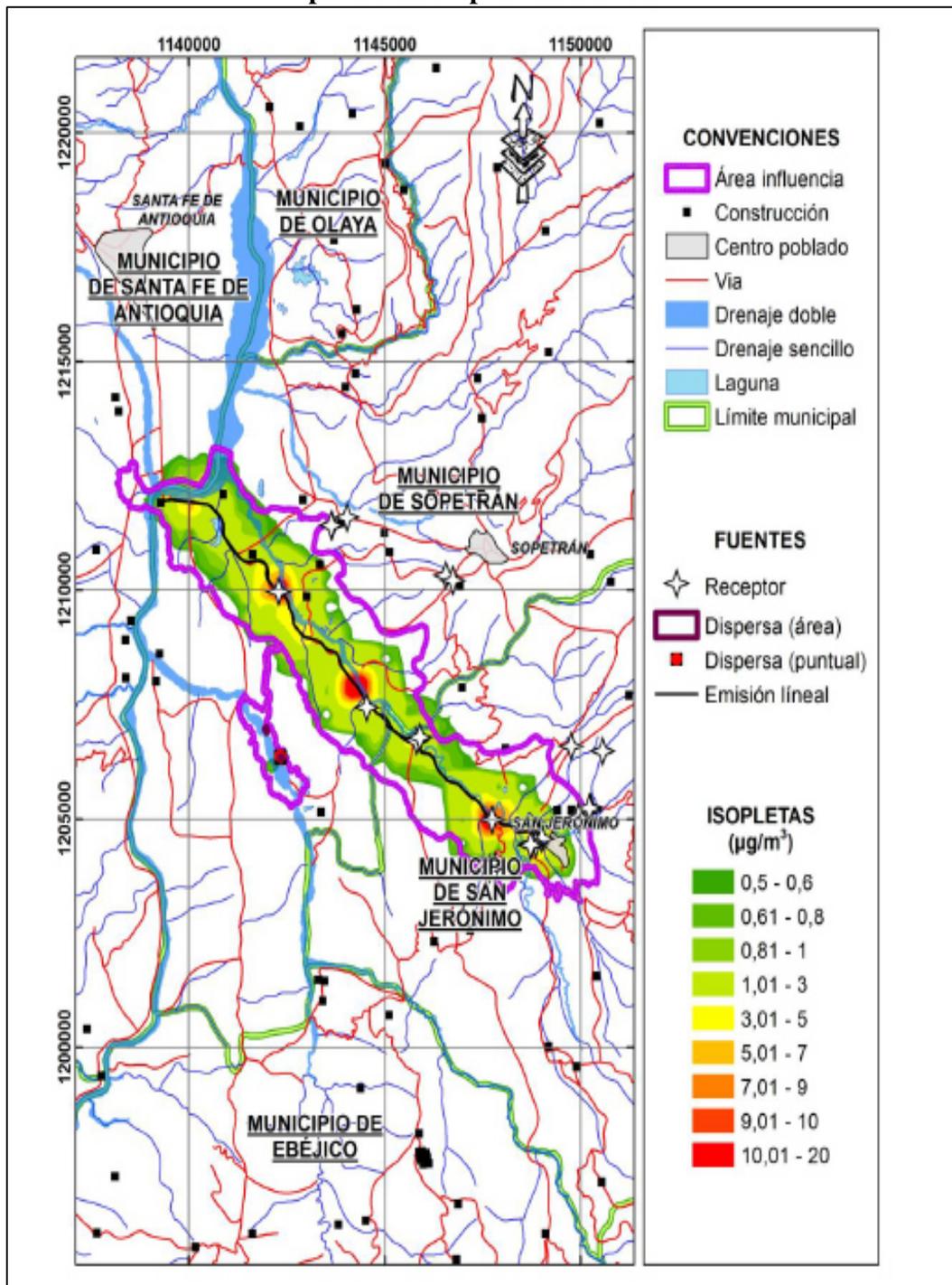
Figura 7-101 se muestran las isopletras sobre el área de estudio, las cuales se encuentran a detalle en el Anexo 3. Información cartográfica del informe de modelación contenido en el Anexo O. Demanda del presente estudio de impacto ambiental.

Figura 7-100. Isopletras partículas suspendidas totales – PST para un tiempo de ponderación de 24 horas (Fuente de materiales)



Fuente: ANASCOL, 2016.

Figura 7-101 Isopletas partículas suspendidas totales – PST para un tiempo de ponderación promedio anual



Fuente: ANASCOL, 2016.

 Agencia Nacional de Infraestructura	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO – SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	 Devimar SOMOS TU VÍA
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.3	

En este estudio, el pico de concentración de material promedio de 24 horas anual se encuentra a 2.4 km aproximadamente al nororiente de la fuente de material; las concentraciones reportadas se encuentran en cercanía a la vía y no exceden los límites normativos establecidos. A continuación en la Tabla 7-153 se observa la comparación de la concentración.

Tabla 7-153. Comparación de las concentraciones de la campaña de monitoreo PST con los resultados de la modelación

ESTACIÓN	GEORREFERENCIACION MAGNA SIRGAS BOGOTA OESTE		EVENTO MODELACIÓN	FECHA/ HORA*	CONCENTRACIÓN (µg/m ³)	
	Este	Norte			Modelo Ref	Monitoreo**
3. VIVERO	1142785	1208926	Promedio 24 horas	2015-11-18	10.7	97.5
4. LETRERO	1142260	1209806	Promedio 24 horas	2015-12-19	16.2	127.1
5. MONTA- LLANTAS	1143767	1208289	Promedio 24 horas	2015-12-19	19.5	108.2

* Fecha de máxima concentración durante el año modelado. ** Máximo valor diario reportado en la campaña de monitoreo.

