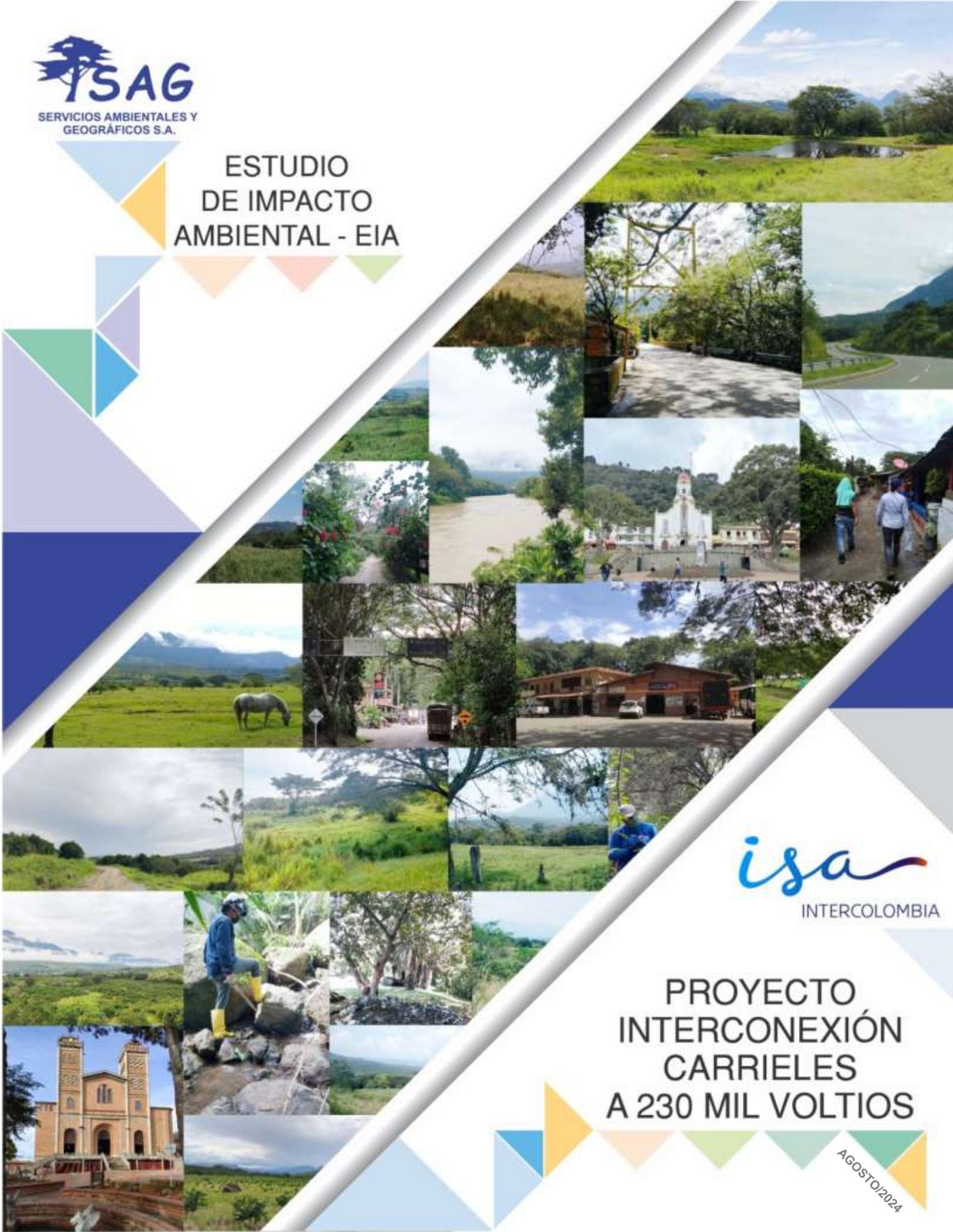


ESTUDIO
DE IMPACTO
AMBIENTAL - EIA



isa
INTERCOLOMBIA

PROYECTO
INTERCONEXIÓN
CARRIELES
A 230 MIL VOLTIOS

AGOSTO/2024

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
7 DEMANDA, USO, APROVECHAMIENTO Y/O AFECTACIÓN DE RECURSOS NATURALES.....	7-12
7.1 AGUAS SUPERFICIALES.....	7-12
7.1.1 Consumo humano	7-12
7.1.2 Consumo doméstico.....	7-16
7.2 AGUAS SUBTERRÁNEAS.....	7-20
7.3 VERTIMIENTOS	7-20
7.4 OCUPACIONES DE CAUCES, LECHOS Y PLAYAS FLUVIALES.....	7-24
7.4.1 Descripción obras de ocupación de cauce	7-26
7.4.2 Información disponible.....	7-33
7.4.3 Modelación Hidráulica	7-37
7.5 APROVECHAMIENTO FORESTAL	7-76
7.5.1 Criterios para la definición de las áreas de aprovechamiento forestal.....	7-76
7.5.2 Áreas y volumen a aprovechar	7-85
7.5.3 Destino final de los productos forestales	7-88
7.5.4 Solicitud de intervención de especies en veda	7-88
7.6 RECOLECCIÓN DE ESPECÍMENES DE ESPECIES SILVESTRES DE LA BIODIVERSIDAD	7-110
7.7 EMISIONES ATMOSFÉRICAS	7-111
7.7.1 Estimación de la emisión atmosférica.....	7-111
7.7.2 Modelación de dispersión de contaminantes atmosféricos	7-117
7.8 MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN.....	7-155

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 7-1. Consumo humano de agua durante la etapa de construcción de la Subestación y su vía de acceso.....	7-14
Tabla 7-2. Consumo humano de agua durante la etapa de construcción de la Línea de Transmisión.....	7-15
Tabla 7-3. Consumo humano de agua durante la etapa de operación del proyecto ..	7-16
Tabla 7-4. Dotación neta máxima – Resolución 0330 de 2017 del Ministerio de vivienda, ciudad y territorio.....	7-16
Tabla 7-5. Consumo doméstico de agua durante la etapa de construcción de la subestación y su vía de acceso.....	7-18
Tabla 7-6. Consumo doméstico de agua durante la etapa de construcción de la línea de transmisión.....	7-19
Tabla 7-7. Consumo doméstico de agua durante la etapa de operación del proyecto	7-20
Tabla 7-8. Ocupaciones de Cauce proyectadas	7-25
Tabla 7-9. Caudales máximos estimados en capítulo de hidrología	7-40
Tabla 7-10. Relaciones entre la velocidad de la onda de inundación y la velocidad media recomendadas por HEC-RAS 6.3.....	7-42
Tabla 7-11. Niveles estimados (m s.n.m) en la Quebrada NN (Afluente sin nombre 5) a la altura de ambas descargas	7-49
Tabla 7-12. Cambios en la lámina de agua en el Drenaje Sin Nombre a la altura de ambas descargas	7-53
Tabla 7-13. Δt para diversos tamaños de malla computacional.....	7-56
Tabla 7-14. ΔX - ΔY seccionados para el mallado	7-59
Tabla 7-15. ΔX - ΔY seccionados para el mallado	7-64
Tabla 7-16. Cambios en la mancha de inundación evento La Niña 2011	7-66
Tabla 7-17. Caudal máximos río Cauca en la zona de interés	7-68
Tabla 7-18. ID de individuos con conflicto e ID individuos buffer por vano	7-82
Tabla 7-19. Listado de individuos destinados para aprovechamiento forestal presentes en áreas de árboles con acercamiento en vano con áreas de intervención con restricción Alta y Muy alta.....	7-83
Tabla 7-20. Áreas, cantidad de individuos y Volumen por aprovechar para la construcción y operación del Proyecto con base en el inventario al 100%.....	7-86

Tabla 7-21.	Áreas y Volumen por aprovechar para la construcción y operación del proyecto con base en el inventario al 100%.....	7-87
Tabla 7-22.	Normatividad nacional vigente a veda de especímenes y productos de la flora registrados dentro del Proyecto.....	7-88
Tabla 7-23.	Número de individuos fustales de las especies en veda regional en el área de intervención del proyecto.....	7-89
Tabla 7-24.	Intensidad de muestreo llevada a cabo para la caracterización de epífitas vasculares en las diferentes coberturas del proyecto	7-89
Tabla 7-25.	Composición, riqueza y abundancia de las especies de epífitas vasculares en veda nacional registradas en las coberturas de intervención en el proyecto	7-90
Tabla 7-26.	Estratificación vertical de epífitas vasculares en veda nacional presentes en el proyecto	7-91
Tabla 7-27.	Índices de diversidad alfa para epífitas vasculares en las coberturas vegetales evaluadas en el proyecto.....	7-92
Tabla 7-28.	Representatividad del muestreo para especies de las familias Bromeliaceae y Orchidaceae de hábito epífito.....	7-92
Tabla 7-32.	Intensidad de muestreo llevada a cabo para la caracterización de epífitas no vasculares en las coberturas con intervención en el proyecto	7-94
Tabla 7-33.	Composición, frecuencia y abundancia de las especies de epífitas no vasculares registradas en las coberturas de intervención en el proyecto .	7-95
Tabla 7-34.	Distribución vertical de las especies de epífitas no vasculares en veda nacional registradas en el área de intervención del proyecto.....	7-98
Tabla 7-35.	Índices de diversidad alfa para epífitas no vasculares presentes en el área de intervención del proyecto.....	7-100
Tabla 7-36.	Índice de similitud de Jaccard para epífitas vasculares en las coberturas	7-101
Tabla 7-37.	Representatividad del muestreo para epífitas no vasculares en las coberturas vegetales evaluadas en el proyecto	7-102
Tabla 7-38.	Composición, frecuencia y abundancia de las especies de briófitos y líquenes terrestres registradas en las coberturas de intervención en el proyecto .	7-105
Tabla 7-39.	Índices de diversidad alfa para briófitos y líquenes terrestres presentes en el área de intervención del proyecto.....	7-107
Tabla 7-40.	Índice de similitud Jaccard para briófitos y líquenes terrestres en las coberturas evaluadas	7-108
Tabla 7-41.	Representatividad del muestreo para briófitos y líquenes de hábito terrestre en las coberturas vegetales evaluadas en el proyecto	7-109