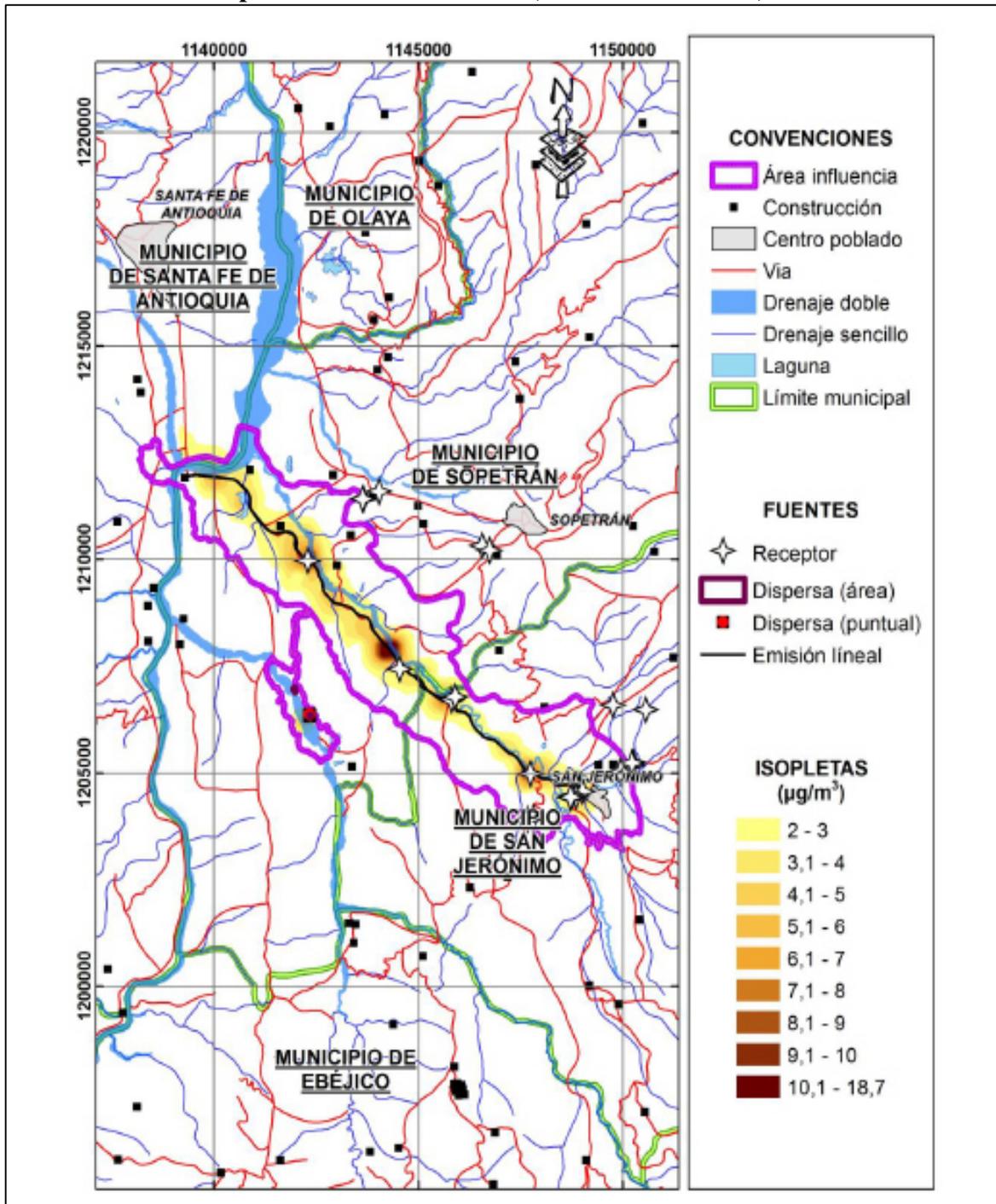
Fuente: ANASCOL, 2016.

De acuerdo con los resultados obtenidos, se aprecia que las concentraciones obtenidas de la modelación son mayores en las estaciones 3 y 4 y más bajas en la estación 5 lo que indica un potencial incremento de PST el cual no genera sobrepasos a los límites normativos establecidos en la resolución 610 de 2010 de MAVTD.

7.6.3.3.2.2.2 Material particulado respirable – PM10

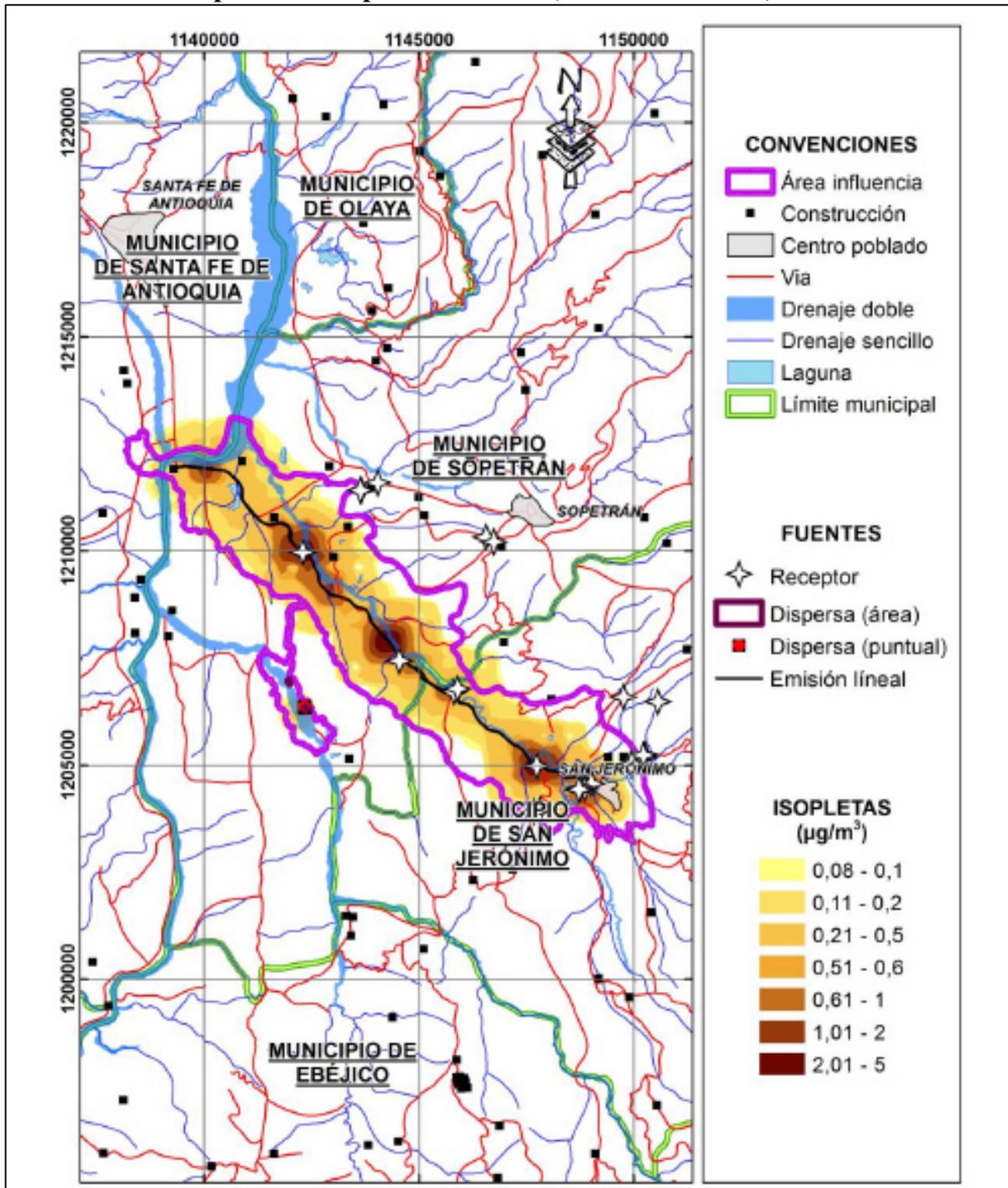
Las isoplethas obtenidas de la modelación para material particulado respirable se presentan en la Figura 7-102 y Figura 7-103.

Figura 7-102 Isopletas material particulado respirable PM10 para un tiempo de ponderación de 24 horas (Fuente de material)



Fuente: ANASCOL, 2016.

Figura 7-103 Isopletas material particulado respirable PM10 para un tiempo de ponderación promedio anual (fuente de material)



Fuente: ANASCOL, 2016.

 Agencia Nacional de Infraestructura	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO – SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	 Devimar SOMOS TU VÍA
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.3	

En el estudio se observó que el pico de concentración de material promedio 24 horas y anual se encuentra a 2.5 km aproximadamente al nororiente de la fuente de material, las cuales no exceden los límites normativos. A continuación en la se muestra la comparación de los valores modelados con los reportes de las estaciones de monitoreo.

Tabla 7-154 Comparación de las concentraciones de la campaña de monitoreo PM10 con los resultados de la modelación

ESTACIÓN	GEORREFERENCIACION MAGNA SIRGAS BOGOTA OESTE		EVENTO MODELACIÓN	FECHA/ HORA*	CONCENTRACIÓN (µg/m³)	
	Este	Norte			Modelo Ref	Monitoreo**
3. VIVERO	1142785	1208928	Promedio 24 horas	2015-11-18	2.8	58.9
4. LETRERO	1142280	1209808	Promedio 24 horas	2015-12-19	4.3	24.9
5. MONTA- LLANTAS	1143787	1208289	Promedio 24 horas	2015-12-19	5.1	41.4

* Fecha de máxima concentración durante el año modelado. ** Máximo valor diario reportado en la campaña de monitoreo.

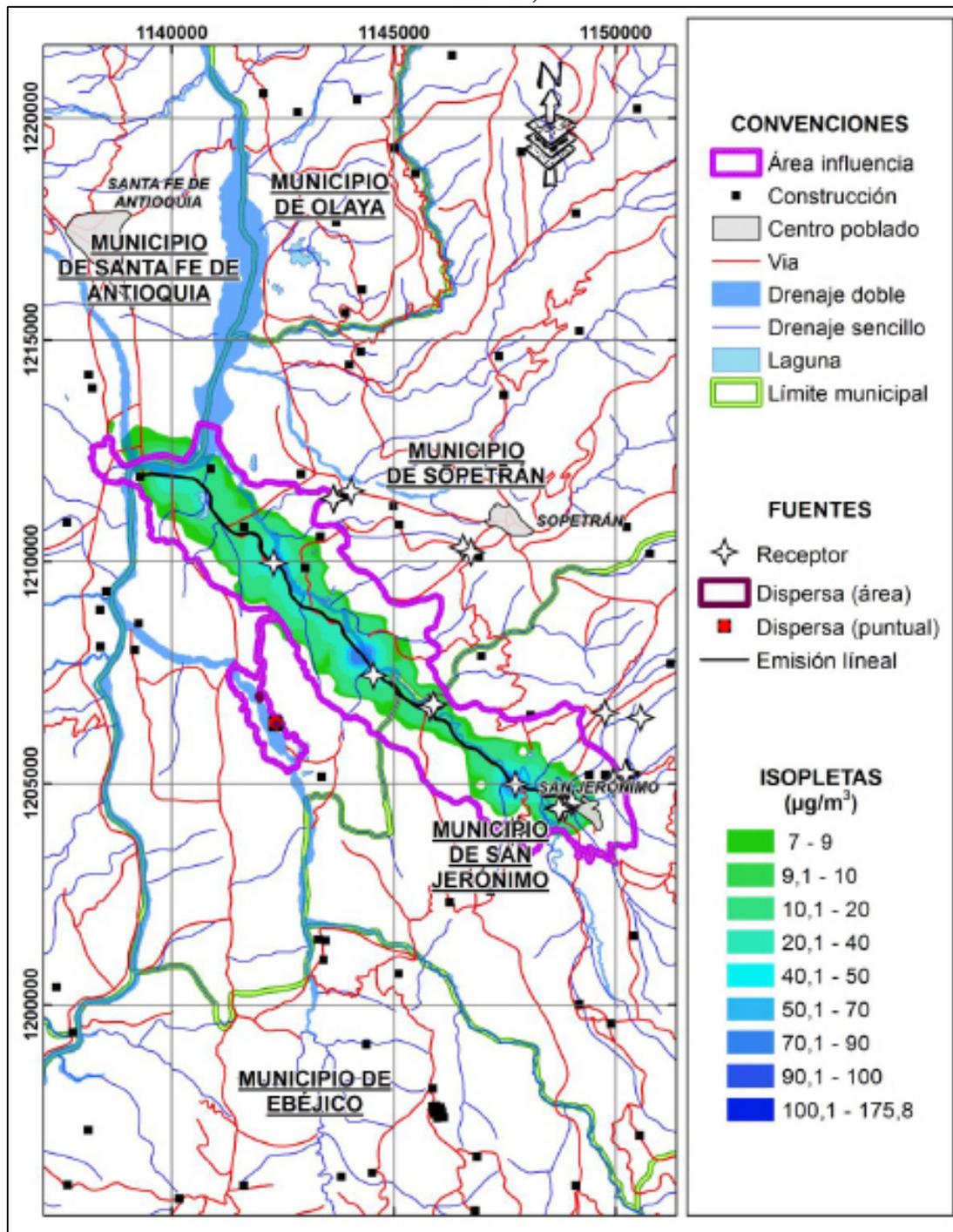
Fuente: ANASCOL, 2016.

De acuerdo con los resultados obtenidos, se obtiene que las concentraciones de la modelación son menores en relación a las obtenidas por el monitoreo lo que indica una leve alteración a las concentraciones actuales reportadas por el monitoreo de calidad de aire y que no generaran sobrepaso a los límites normativos establecidos en la resolución de 610 de 2010 del MAVDT.