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DEL PROYECTO INTERCONEXIÓN CARRIELES A 230 MIL VOLTIOS	
		Rev. No.: 5 2024-08-05

Tabla 7-42. Idealización de fuentes de área..... 7-112

Tabla 7-43. Idealización fuentes de vías 7-113

Tabla 7-44, Procesos y factores de emisión incluidos en la estimación de emisiones7-115

Tabla 7-45. Valores de Albedo (α), Razón de Bowen (B_o) y Rugosidad superficial... 7-128

Tabla 7-46. Concentraciones de fondo PM10 y PM2,5 7-129

Tabla 7-47. Ubicación de los receptores sensibles..... 7-129

Tabla 7-48. Configuración de salida para cada contaminante 7-133

Tabla 7-49. Materiales pétreos requeridos 7-155

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 7-1. Ubicación sistema séptico, vista en planta	7-22
Figura 7-2. Vista en planta Humedal	7-23
Figura 7-3. Algunos géneros de plantas apropiadas para humedales artificiales.....	7-24
Figura 7-4. Obras objeto de solicitud de ocupación de cauce.....	7-25
Figura 7-4. Detalle cuneta 22 asociada al tramo de ocupación de cauce Desc_OC_17-26	7-26
Figura 7-5. Detalle colector C3 y C5 asociado al tramo de ocupación de cauce Desc_OC_1 y Desc_OC_2.....	7-27
Figura 7-6. Detalle obras de ocupación de cauce Desc_OC_1.....	7-28
Figura 7-7. Detalle obras de ocupación de cauce Desc_OC_2.....	7-28
Figura 7-8. Detalle obras embebidas en la estructura de disipación de energía Desc_OC_1 y Desc_OC_2.....	7-29
Figura 7-9. Perfil longitudinal estructuras proyectadas en la margen izquierda de la Quebrada NN (Afluente Sin Nombre 5) ocupaciones Desc_OC_1 y Desc_OC_2.....	7-30
Figura 7-10. Detalle y sección transversal canal escalonado ocupaciones Desc_OC1 y Desc_OC2	7-30
Figura 7-11. Ubicación de las obras de descarga de aguas lluvias proyectadas en la quebrada NN (Afluente sin nombre 5)	7-31
Figura 7-7. Corte general de cimentación torre T13M	7-32
Figura 7-8. Ubicación OC Torre T_13M sobre la margen izquierda del río Cauca.....	7-33
Figura 7-9. LIDAR levantado en la zona de interés. Arriba: DSM. Abajo: DTM.....	7-34
Figura 7-10. Ubicación secciones transversales levantadas sobre el río Cauca.....	7-35
Figura 7-11. Superficie ráster utilizada en la modelación hidráulica sobre el río Cauca	7-36
Figura 7-12. Modelo digital de terreno generado para la simulación hidráulica ocupaciones Desc_OC_1 y Desc_OC_2.....	7-39
Figura 7-13. Rugosidades empleadas en el modelo hidráulico ocupaciones Desc_OC_1 y Desc_OC_2.....	7-40
Figura 7-14. Tamaño de malla computacional que se empleó en la modelación.....	7-41
Figura 7-15. Profundidades estimadas en la Quebrada NN (Afluente sin nombre 5) para el escenario Tr 2,33 en condición existente	7-43

Figura 7-16. Profundidades estimadas en el Quebrada NN (Afluente sin nombre 5) para el escenario Tr 100 en condición existente	7-44
Figura 7-17. Velocidades estimadas en la Quebrada NN (Afluente sin nombre 5) para el escenario Tr 2,33 en condición existente	7-45
Figura 7-18. Velocidades estimadas en la Quebrada NN (Afluente sin nombre 5) para el escenario Tr 100 en condición existente	7-46
Figura 7-19. Profundidades estimadas en la Quebrada NN (Afluente sin nombre 5) para el escenario Tr 2,33 en condición proyectada	7-47
Figura 7-20. Profundidades estimadas en la Quebrada NN (Afluente sin nombre 5) para el escenario Tr 100 en condición proyectada	7-48
Figura 7-21. Velocidades estimadas en la Quebrada NN (Afluente sin nombre 5) para el escenario Tr 2,33 en condición proyectada	7-49
Figura 7-22. Velocidades estimadas en la Quebrada NN (Afluente sin nombre 5) para el escenario Tr 100 en condición proyectada	7-50
Figura 7-23. Cambio estimado en la variable profundidad para la creciente asociada al Tr 2,33	7-52
Figura 7-24. Cambio estimado en la variable profundidad para la creciente asociada al Tr 100	7-53
Figura 7-25. Cambio estimado en la variable velocidad para la creciente asociada al Tr 2,33	7-54
Figura 7-26. Cambio estimado en la variable velocidad para la creciente asociada al Tr 100	7-55
Figura 7-27. Resultados modelo de prueba mallado 100 m x 100 m	7-57
Figura 7-28. Resultados modelo de prueba mallado 50 m x 50 m	7-57
Figura 7-29. Resultados modelo de prueba mallado 20 m x 20 m	7-58
Figura 7-30. Resultados modelo de prueba mallado 10 m x 10 m	7-58
Figura 7-31. Mallado final construido sobre la zona de evaluación	7-59
Figura 7-32. Sección de análisis cambios de nivel en función del mallado	7-60
Figura 7-33. Niveles de lámina de agua para distintas mallas	7-60
Figura 7-34. Detalle de niveles de lámina de agua para distintas mallas en el centro de la sección transversal	7-61
Figura 7-35. Errores computacionales asociados a la estabilidad numérica del modelo hidrodinámico	7-62
Figura 7-36. Distribución y valores de rugosidad de Manning utilizados en el modelo hidráulico	7-63

Figura 7-37. Profundidades y velocidades medias aforo sección aguas abajo (observadas) 7-65

Figura 7-38. Profundidades y velocidades medias modelo sección aguas abajo (simuladas) 7-65

Figura 7-39. Mancha de inundación observada vs simulada durante el proceso de validación 7-67

Figura 7-40. Resultados de profundidad Tr 2,33 años en la zona de ocupación Torre_T13M bajo condiciones existentes..... 7-69

Figura 7-41. Resultados de profundidad Tr 100 años en la zona de ocupación Torre_13M bajo condiciones existentes..... 7-69

Figura 7-42. Resultados de velocidad Tr 2,33 años en la zona de ocupación Torre_13M bajo condiciones existentes..... 7-70

Figura 7-43. Resultados de velocidad Tr 100 años en la zona de ocupación Torre_13M bajo condiciones existentes 7-70

Figura 7-44. Resultados de profundidad Tr 2,33 años en la zona de ocupación Torre_13M bajo condiciones proyectadas 7-72

Figura 7-45. Resultados de profundidad Tr 100 años en la zona de ocupación Torre_13M bajo condiciones proyectadas 7-72

Figura 7-46. Resultados de velocidad Tr 2,33 años en la zona de ocupación Torre_13M bajo condiciones proyectadas 7-73

Figura 7-47. Resultados de velocidad Tr 100 años en la zona de ocupación Torre_13M bajo condiciones proyectadas..... 7-73

Figura 7-48. Profundidades Tr 100 años condición existente y proyectada 7-74

Figura 7-49. Velocidades Tr 100 años condición existente y proyectada..... 7-75

Figura 7-50. Curva de calibración zona aledaña Torre_13M 7-76

Figura 7-51. Aplicación de la metodología PLS-CADD® para el aprovechamiento forestal: ejemplo T-10M – T-13M 7-80

Figura 7-52. Individuos destinados para aprovechamiento forestal presentes en áreas de árboles con acercamiento en vano con áreas de intervención con restricción Alta y Muy alta..... 7-85

Figura 7-54. Curva de acumulación de especies de epífitas vasculares en veda nacional en las coberturas de intervención del proyecto 7-93

Figura 7-56. Riqueza y abundancia de especies epífitas no vasculares en las coberturas intervenidas en el proyecto..... 7-98

Figura 7-57. Dendrograma de similitud Jaccard para epífitas no vasculares en las coberturas vegetales evaluadas 7-102

Figura 7-58. Curva de acumulación de especies de epífitas no vasculares en las coberturas de intervención en el proyecto.....	7-104
Figura 7-59. Dendrograma de similitud Jaccard para briófitos y líquenes terrestres en las coberturas vegetales evaluadas.....	7-108
Figura 7-60. Curva de acumulación de especies para el muestro de briófitos y líquenes de hábito terrestre llevado a cabo en el área de intervención del proyecto..	7-110
Figura 7-61. Idealización de fuentes de emisión.....	7-114
Figura 7-62. Emisiones Totales de construcción	7-116
Figura 7-63. Emisión por proceso PM10 -PM2,5	7-117
Figura 7-64. Estructura del sistema de modelación AERMOD	7-119
Figura 7-65. Tratamiento de terreno complejo en AERMOD	7-120
Figura 7-66. Idealización de plumas directa, indirecta y penetrada en la CBL.....	7-122
Figura 7-67. Pluma instantánea y representación promedio en la CBL	7-122
Figura 7-68. Dominio de simulación	7-125
Figura 7-69. Topografía.....	7-126
Figura 7-70. Configuración de Meteorología de superficie – MMIF – AERMET	7-127
Figura 7-71. Opciones de procesamiento – MMIF – AERMET	7-128
Figura 7-72. Receptores discretos dentro del dominio de estudio	7-132
Figura 7-73. Perfil emisión horario – Enero	7-134
Figura 7-74. Resultados en Receptores sensibles PM10 – Anual Sin Control.....	7-135
Figura 7-75. Resultados en Receptores sensibles PM10 - 24h Sin Control.....	7-136
Figura 7-76. Resultados en Receptores sensibles PM10 – Anual Con Control.....	7-136
Figura 7-77. Resultados en Receptores sensibles - 24h Con Control.....	7-137
Figura 7-78. Resultados en Receptores sensibles PM2,5 - Anual Sin Control.....	7-137
Figura 7-79. Resultados en Receptores sensibles PM2,5 – 24H Sin Control	7-138
Figura 7-80. Resultados en Receptores sensibles PM2,5 - Anual Con Control	7-138
Figura 7-81. Resultados en Receptores sensibles PM2,5 – 24H Con Control	7-139
Figura 7-82. Resultados en Receptores sensibles SO2 - 24H.....	7-139
Figura 7-83. Resultados en Receptores sensibles SO2 - 1H.....	7-140
Figura 7-84. Resultados en Receptores sensibles NO2 - Anual	7-140
Figura 7-85. Resultados en Receptores sensibles NO2 – 1H.....	7-141
Figura 7-86. Análisis de aportes por grupos de fuentes.....	7-142

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DEL PROYECTO INTERCONEXIÓN CARRIELES A 230 MIL VOLTIOS	
		Rev. No.: 5 2024-08-05

Figura 7-87. Isopletras PM10 SC – Anual..... 7-143

Figura 7-88. Isopletras PM10 SC – 24 Horas 7-144

Figura 7-89. Isopletras PM10 CC – Anual 7-145

Figura 7-90. Isopletras PM10 CC – 24 Horas 7-146

Figura 7-91. Isopletras PM 2,5 SC – Anual..... 7-147

Figura 7-92. Isopletras PM2,5 SC – 24 Horas 7-148

Figura 7-93. Isopletras PM 2,5 CC – Anual 7-149

Figura 7-94. Isopletras PM2,5 CC – 24 Horas 7-150

Figura 7-95. Isopletras SO2 – 24 Horas 7-151

Figura 7-96. Isopletras SO2 – 1 Hora 7-152

Figura 7-97. Isopletras NO2 – Anual 7-153

Figura 7-98. Isopletras NO2 – 1 Hora..... 7-154

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DEL PROYECTO INTERCONEXIÓN CARRIELES A 230 MIL VOLTIOS	
		Rev. No.: 5 2024-08-05

LISTA DE ANEXOS

- ANEXO_7_1_PLANOS_OC
- ANEXO_7_2_FUN_OC
- ANEXO_7_3_MEMORIAS_SH
- ANEXO_7_4_BD_APRO_FORESTAL
- ANEXO_7_5_MAPA_APRO_FORESTAL
- ANEXO_7_6_FUN_APRO_FORESTAL
- ANEXO_7_7_BD_EPI_VASCULARES
- ANEXO_7_8_BD_EPINOVASCULARES
- ANEXO_7_9_MOD_CA
- ANEXO_7_10_CANTERAS_AUT
- ANEXO_7_11_STARD
- [ANEXO_7_12_ARBOLES_CON_CONFLICTO_EN_VANOS](#)

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DEL PROYECTO INTERCONEXIÓN CARRIELES A 230 MIL VOLTIOS	
		Rev. No.: 5 2024-08-05

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

En este apartado se presenta la descripción de los recursos naturales que serán utilizados, aprovechados o afectados por el proyecto Interconexión Carrieles a 230 mil voltios en sus diferentes etapas.

Esta descripción corresponde a las condiciones específicas del proyecto, al área donde se ubica, a lo establecido en los en los Términos de Referencia TdR-17 y a la normatividad vigente.

De esta manera, a partir de las especificaciones técnicas de diseño del proyecto Interconexión Carrieles a 230 mil voltios, se relacionan los recursos naturales que serán utilizados, aprovechados o afectados durante las diferentes etapas del mismo, indicando si requieren o no permisos, concesiones o autorizaciones.

En este orden de ideas, por las características del proyecto, requerirá el permiso de aprovechamiento forestal, incluyendo el permiso de levantamiento de veda nacional y regional, además del permiso de ocupación de cauce, en este se anexa diligenciado el Formulario Único Nacional (FUN), requerido para gestionar dichos permisos en atención a lo establecido en la normatividad ambiental vigente.

7.1 AGUAS SUPERFICIALES

Para la ejecución de las obras civiles de la construcción y operación del proyecto Interconexión Carrieles a 230 mil voltios, se comprará el agua a terceros que cuenten con las autorizaciones y/o permisos respectivos, incluyendo la respectiva concesión de aguas para uso industrial.

De acuerdo a lo mencionado anteriormente, no será necesario solicitar concesión de aguas porque en ningún momento se tomará agua directamente de fuentes hídricas superficiales.

Al respecto, se precisa que el agua para las actividades constructivas será comprada a proveedores del recurso que cuenten con las autorizaciones y permisos vigentes y será transportada en carrotaques, vehículos del proyecto, semovientes u otros medios según la logística definida en la etapa constructiva según las necesidades de la obra.

El agua potable para consumo humano se proveerá en botellones de 20 litros o bolsas, y será comprada a empresas de la industria alimentaria.

A continuación, se precisa la demanda de este recurso, presentando la descripción y estimación de las cantidades de agua, tanto para consumo doméstico como para consumo industrial, que se requerirán para suplir las principales necesidades del proyecto.

7.1.1 Consumo humano

Se presenta el consumo humano estimado para la etapa de construcción del proyecto Interconexión Carrieles a 230 mil voltios, considerando una proporción de 3,2 litros por

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DEL PROYECTO INTERCONEXIÓN CARRIELES A 230 MIL VOLTIOS	
		Rev. No.: 5 2024-08-05

persona para el consumo humano y un factor del 30% adicional teniendo en cuenta eventualidades climáticas o condiciones especiales de esfuerzo y salud del personal del proyecto, se requiere en promedio 216 L/día de agua potable, equivalente a 10,8 botellones de 20 L al día o 71,27 m³ en 11 meses para la subestación y su vía de acceso como se puede ver en la Tabla 7-1; además, para la línea de transmisión se requerirá 85,28 L/día de agua potable, equivalente a 4,3 botellones de 20 L al día o 20,47 m³ en 8 meses (ver Tabla 7-2).

El agua para consumo humano será suministrada por medio de botellones se agua adquirida en los municipios donde se ubica el área de influencia del proyecto, como Jericó y Fredonia, por su cercanía a los sitios de obra.