7.6.3.3.2.2.3 Dióxido de Nitrógeno NO₂

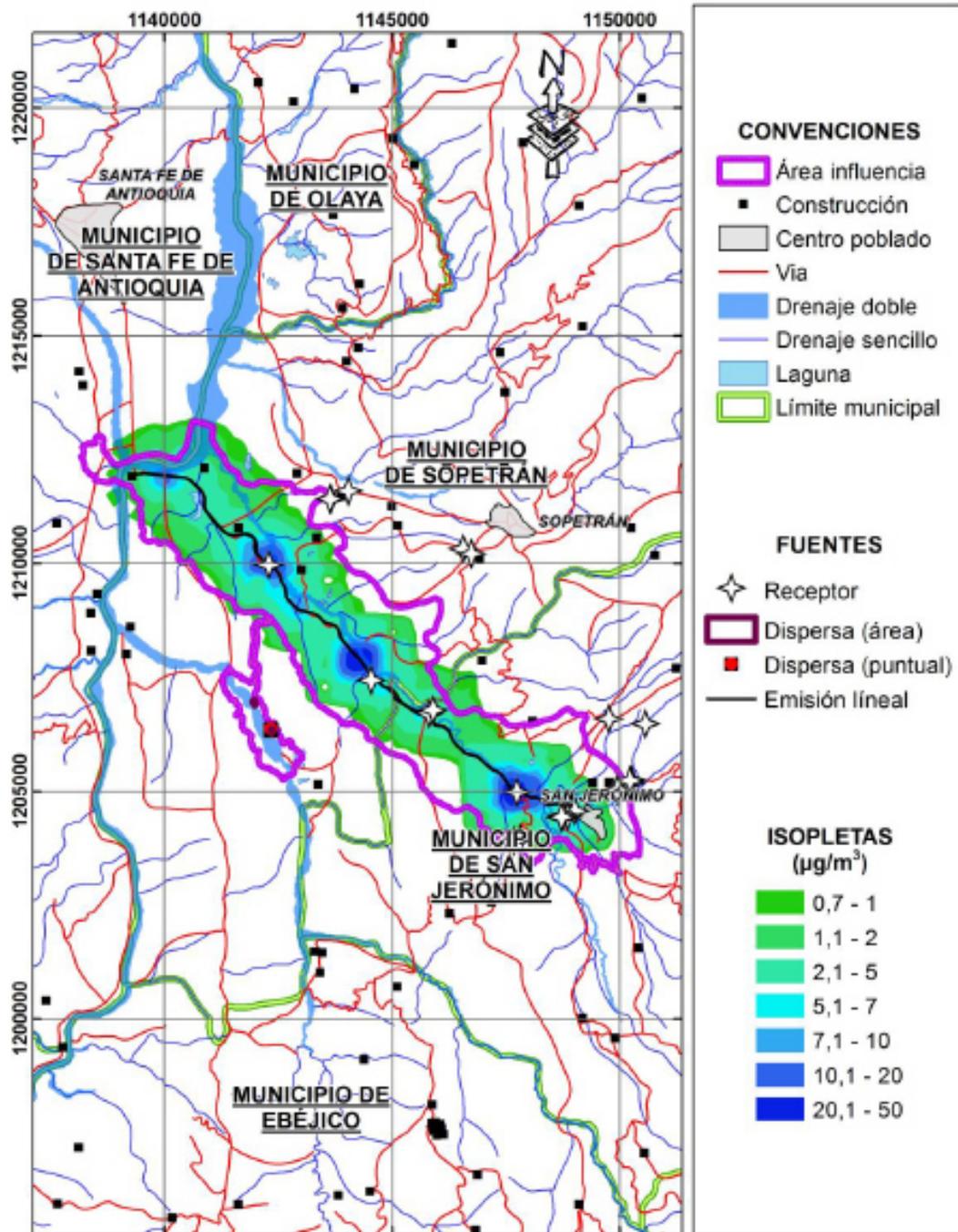
La modelación de dióxido de nitrógeno (NO₂) se puede observar en la Figura 7-104 y Figura 7-105, donde se muestran las isopletas sobre el área del estudio.

Figura 7-104 Isopletas dióxido de nitrógeno NO₂ ponderación 24 horas (fuente de material)



Fuente: ANASCOL, 2016.

Figura 7-105 Isopletas dióxido de nitrógeno NO₂ ponderación promedio anual (Fuente de materiales)



Fuente: ANASCOL, 2016.

 Agencia Nacional de Infraestructura	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO – SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	 Devimar SOMOS TU VÍA
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.3	

Se puede observar que los picos de concentración máxima exceden los límites normativos establecidos para 24 horas sin embargo, dicho sobrepaso es identificado en un área cercana a la vía a una distancia aproximada de 5.6 km al suroriente de la fuente de material dadas las condiciones topográficas de la zona la cual genera concentración de contaminantes en zonas valle.

A continuación en la Tabla 7-155 se aprecia los resultados de las concentraciones obtenidas de la modelación las cuales son mayores al compararlas con las concentraciones del monitoreo de calidad del aire, las cuales a su vez son comparadas con la normatividad ambiental por lo que infiere que el potencial aporte de las emisiones generadas de los vehículos de la vida existente para el proyecto bajo el escenario considerado, finalmente no superan los límites normativos.

Tabla 7-155. Comparación de las concentraciones de la campaña de monitoreo NO₂ con los resultados de la modelación

ESTACIÓN	GEORREFERENCIACION MAGNA SIRGAS BOGOTA OESTE		EVENTO MODELACIÓN	FECHA / HORA*	CONCENTRACIÓN (µg/m ³)	
	Este	Norte			Modelo Ref	Monitoreo**
3. VIVERO	1142785	1208926	Promedio 24 horas	2015-11-06	18.7	0.8
4. LETRERO	1142260	1208806	Promedio 24 horas	2015-12-19	21.8	0.8
5. MONTA-LLANTAS	1143767	1208289	Promedio 24 horas	2015-12-19	26.5	0.3

* Fecha de máxima concentración durante el año modelado. ** Máximo valor diario reportado en la campaña de monitoreo.

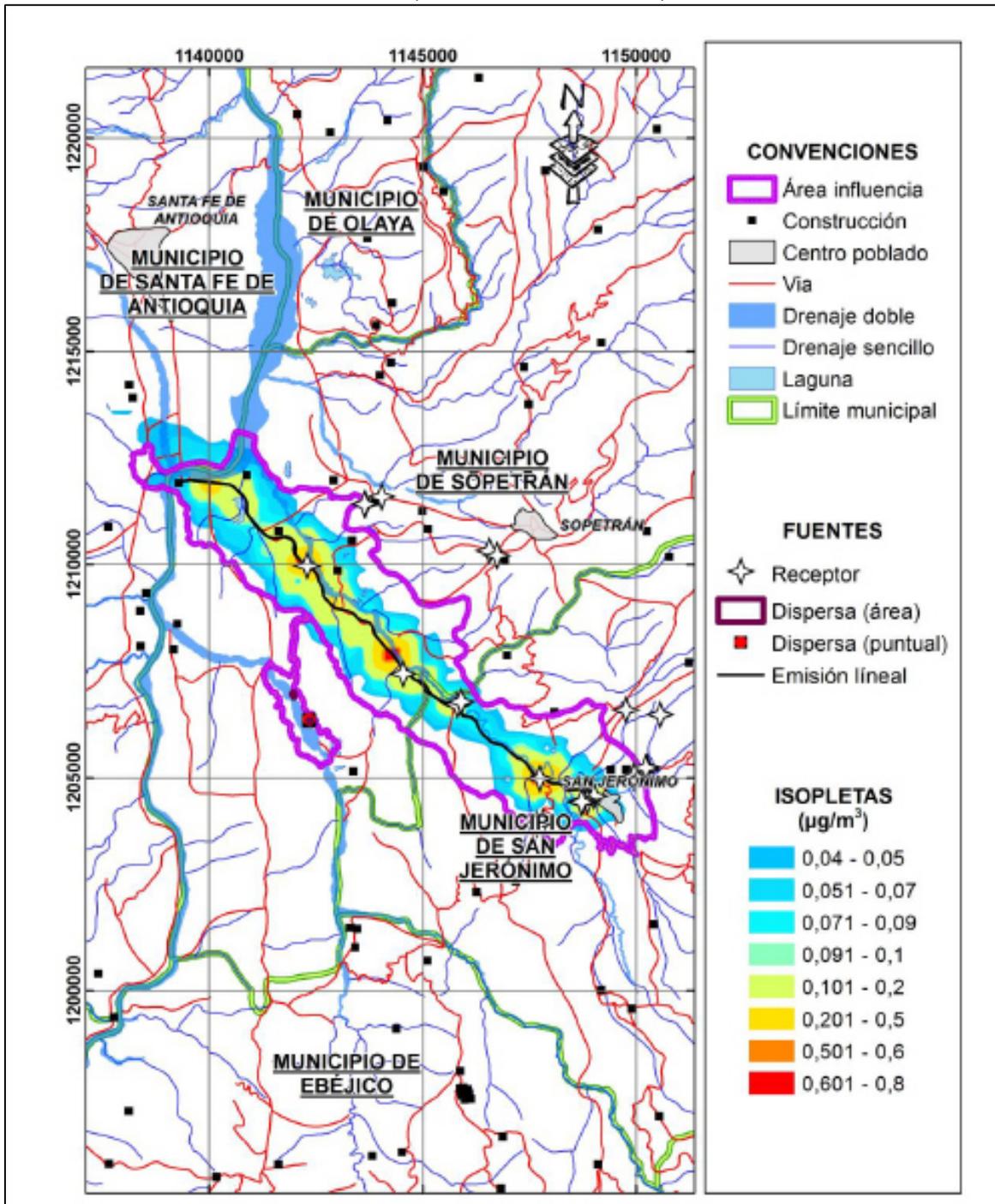
Fuente: ANASCOL, 2016.

7.6.3.3.2.2.4 Dioxido de Azufre – SO₂

En la Figura 7-106 y Fuente: ANASCOL, 2016.

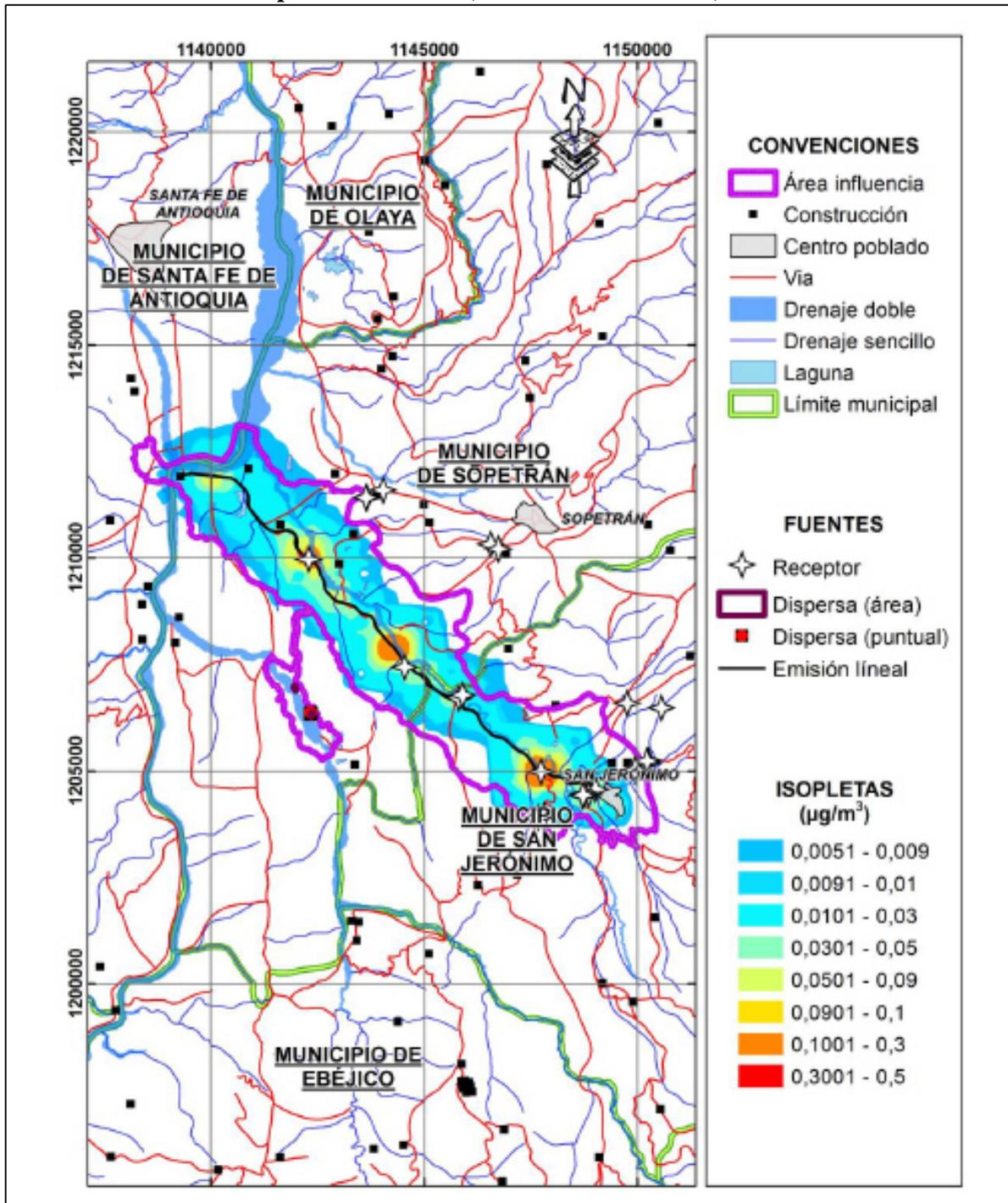
Figura 7-107 se muestran las isopletras de la modelación del contaminantes criterio dióxido de azufre con la información meteorológica horaria anual del modelo pronostico WRF.

Figura 7-106 Isopletas dióxido de azufre – SO₂ para un tiempo de ponderación de 24 horas (Fuente de materiales)



Fuente: ANASCOL, 2016.

Figura 7-107 Isopletas dióxidos de azufre –SO₂ para un tiempo de ponderación promedio anual (Fuente de materiales)



Fuente: ANASCOL, 2016.

 Agencia Nacional de Infraestructura	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO – SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	 Devimar SOMOS TU VÍA
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.3	

De acuerdo con los resultados obtenidos (Tabla 7-156) se aprecia que las concentraciones obtenidas de la modelación son bajas comparadas con las concentraciones del monitoreo de calidad de aire, por lo que se infiere al potencial aporte de las emisiones generadas por las actividades de los vehículos en la vía.