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DEL PROYECTO INTERCONEXIÓN CARRIELES A 230 MIL VOLTIOS		
		Rev. No.: 5	2024-08-05

Tabla 7-1. Consumo humano de agua durante la etapa de construcción de la Subestación y su vía de acceso

Subestación y su vía de acceso											
Descripción	Mes										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Capataz	-	1	2	2	2	2	2	2	2	-	-
Oficial civil foráneo	1	5	7	10	15	15	15	15	15	-	-
Oficial civil local	-	-	5	10	20	20	20	20	20	-	-
Ayudante civil	1	3	10	20	40	40	40	40	25	-	-
Topógrafo	0,5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-
Cadenero 1	0,5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-
Operador de retro	0,5	1	1	2	2	2	2	2	-	-	-
Técnico electricista	-	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Ayudante eléctrico	-	-	1	1	1	1	1	1	1	1	-
Conductor de turbo/buseta	-	-	2	3	3	3	3	3	3	2	-
Laboratorista	-	-	1	1	1	1	1	-	-	-	-
Liniero	-	-	-	5	5	8	8	8	8	1	-
Operador de grúa	-	-	-	-	1	1	1	1	1	-	-
Total mano de obra	4	12	32	58	93	96	96	95	78	7	1
Dotación persona (L/día)	3,20	3,20	3,20	3,20	3,20	3,20	3,20	3,20	3,20	3,20	3,20
Factor de seguridad	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
Total dotación persona (L/día)	4,16	4,16	4,16	4,16	4,16	4,16	4,16	4,16	4,16	4,16	4,16
Total por mes (L/día)	12,8	49,92	133,12	241,28	386,88	399,36	399,36	395,2	324,48	29,12	4,16
Total por mes (L/mes)	384	1497,6	3993,6	7238,4	11606,4	11980,8	11980,8	11856	9734,4	873,6	124,8
Total (m³) etapa de construcción	71,27										

Fuente: SAG, 2024

Tabla 7-2. Consumo humano de agua durante la etapa de construcción de la Línea de Transmisión

Línea de Transmisión								
Descripción	Mes							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Topógrafo	1	1	1	1	1	1	1	-
Supervisor	1	1	1	1	1	1	1	1
Capataz	-	-	1	1	1	1	1	-
Oficial 1	-	-	10	10	10	8	4	2
Oficial 2	-	-	8	8	8	8	4	-
Ayudante técnico	-	-	6	6	6	3	2	2
Obrero	-	-	12	12	12	2	1	-
Total mano de obra	2	2	39	39	39	24	14	5
Dotación persona (L/día)	3,20	3,20	3,20	3,20	3,20	3,20	3,20	3,20
Factor de seguridad	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Total dotación persona (L/día)	4,2	4,2	4,16	4,16	4,16	4,16	4,16	4,2
Total por mes (L/día)	8,3	8,3	162,2	162,2	162,2	99,8	58,2	21
Total por mes (L/mes)	250	250	4.867	4.867	4.867	2.995	1.747	624
Total (m³) etapa de construcción	20,47							

Fuente: SAG, 2024

En la Tabla 7-3 se presenta el consumo humano estimado para la etapa de operación, considerando una proporción de 3,2 litros por persona para el consumo humano y un factor del 30% adicional teniendo en cuenta posibles eventualidades climáticas o condiciones especiales de esfuerzo y salud en el personal del proyecto, se requiere 417,56 m³ de agua potable durante los 25 años de operación, que será adquirida en botellones de 20 L para ser distribuidas al personal durante la realización de la labores de mantenimiento, según la dinámica de dichas labores.

Tabla 7-3. Consumo humano de agua durante la etapa de operación del proyecto

Operación							
Actividad operación	Cantidad de personas	Dotación Persona (L/día)	Factor de Seguridad	Total dotación Persona (L/día)	Días (Durante 25 años)	Total (L) (Durante 25 años)	Total (m ³) (Durante 25 años)
Mantenimiento preventivo y predictivo	3,00	3,20	0,30	4,16	9.125	113.880	113,88
Mantenimiento correctivo	8,00	3,20	0,30	4,16	9.125	303.680	303,68
Total	11,00	-	-	-	16.425	417.560	417,56

* Se realizó el cálculo del consumo para el personal de mantenimiento correctivo a partir de 10 días en el año ya que las labores de mantenimiento se llevarán a cabo de manera semestral y durante una semana por semestre.

Fuente: SAG, 2024

7.1.2 Consumo doméstico

Para el consumo doméstico, que corresponde a las actividades de aseo desarrolladas en las instalaciones provisionales por parte de la personal del proyecto, se toma en cuenta la estimación por mes de personal durante la etapa constructiva y operativa, asumiendo una dotación de neta máxima de 130 L/persona/día, según el rango de altura sobre el nivel del mar donde se encuentra ubicada el área de influencia del proyecto tal como se muestra en la Tabla 7-4, tomada del Artículo 43 Dotación Neta Máxima del RAS Resolución 330 de 08 de junio de 2017 del Ministerio de vivienda, ciudad y territorio.

Tabla 7-4. Dotación neta máxima – Resolución 0330 de 2017 del Ministerio de vivienda, ciudad y territorio

Altura promedio sobre el nivel del mar de la zona atendida	Dotación neta máxima (L/hab-día)	Resolución 330 de 08 de junio de 2017. Ministerio de vivienda, ciudad y territorio
> 2000 m s. n. m.	120	
1000 – 2000 m s. n. m.	130	
< 1000 m s. n. m.	140	

Fuente: SAG, 2024 con información del RAS –Resolución 0330 de2017

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DEL PROYECTO INTERCONEXIÓN CARRIELES A 230 MIL VOLTIOS	
		Rev. No.: 5 2024-08-05

En la Tabla 7-5 se muestra el consumo doméstico estimado para la etapa de construcción del proyecto, el cual corresponde a un total de 74,36 m³ durante los 11 meses de la etapa constructiva de la subestación y su vía de acceso. Mientras que para la línea de transmisión se tendrá un consumo doméstico correspondiente a un total de 21,32 m³ durante los 8 meses de la etapa constructiva (ver Tabla 7-6).

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DEL PROYECTO INTERCONEXIÓN CARRIELES A 230 MIL VOLTIOS		
		Rev. No.: 4	2024-03-26

Tabla 7-5. Consumo doméstico de agua durante la etapa de construcción de la subestación y su vía de acceso

Subestación y su vía de acceso											
Descripción	Mes										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Capataz	-	1	2	2	2	2	2	2	2	-	-
Oficial civil foráneo	1	5	7	10	15	15	15	15	15	-	-
Oficial civil local	-	-	5	10	20	20	20	20	20	-	-
Ayudante civil	1	3	10	20	40	40	40	40	25	-	-
Topógrafo	0,5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-
Cadenero 1	0,5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-
Operador de retro	0,5	1	1	2	2	2	2	2	-	-	-
Técnico electricista	-	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Ayudante eléctrico	-	-	1	1	1	1	1	1	1	1	-
Conductor de turbo/buseta	-	-	2	3	3	3	3	3	3	2	-
Laboratorista	-	-	1	1	1	1	1	-	-	-	-
Liniero	-	-	-	5	5	8	8	8	8	1	-
Operador de grúa	-	-	-	-	1	1	1	1	1	-	-
Total	4	12	32	58	93	96	96	95	78	7	1
Dotación Máxima Persona (L/día)	130,00	130,00	130,00	130,00	130,00	130,00	130,00	130,00	130,00	130,00	130,00
Total (L/mes)	15.600	46.800	124.800	226.200	362.700	374.400	374.400	370.500	304.200	27.300	3.900
Total día (L/día)	520	1.560	4.160	7.540	12.090	12.480	12.480	12.350	10.140	910	130
Total (m³) etapa de construcción	74,36										

Fuente: SAG, 2024

Tabla 7-6. Consumo doméstico de agua durante la etapa de construcción de la línea de transmisión

Línea de Transmisión								
Descripción	Mes							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Topógrafo	1	1	1	1	1	1	1	-
Supervisor	1	1	1	1	1	1	1	1
Capataz	-	-	1	1	1	1	1	-
Oficial 1	-	-	10	10	10	8	4	2
Oficial 2	-	-	8	8	8	8	4	-
Ayudante técnico	-	-	6	6	6	3	2	2
Obrero	-	-	12	12	12	2	1	-
Total	2	2	39	39	39	24	14	5
Dotación Máxima Persona (L/día)	130,00	130,00	130,00	130,00	130,00	130,00	130,00	130,00
Total (L/mes)	7.800	7.800	152.100	152.100	152.100	93.600	54.600	19.500
Total día (L/día)	260	260	5070	5.070	5.070	3.120	1.820	650
Total (m³) etapa de construcción	21,32							

Fuente: SAG, 2024

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DEL PROYECTO INTERCONEXIÓN CARRIELES A 230 MIL VOLTIOS		
		Rev. No.: 5	2024-08-05

En la Tabla 7-7 se muestra el consumo doméstico estimado para la etapa de operación del proyecto, correspondiente a un total de 4.745,0 m³ durante los 25 años de la etapa operativa.

Tabla 7-7. Consumo doméstico de agua durante la etapa de operación del proyecto

Actividad operación	Cantidad de personas	Dotación Persona (L/día)	Días (Durante 25 años)	Total (L) (Durante 25 años)	Total (m ³) (Durante 25 años)
Mantenimiento preventivo y predictivo	4	130	9.125	4.745.000	4.745,0
Total	4	-	9.125	4.745.000	4.745,0

Fuente: SAG, 2024

Cada seis (6) meses la cuadrilla de mantenimiento correctivo (8 personas) realizara actividades en el proyecto.

7.2 AGUAS SUBTERRÁNEAS

El proyecto Interconexión Carrieles a 230 mil voltios, no requiere concesión de aguas subterráneas, dado que para su construcción y operación no se requerirá del uso, aprovechamiento y/o afectación de este recurso.

7.3 VERTIMIENTOS

Para la ejecución de las obras civiles de la construcción y operación del proyecto Interconexión Carrieles a 230 mil voltios, no se requiere permiso de vertimientos, debido a que no se generarán efluentes directos a corrientes hídricas superficiales o al suelo.