Tabla 7-156 Comparación de la concentraciones de la campaña de monitoreo de SO₂ con los resultados de la modelación

ESTACIÓN	GEORREFERENCIACION MAGNA SIRGAS BOGOTA OESTE		EVENTO MODELACIÓN	FECHA/ HORA*	CONCENTRACIÓN (µg/m ³)	
	Este	Norte			Modelo Ref	Monitoreo**
3. VIVERO	1142785	1208928	Promedio 24 horas	2015-11-08	0.1	19.3
4. LETRERO	1142260	1209808	Promedio 24 horas	2015-12-19	0.2	5.4
5. MONTA- LLANTAS	1143767	1208289	Promedio 24 horas	2015-12-19	0.2	17.7

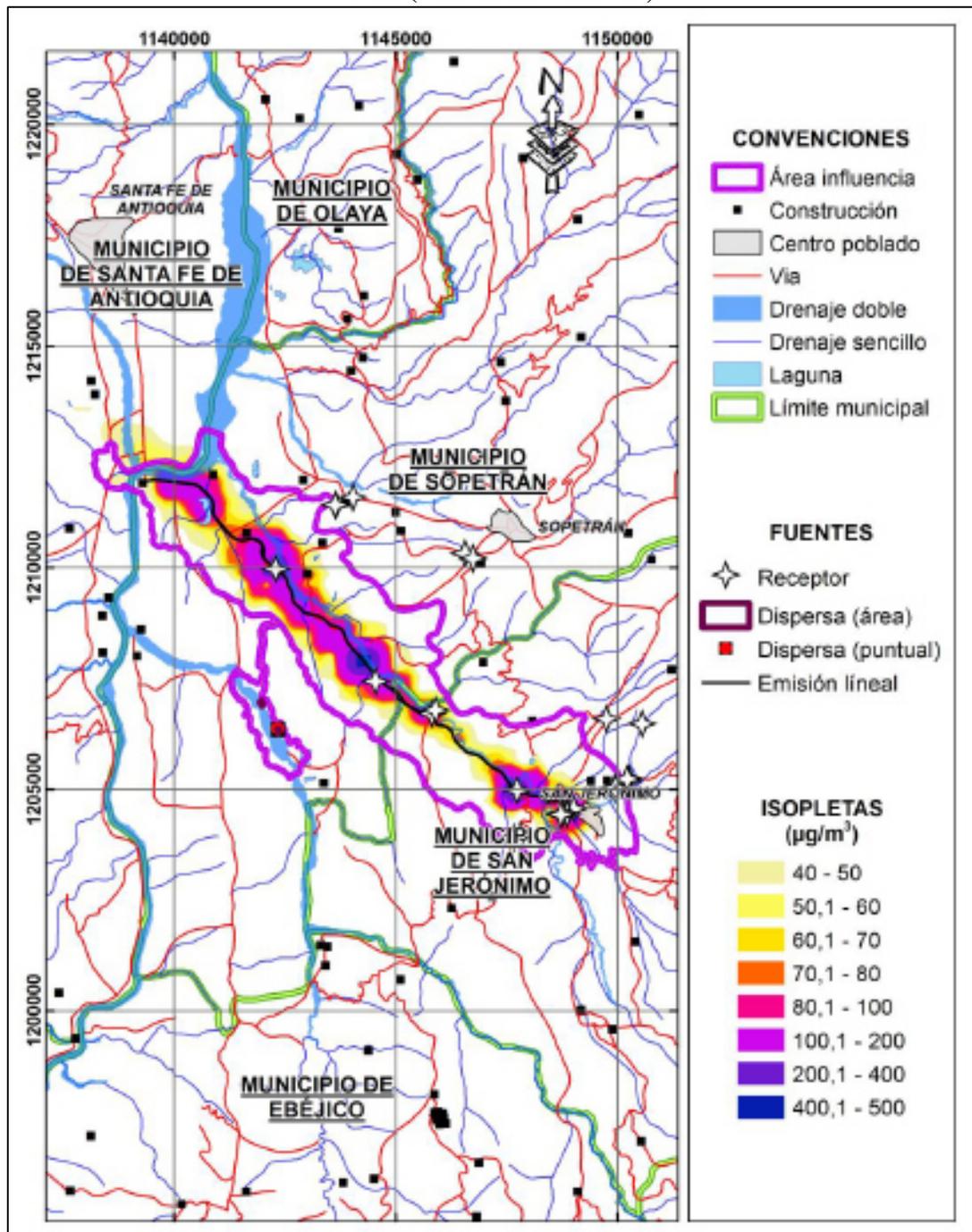
* Fecha de máxima concentración durante el año modelado. ** Máximo valor diario reportado en la campaña de monitoreo.

Fuente: ANASCOL, 2016.

7.6.3.3.2.2.5 Monóxido de carbono – CO

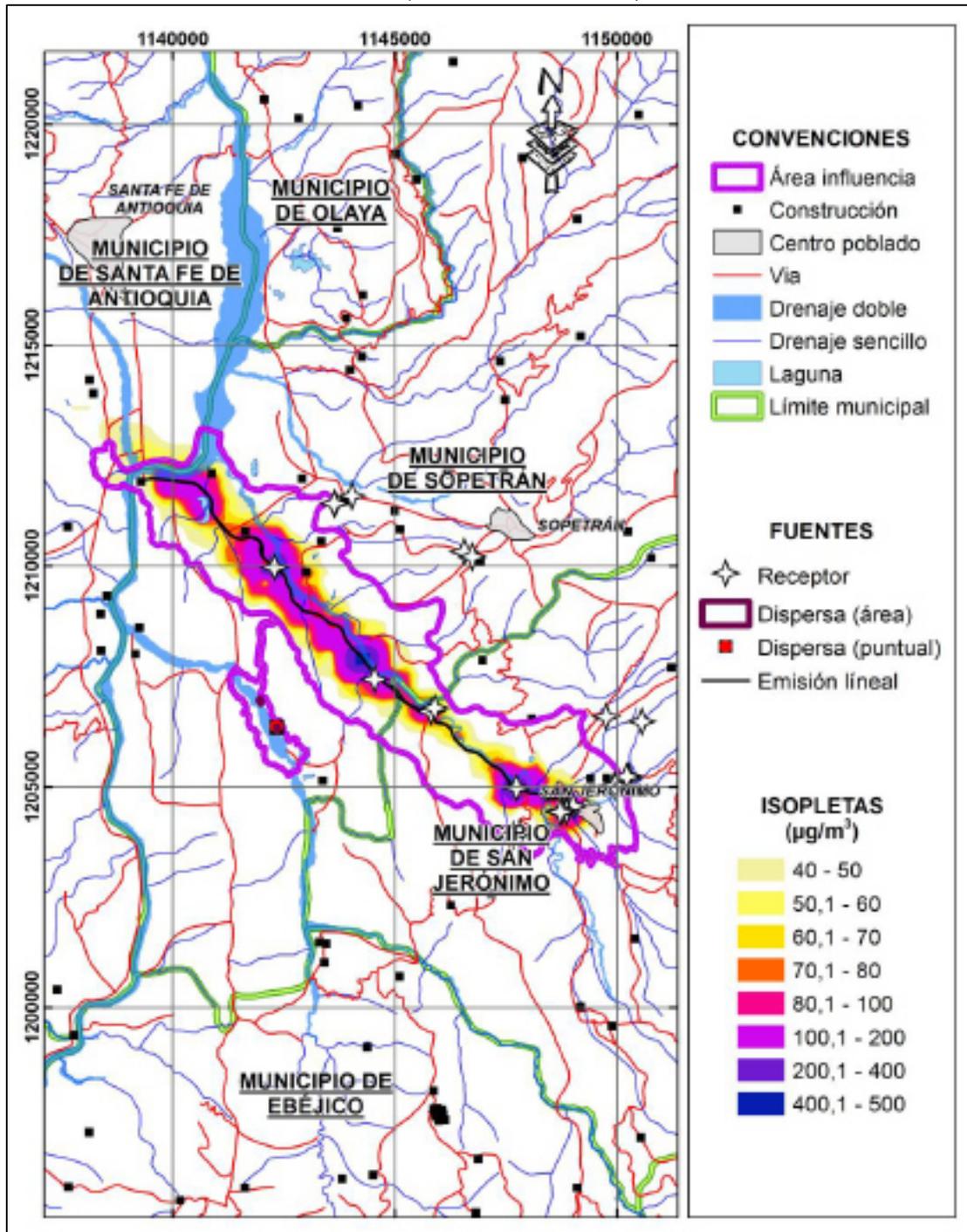
En la Figura 7-108 y Figura 7-109 se muestran las isopletras de la modelación de dispersión del contaminante monóxido de carbono, con la información meteorológica horaria anual del modelo de pronóstico WRF.

Figura 7-108 Isopletas monóxido de carbono – CO para un tiempo de ponderación 8 horas (Fuente de material)



Fuente: ANASCOL, 2016.

Figura 7-109 Isopletas monóxido de carbono –CO para un tiempo de ponderación 1 hora (Fuente de material)



Fuente: ANASCOL, 2016.

De acuerdo a las figuras anteriores se observaron concentraciones bajas en relación a la normatividad ambiental. En la Tabla 7-157 se aprecia que las concentraciones obtenidas de la modelación son bajas comparadas con las concentraciones del monitoreo de calidad de aire, por lo que se infiere que el potencial aporte de las emisiones generadas por las actividades de los vehículos de la vía existente bajo el escenario considerado no superarían los límites normativos establecidos en la resolución 610 de 2010 del MAVDT.

Tabla 7-157 Comparación de las concentraciones de la campaña de monitoreo CO con los resultados de la modelación.

ESTACIÓN	GEORREFERENCIACION MAGNA SIRGAS BOGOTA OESTE		EVENTO MODELACIÓN	FECHA/ HORA*	CONCENTRACIÓN (µg/m³)	
	Este	Norte			Modelo Ref	Monitoreo**
3. VIVERO	1142785	1208928	1 hora	2015-11-18 7:00	528.5	<1230
4. LETRERO	1142280	1209808	1 hora	2015-12-19 7:00	753.3	<1230
5. MONTA- LLANTAS	1143787	1208289	1 hora	2015-12-19 7:00	919.6	<1230

* Fecha de máxima concentración durante el año modelado. ** Valor horario reportado en la campaña de monitoreo.

Fuente: ANASCOL, 2016.

7.6.3.3.3 Conclusiones

A continuación se presentan las conclusiones obtenidas para cada una de las modelaciones desarrolladas.

7.6.3.3.3.1 Modelo de dispersión Planta 2

La modelación realizada con diferentes tiempos de ponderación con datos meteorológicos provenientes de un modelo de pronóstico WRF, arrojaron como resultado concentraciones por encima de la norma para los contaminantes PST-PM10 (24 horas y anual) y NO₂ (24 horas y anual), para el caso de SO₂ (24 horas y anual) y CO (1 hora y 8 horas) no se presenta sobrepaso; es por esto que, se infiere afectación al entorno durante el periodo anual modelado. Así mismo, se identificaron las mayores áreas de concentración de gases a 950 metros al noroccidente del área denominada Planta 2 y las mayores concentraciones de partículas a 150 metros al suroriente bajo el alcance y suposiciones del modelo realizado.

Un mayor detalle de los resultados obtenidos en el modelo puede consultarse en el informe presentado por el laboratorio y que se incluye en el Anexo O. Demanda del presente estudio de impacto ambiental.

	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO – SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.3	

7.6.3.3.2 Modelo de dispersión Planta de trituración (Fuente de materiales)

Para el modelo de dispersión se empleó el software AERMOD VIEW, que calcula la dispersión por medio de un modelo gaussiano, ya que las características de las fuentes de emisión de la zona de estudio pueden adecuarse a las condiciones requeridas por el software. Se realizó un escenario de modelación donde es posible pronosticar los focos de mayores concentraciones de contaminantes durante las actividades de tránsito y operación de la planta.

Se presentaron concentraciones por encima de la norma para los contaminantes evaluados PST-PM10 (24 horas y anual), NO₂ (24h y anual) y no presenta sobrepaso para SO₂ (24 horas y anual) y CO (1 horas y 8 horas), por lo cual se infiere que hay afectación al entorno durante el periodo anual modelado, así mismo se identificaron las mayores áreas de concentración de partículas a 2.5 km al noroccidente y se gases a 5.6 km al sur occidente de la fuente de materiales.

7.7 MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

El desarrollo del proyecto requerirá la utilización de materiales de construcción para la conformación de sub-bases, bases y rellenos, para la construcción de estructuras, para la preparación de algunos concretos y morteros, y obras en general; cuyas cantidades fueron indicadas en el Capítulo 3 (Descripción del Proyecto) del presente estudio de impacto ambiental.

Para el caso del proyecto, se tiene prevista la adquisición de materiales de canteras o sitios de extracción aluvial operados por terceros que cuenten con autorización minera y licencia ambiental vigentes o, la explotación directa de materiales de arrastre. Como complemento a la primera opción expuesta, en la Tabla 7-158 se relacionan algunas fuentes de material cercanas a las áreas del proyecto que conforman la unidad funcional 2.1 que de acuerdo a la información suministrada por CORANTIOQUIA a través de comunicado del 15 de marzo de 2016 (referencia: 160HX-1603-108) en la actualidad cuentan con las autorizaciones de ley para el suministro de materiales. Es de mencionar que la adquisición de los materiales no queda limitada a las fuentes relacionadas, y el mismo podrá obtenerse de cualquier otro sitio que no hubiese sido identificado en el presente estudio, siempre que cuente con la totalidad de autorizaciones de ley.