El contratista durante la fase de construcción, contratará con un tercero autorizado los servicios de baños portátiles, así como el transporte y disposición de aguas residuales domésticas, de acuerdo con los frentes de trabajo y teniendo en cuenta lo dispuesto en la Resolución 2400 de 1979 del Ministerio de Trabajo y Seguridad Social o aquella que la modifique o sustituya, que establece una proporción de uno (1) por cada 15 trabajadores, separados por sexos, y dotados de los elementos necesarios para su servicio.

De igual manera no se prevé la generación de aguas residuales ni domésticas (industriales). Sin embargo, en caso de existir un excedente, el agua residual no doméstica se almacenará en un contenedor hermético y se entregará a un gestor externo que cumpla con los requisitos ambientales para realizar el tratamiento y vertimiento final.

Previo al inicio de la construcción o en el informe de cumplimiento ambiental se presentará copia de las autorizaciones que permitan a la empresa proveedora de los baños comprobar el transporte y tratamiento adecuado de las aguas residuales.

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DEL PROYECTO INTERCONEXIÓN CARRIELES A 230 MIL VOLTIOS	
		Rev. No.: 5 2024-08-05

Como se mencionó en el Capítulo 3 Descripción del Proyecto, durante la fase de operación, se generarán aguas residuales domésticas en la subestación, provenientes del edificio de control y la caseta de vigilancia. Las aguas residuales domésticas serán las generadas en la subestación, las cuales serán tratadas mediante un sistema de tratamiento de aguas, el cual está diseñado con un porcentaje de retorno del 85% de la dotación establecida en el RAS-2017 (100 L/pers/día). Cumpliendo la normativa ambiental sobre vertimientos de aguas, resolución 0631 de 2015, específicamente la columna 2 del artículo 8 sobre “*aguas residuales domésticas (ARD), y de las aguas residuales (ARD – ARND) de los prestadores del servicio público de alcantarillado a cuerpos de aguas superficiales, con una carga menor o igual a 625,00 kg/día*”.

Los componentes del sistema son los siguientes:

- **Trampa de Grasas.** La trampa de grasas consiste en un pequeño tanque o caja cubierta, provista de una entrada sumergida y de una tubería de salida que parte cerca del fondo. Tiene por objeto interceptar las grasas y jabones presentes en las aguas negras provenientes de descargas de los lavaderos, lavaplatos u otros aparatos sanitarios instalados en la subestación. Por consiguiente, la función más importante de la trampa de grasas es evitar que las grasas y jabones vayan disminuyendo así la eficiencia de esos sistemas.
- **Tanque Séptico.** Los tanques sépticos son dispositivos que permiten un tratamiento primario de las aguas residuales, reduciendo su contenido en sólidos en suspensión, tanto sedimentables como flotantes. Generalmente, se disponen enterradas y constituyen uno de los tratamientos previos más usados en los sistemas de depuración descentralizados y en aglomeraciones de tamaño muy pequeño. Se recomienda que la construcción de este sistema se realice preferiblemente en concreto, y en su defecto, se pueden utilizar sistemas prefabricados, pero únicamente de fibra de vidrio reforzada, garantizando su estabilidad estructural en cuanto a empujes del terreno, evitar efecto de flotación en caso de niveles freáticos altos y de fácil acceso para el mantenimiento.
- **Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente (FAFA).** El FAFA está constituido por un tanque o columna relleno con un medio sólido para soporte del crecimiento biológico anaerobio, donde el agua circula de manera ascendente atravesando el medio. Se recomienda que la construcción de este sistema se realice preferiblemente en concreto, y en su defecto, se pueden utilizar sistemas prefabricados, pero únicamente de fibra de vidrio reforzada. Puede estar implementando en conjunto con el tanque séptico.

Se prevé la utilización de un sistema séptico integrado prefabricado, el cual incluye el pozo séptico y el filtro anaerobio de flujo ascendente (Tanque FAFA), la ubicación del tanque séptico se tiene en cuenta las distancias mínimas y se consideran los parámetros de localización de acuerdo con el RAS, indicados a continuación y como se evidencia en la Figura 7-1:

- 2 m distantes de construcciones, límites de terrenos, sumideros, campos de infiltración y pozos de absorción.
- 7,60 m punto de suministro privado de agua potable y tubos de succión de la bomba.

- 3 m distantes de árboles y cualquier punto de redes públicas de abastecimiento de agua.
- 15 m distantes de pozos subterráneos y cuerpos de agua de cualquier naturaleza.
- No se debe ubicar en zonas de protección ambiental de fauna y flora.

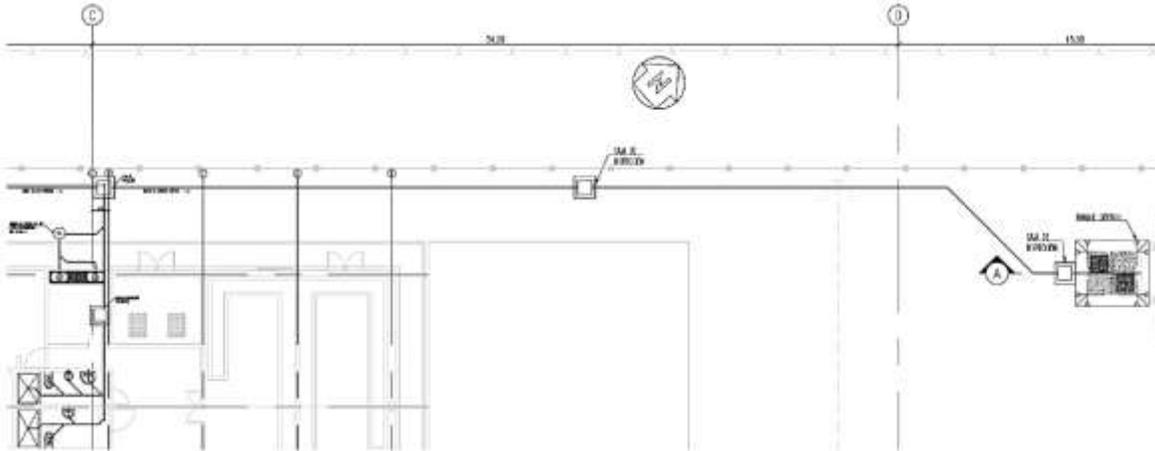


Figura 7-1. Ubicación sistema séptico, vista en planta

Fuente: J.E. Jaimes, 2022

Además, se prevé la utilización de un humedal artificial perteneciente al sistema de tratamiento de aguas residuales para la subestación del proyecto Interconexión Carreles a 230 mil voltios:

- Humedales artificiales superficiales de flujo horizontal. Los humedales artificiales son sistemas de depuración en los que se reproducen o se simulan los procesos de eliminación de contaminantes que tienen lugar en las zonas húmedas naturales. El Sistema consiste en el desarrollo de un cultivo de macrófitas enraizadas sobre un lecho de grava impermeabilizado; la acción de las macrófitas hace posible una serie de complejas interacciones físicas, químicas y biológicas a través de las cuales el agua residual afluyente es depurada progresiva y lentamente.

Se trata de un sistema de tratamiento no convencional, que permite la eliminación de carga contaminante generando un vertimiento nulo, donde se consideran las pérdidas por evaporación y los requerimientos fisiológicos de las especies de plantas que se siembran en el mismo.

El tipo de Humedal implementado será del tipo flujo subsuperficial horizontal, de dos compartimentos, en el cual las aguas fluyen por el sistema bajo la superficie, permaneciendo permanentemente inundado.

Estará compuesto por los siguientes elementos:

- Estructuras de entrada del afluyente.

- Impermeabilización del fondo y laterales con geomembranas.
- Medio granular.
- Vegetación emergente típica de zonas húmedas.
- Estructuras de salida regulable para controlar el nivel del agua. (Caja sifón).

De acuerdo con los parámetros de diseño presentados en el informe CO-CARR-EPCJE-S-01-D1171-R2 Humedal_MC_A del ANEXO_7_11_STARD, el humedal a construir se presenta en la Figura 7-2.

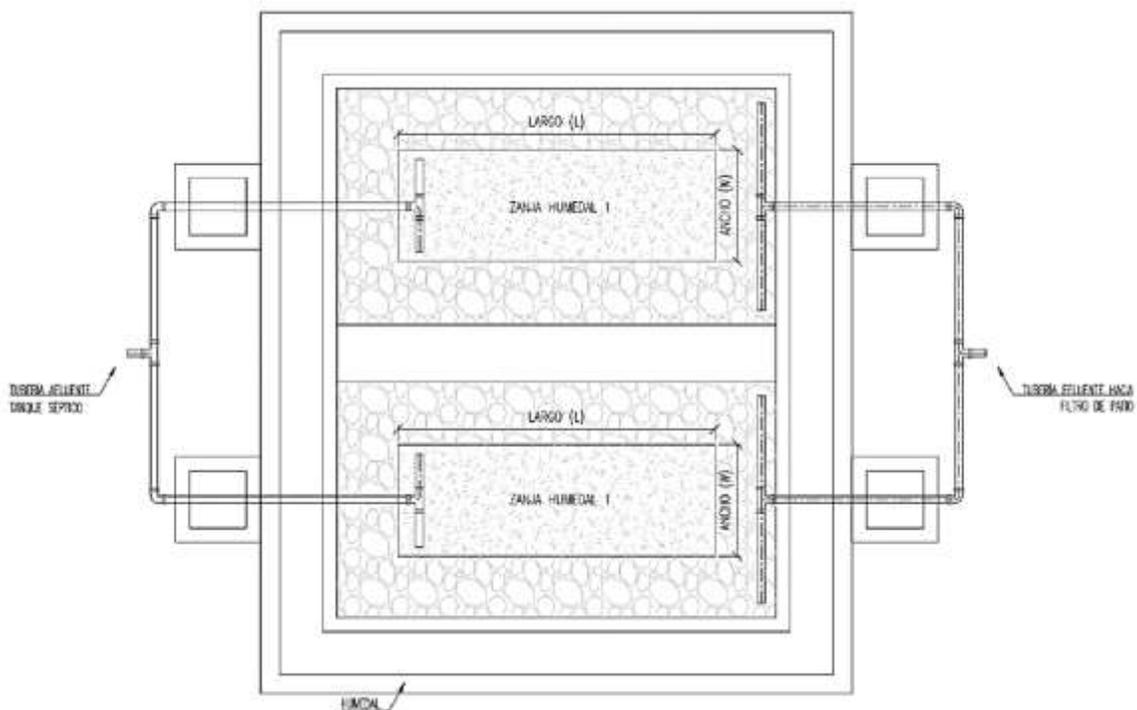


Figura 7-2. Vista en planta Humedal

Fuente: J.E. Jaimes, 2022

Por lo tanto, no se generarán vertimientos al suelo, ni a cuerpos de agua.

Las plantas que deben emplearse en los humedales construidos son aquellas capaces de crecer en humedales naturales. La Figura 7-3 muestra algunas de los géneros más apropiados.

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DEL PROYECTO INTERCONEXIÓN CARRIELES A 230 MIL VOLTIOS		
		Rev. No.: 5	2024-08-05



Figura 7-3. Algunos géneros de plantas apropiadas para humedales artificiales

Fuente: J.E. Jaimes, 2022

- **Papiros (Cyperus papyrus):** Tiene largos troncos (culmos) granizos, cuya sección triangular es de un grosor de varios centímetros en los ejemplares más grandes. Estos falsos tallos están coronados por un penacho liviano y plumoso en abanico, formado exclusivamente por hojas, o por tallos que llevan espigas; los nuevos brotes surgen siempre del mismo segmento. Tolerancia de temperaturas de 20 a 33 °C, y pH entre 6 y 8,5. Bioquímicamente, realiza su síntesis de carbohidratos por la más eficiente vía de 4 carbonos.
- **Aneas (Typha spp.):** son fuerte, fácil de propagar, y capaz de producir una biomasa anual grande. Típicamente quitan cantidades grandes del nitrato y del fosfato.
- **Juncos (Schoenoplectus spp., Scirpus spp):** Crecen en grupos y crecen bien en agua que tiene una profundidad de 0,05 a 3 m. Estas plantas agresivas logran una eliminación alta de contaminantes. Los Juncos representan las especies comúnmente más utilizadas debido a su tolerancia a cambios sustanciales de pH (4 – 10), salinidad (20 – 45 mg Cl/L), temperatura (10 –32°C), entre otros.

7.4 OCUPACIONES DE CAUCES, LECHOS Y PLAYAS FLUVIALES

De acuerdo con los análisis presentados en el Capítulo 5.1 Caracterización del Área de Influencia – Medio Abiótico, donde se identificaron las obras del proyecto que presentan interacción con la mancha de inundación para el periodo de retorno de 100 años, para la operación del proyecto se estiman 3 ocupaciones de cauce, siendo las denominadas Descarga 1 ([Desc_OC_1](#)) y Descarga 2 ([Desc_OC_2](#)) entregas de aguas lluvias sobre el cuerpo de agua denominado “Quebrada NN” (Afluente sin nombre 5), y las cimentaciones de la torre T-13M ([Torre_T13M](#)) consiste en la estructura de apoyo para la torre 13, sobre la margen izquierda del río Cauca. En la Tabla 7-8, se consignan las coordenadas asociadas a las 3 ocupaciones proyectadas.

Tabla 7-8. Ocupaciones de Cauce proyectadas

ID ocupación de cauce	Cuerpo de agua	Coordenadas Magna Sirgas Origen Nacional	
		Este	Norte
Descarga 1 (Desc_OC_1)	Quebrada NN (Afluente sin nombre 5)	4702657,77	2200952,82
Descarga 2 (Desc_OC_2)	Quebrada NN (Afluente sin nombre 5)	4702698,16	2200984,42
Área de intervención cimentación T-13M (Torre_T13M)	Río Cauca	4703472,14	2201110,13
		4703475,37	2201138,18
		4703476,03	2201141,91
		4703507,90	2201139,00
		4703504,99	2201107,14

Fuente: SAG, 2024

El detalle de las tres (3) ocupaciones de cauce relacionadas en la Tabla 7-8, de muestra la Figura 7-4

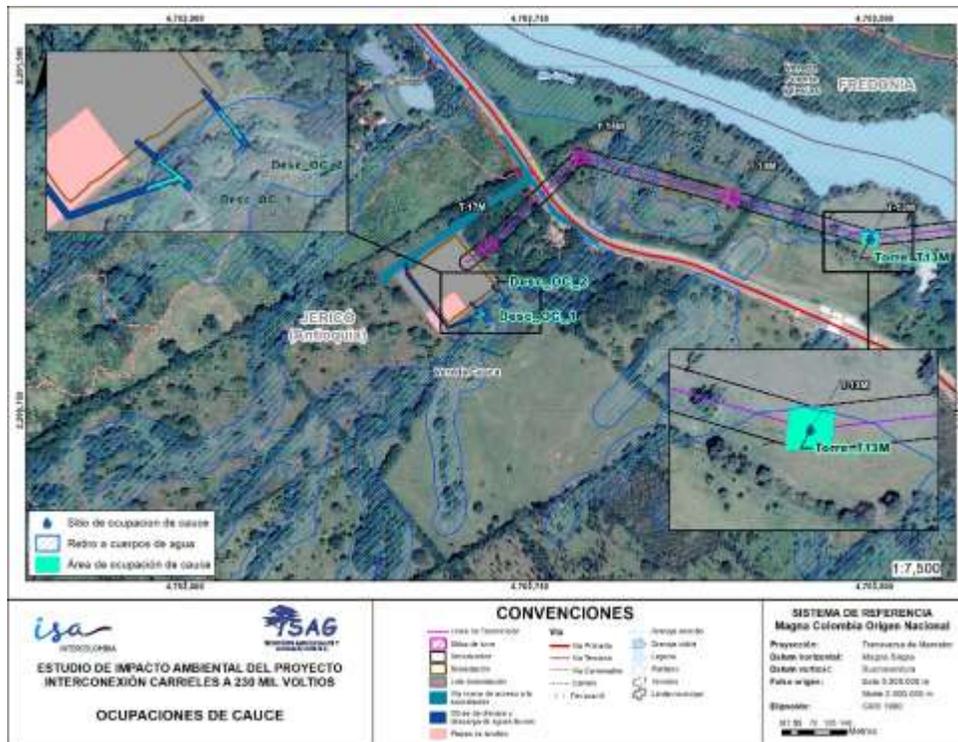


Figura 7-4. Obras objeto de solicitud de ocupación de cauce

Fuente: SAG, 2024

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DEL PROYECTO INTERCONEXIÓN CARRIELES A 230 MIL VOLTIOS	

7.4.1 Descripción obras de ocupación de cauce

7.4.1.1 Obras de descarga de aguas lluvias

Sobre las descargas de aguas lluvias, se contemplan aquellas obras contenidas dentro del polígono construido como ronda hídrica sobre la corriente Quebrada NN (Afluente Sin Nombre 5) según lo indicado por la Autoridad; estando divididas como se indica a continuación:

- Descarga 1 (Desc_OC_1). Esta obra está constituida por una cuneta trapezoidal (Longitud ocupación: 22,86 m), un colector con sección circular de 20" de diámetro (Longitud ocupación: 17,82 m) y desde la confluencia de estas 2 obras, un canal escalonado hasta su entrega en el drenaje asociado a la Quebrada NN (Afluente Sin Nombre 5). Dicho canal escalonado se detalla en la Figura 7-10. (Área de ocupación Desc_OC_1: 58,79 m²)
- Descarga 2 (Desc_OC_2). Esta obra está constituida un colector con sección circular de 20" de diámetro (Longitud ocupación: 18,14 m), el cual entrega a un canal escalonado hasta su disposición de las aguas en el drenaje asociado a la Quebrada NN (Afluente sin nombre 5). Dicho canal escalonado se detalla en la Figura 7-10. (Área de ocupación Desc_OC_2: 29,96 m²)

Sobre la ocupación Desc_OC_1, en el tramo de interés se tiene para la cuneta de sección trapezoidal, una conformación en suelo cemento como se detalla en la Figura 7-5.