Para el caso de la explotación directa de materiales, en atención al requerimiento 14 efectuado por la ANLA dentro del proceso de licenciamiento ambiental del proyecto, en el Anexo O. DEMANDA /3. FUENTE DE MATERIALES se presenta la información establecida en los términos de referencia (Resolución 751 de 2015-numeral 7.7.2 *Explotación de materiales de arrastre de cauces o lechos de corrientes o depósitos de agua*) para el área considera para la explotación de materiales de arrastre, la cual se localiza sobre la Quebrada La Seca, a la altura del municipio de Sopetrán. (Ver

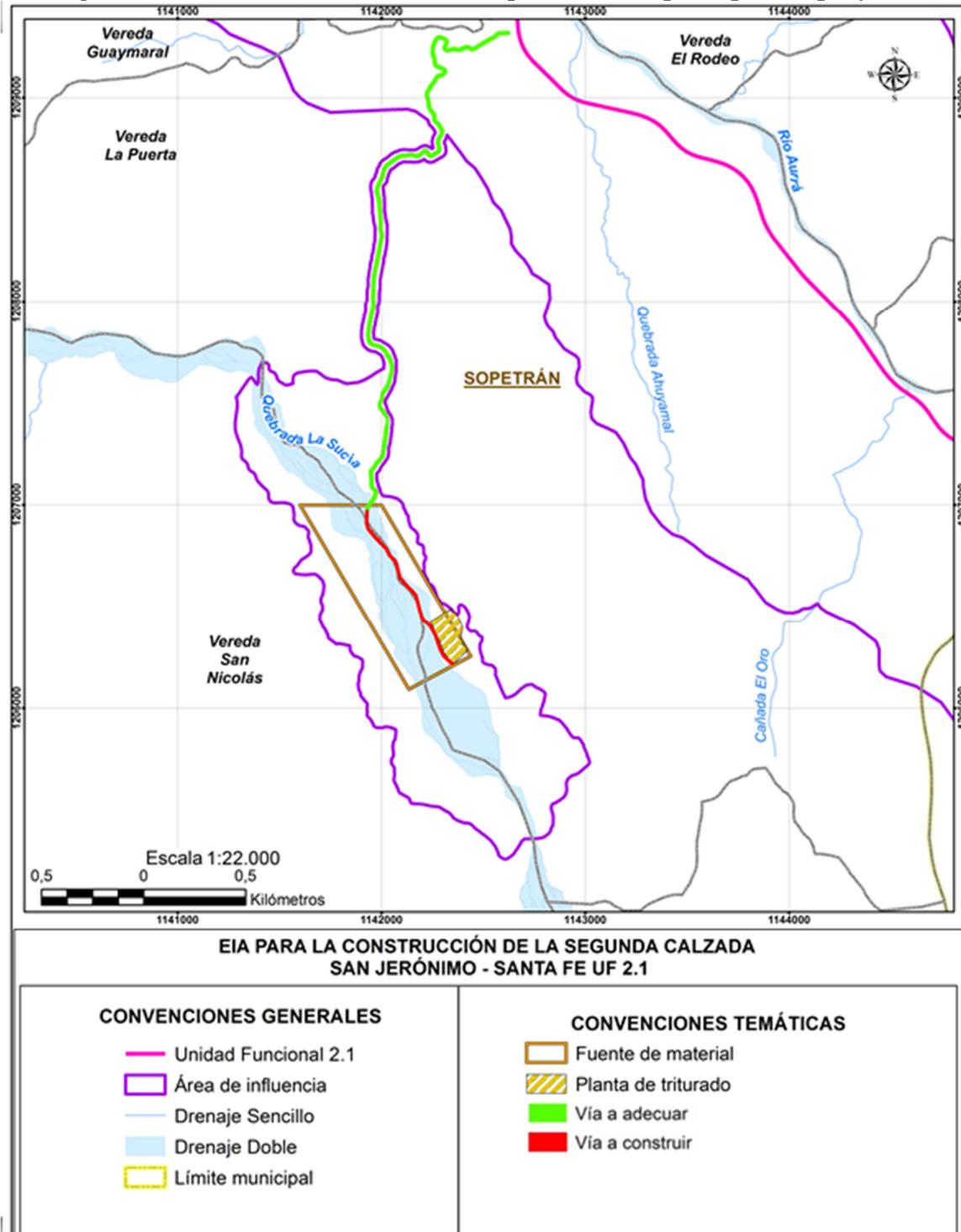
	CONCESIONARIA VIAL DESARROLLO VIAL AL MAR CONSTRUCCIÓN DE LA SEGUNDA CALZADA SAN JERÓNIMO – SANTA FE. UF 2.1 DEL PROYECTO AUTOPISTA AL MAR 1.	
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	
	VERSIÓN 0.3	

Tabla 7-158 Fuentes de materiales licenciadas a utilizar

Licencia o Plan de Manejo	Resolución No.	Fecha Expedición	Expediente No.	Vigencia de la Licencia o Plan de Manejo	Titular de la autorización	Identificación	Registro Minero	Exp. Minero No.	Minerales Autorizado(s)	Área del Proyecto (ha)	Ubicación Mina
Licencia ambiental	130HX-3742	2008-08-21	HX3-2005-3	2038-08-21	Albin Geovany Mery Correa	71.691.213	HHBA-14	6265	Materiales de construcción, arenas y gravas naturales	164,2195	Sopetrán
Licencia ambiental	130HX-1105-5182	2011-05-16	HX3-2006-5	2031-05-16	Construcciones e Inversiones Empresariales S.A.S	830.506.557-4	H7130005	7130	Arenas y gravas naturales y otros concentrados	156	Santa Fe de Antioquia y Sopetrán
Licencia Ambiental	130HX-4121	2009-04-15	HX3-2007-3	2039-04-15	Sociedad Agregados El Tonusco Ltda	900.181.621-4	HFSG-03 de 27-07-2007	6457 y 6922	Arenas y gravas naturales	232,3091	Santa Fe de Antioquia y Sopetrán
Licencia ambiental	130HX-4506	2009-12-03	HX3-2008-4	2039-12-02	Ángela Londoño Santiago Londoño Olga Luz Londoño	21.791.567 1.128.407.787 21.791.450	HCIJ-45	5041	Materiales de construcción arenas y gravas naturales	8,818	Sopetrán
Licencia ambiental	130HX-4930	2010-09-07	HX3-2010-2	2040-09-07	Juan Rafael Lalinde Gallego	70.071.719	HEUC-03	4804	Arenas y gravas naturales	69,1612	Sopetrán
Licencia ambiental	130HX-1110-5438	2011-11-09	HX3-2010-3	2031-11-09	Elsa Liliana Marín Guevara	42.067.795	HEPP-05	7130	Arenas Silíceas	81,0475	Ebéjico
Licencia ambiental	130HX-1301-6195	2013-01-11	HX3-2011-1	2037-01-22	Sergio Sierra Tobón	70.120.092	HHBA-01	7174	Materiales de construcción de cantera	99	San Jerónimo

Fuente: CORANTIOQUIA mediante comunicado 160HX-1603-108 del 15 de marzo de 2016.

Figura 7-110 Localización de área de explotación temporal para el proyecto



Fuente: Consultoría Colombia, 2017.