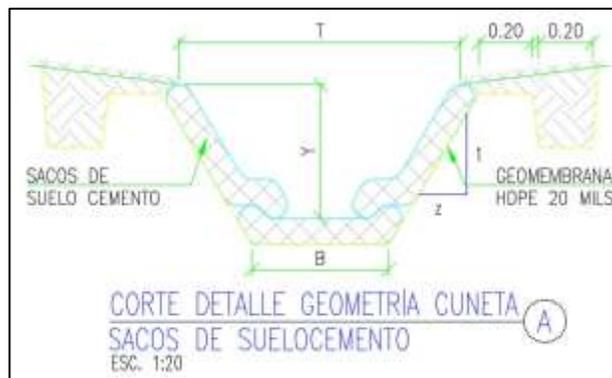


Figura 7-5. Detalle cuneta 22 asociada al tramo de ocupación de cauce Desc_OC_1

Fuente: ISA INTERCOLOMBIA, 2023

Las dimensiones relacionadas en los planos de detalle, anexos al presente EIA, son T: 1,00 m, B: 0,5 m, Y: 0,5 m y Z: 0,5.

Adicionalmente, el sistema de conducción asociado a la tubería tipo circular culvert de 20" de diámetro, posee una sección como se indica en la Figura 7-6 (denominada en los planos anexos, como C3 y C5, para la Descarga 1 y 2; respectivamente).



Figura 7-6. Detalle colector C3 y C5 asociado al tramo de ocupación de cauce Desc_OC_1 y Desc_OC_2

Fuente: ISA INTERCOLOMBIA, 2023

Las dimensiones asociadas al colector C3, relacionadas en los planos de detalle dan cuenta del diámetro (ϕ): 20", longitud del tramo: 39,35 m, cota rasante inicio: 599,33 m.s.n.m., cota batea inicio: 597,26 m.s.n.m. y cota batea final 596,08 m.s.n.m. Sobre la dimensión "A" puede ser variable en función de las condiciones del terreno, estimándose desde el diseño con un valor mínimo de 1,0 m para este diámetro (20"), cabe aclarar que, a partir de la obra, la distancia restante es un material natural compactado para confinar la obra en el sitio dispuesto. De igual forma, para la obra C5 se tiene, diámetro (ϕ): 20", longitud del tramo: 36,30 m, cota rasante inicio: 596,29 m.s.n.m., cota batea inicio: 593,96 m.s.n.m. y cota batea final 592,87 m.s.n.m.

Ya consideradas las 2 conducciones de aguas lluvias descritas anteriormente, éstas confluyen o descargan en un canal final de entrega como se ilustra en la Figura 7-10. Dicho canal, dispuesto en el tramo más cercano al drenaje receptor, aplica para la Desc_OC_1 y Desc_OC_2. Sus esquemas y configuraciones para la Descarga 1 y Descarga 2 se muestran en la Figura 7-7 y Figura 7-8, correlativamente.



Figura 7-7. Detalle obras de ocupación de cauce Desc_OC_1

Fuente: ISA INTERCOLOMBIA, 2023

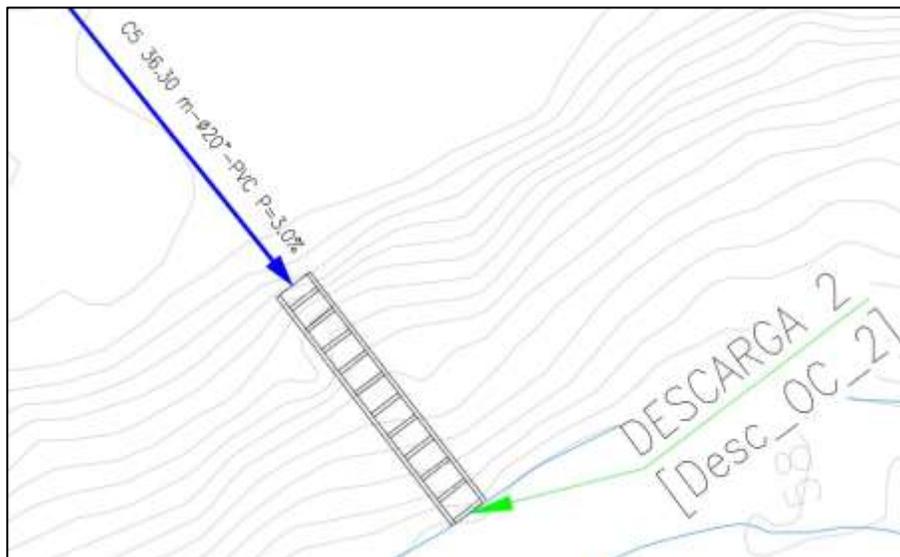


Figura 7-8. Detalle obras de ocupación de cauce Desc_OC_2

Fuente: ISA INTERCOLOMBIA, 2023

Sobre este tramo final (canal escalonado común para las ocupaciones Desc_OC_1 y Desc_OC_2), se prevé la construcción de canales escalonados de 0,65 m de huella y contrahuella continua. Dichas dimensiones, poseen adicionalmente 0,15 m (por cada escalón), constituidos por una pestaña con elevación de 0,20 m; la cual cumple igualmente con la atenuación de la corriente y disipación de energía.

La distribución del flujo a un escalón siguiente se genera mediante 6 tuberías en línea de 3" de diámetro, embebidas en la pestaña de 0,2 m (ver Figura 7-9) y distribuidas uniformemente en el ancho (1,2 m) de la sección. En la Figura 7-10 se presenta el perfil longitudinal del canal y en la Figura 7-11 el detalle de sus dimensiones y sección transversal.

Se resalta que dichas descargas entregan sus aguas sobre la margen izquierda de la corriente, adaptándose a la topografía de la margen, y así, generar una mínima alteración del régimen hidráulico de la quebrada.

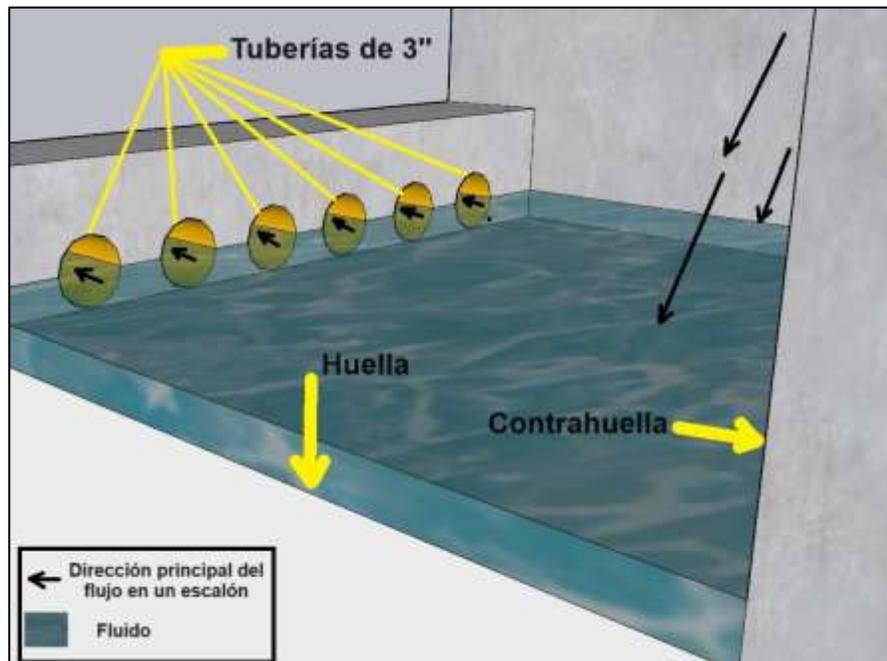


Figura 7-9. Detalle obras embebidas en la estructura de disipación de energía Desc_OC_1 y Desc_OC_2

Fuente: SAG, 2024



Figura 7-10. Perfil longitudinal estructuras proyectadas en la margen izquierda de la Quebrada NN (Afluente Sin Nombre 5) ocupaciones Desc_OC_1 y Desc_OC_2

Fuente: ISA INTERCOLOMBIA, 2023

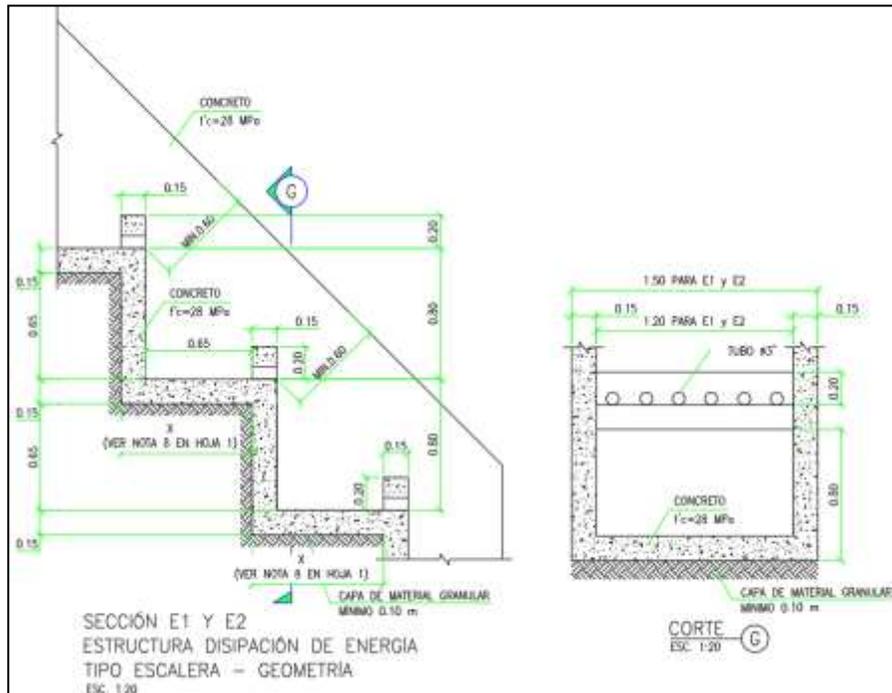


Figura 7-11. Detalle y sección transversal canal escalonado ocupaciones Desc_OC1 y Desc_OC2

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DEL PROYECTO INTERCONEXIÓN CARRIELES A 230 MIL VOLTIOS		
		Rev. No.: 5	2024-08-05

Fuente: ISA INTERCOLOMBIA, 2023

Estas obras, Descarga 1 (Desc_OC_1) y Descarga 2 (Desc_OC_2) tendrán como función principal la evacuación de las aguas lluvias que se concentren en la subestación del proyecto, sobre la margen izquierda de la Quebrada NN (Afluente Sin Nombre 5). En la Figura 7-12 se muestra la ubicación de las 2 descargas de aguas lluvias junto al polígono de la subestación.



Figura 7-12. Ubicación de las obras de descarga de aguas lluvias proyectadas en la quebrada NN (Afluente sin nombre 5)

Fuente: SAG, 2024

7.4.1.2 Torre T-13M

En relación con la ocupación de cauce sobre el río Cauca ([Torre_T13M](#)), se proyecta un pedestal de sección rectangular que estructuralmente soporte el peso de la torre T-13M; dicha estructura se encuentra delimitada por las coordenadas mostradas previamente en la Tabla 7-8. Su altura mínima deberá ser de 1,0 m sobre el terreno existente. Dicho polígono encierra (con un margen adicional de seguridad) el ancho entre patas de la torre de 21 m x 21 m, ([Área de ocupación Torre_T13M: 1043,54 m²](#)). en la Figura 7-13 se presenta el corte

general de la cimentación y en ANEXO_7_1_PLANOS_OC se presentan los diseños de la cimentación de la T-13M.

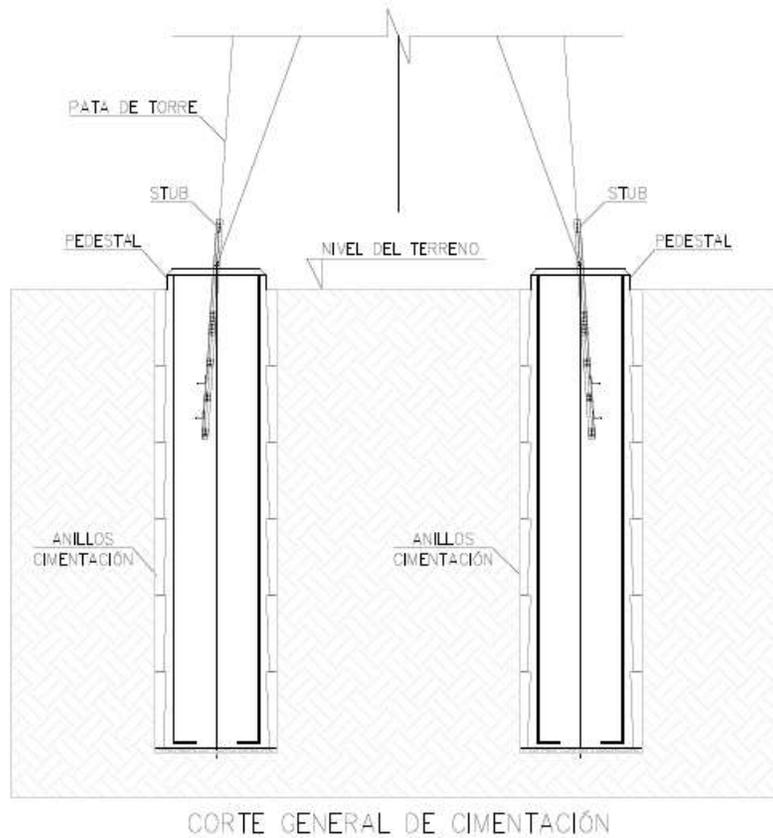


Figura 7-13. Corte general de cimentación torre T13M

Fuente: ISA INTERCOLOMBIA, 2024

En la Figura 7-14 se observa el esquema y localización de la ocupación proyectada.

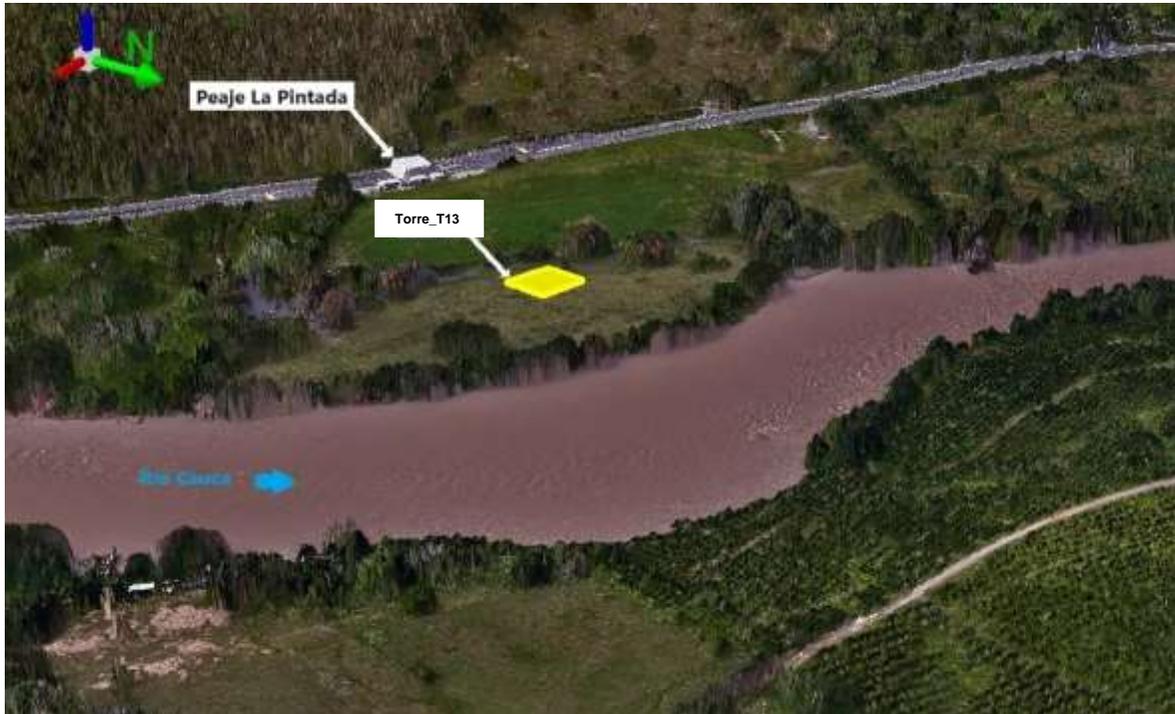


Figura 7-14. Ubicación OC Torre T_13M sobre la margen izquierda del río Cauca

Fuente: SAG, 2024

Los detalles de diseño y demás información relacionada con las ocupaciones de cauce, se encuentran en el ANEXO_7_1_PLANOS_OC, donde se presentan los diseños de las obras de descarga de aguas lluvias que requieren ocupación de cauce ([Desc_OC_1](#) y [Desc_OC_2](#)) y los diseños de la cimentación de la T-13M ([Torre_T13M](#)). Así mismo, en el ANEXO_7_2_FUN_OC se presenta el Formulario Único Nacional correspondiente para las tres (3) ocupaciones de cauce.

Para analizar el comportamiento hidráulico de las ocupaciones de interés, se consideran las condiciones más desfavorables (caudales máximos) asociadas a la ocurrencia de eventos de inundación desde 2,33 hasta 100 años de periodo de retorno. Lo anterior, desarrollado en el área aferente al proyecto de Interconexión Carreles a 230 mil voltios, tanto para condiciones existentes como proyectadas. Su ejecución, se realizó mediante la implementación del software HEC-RAS 6.4.1 en su módulo 2D. A continuación, se presentan las descripciones sobre la información disponible, modelo utilizado y resultados obtenidos.

7.4.2 Información disponible

Para la construcción de una superficie ráster consolidada del terreno, que represente adecuadamente las zonas de interés para la modelación hidráulica, se cuenta con un levantamiento LIDAR de alta resolución (0,5 X 0,5 m). Dicho levantamiento abarca toda la

zona de interés para las 3 ocupaciones de cauce. En la Figura 7-15, se ilustra el detalle de la superficie LIDAR; DSM (Digital Surface Model) y DTM (Digital Terrain Model).

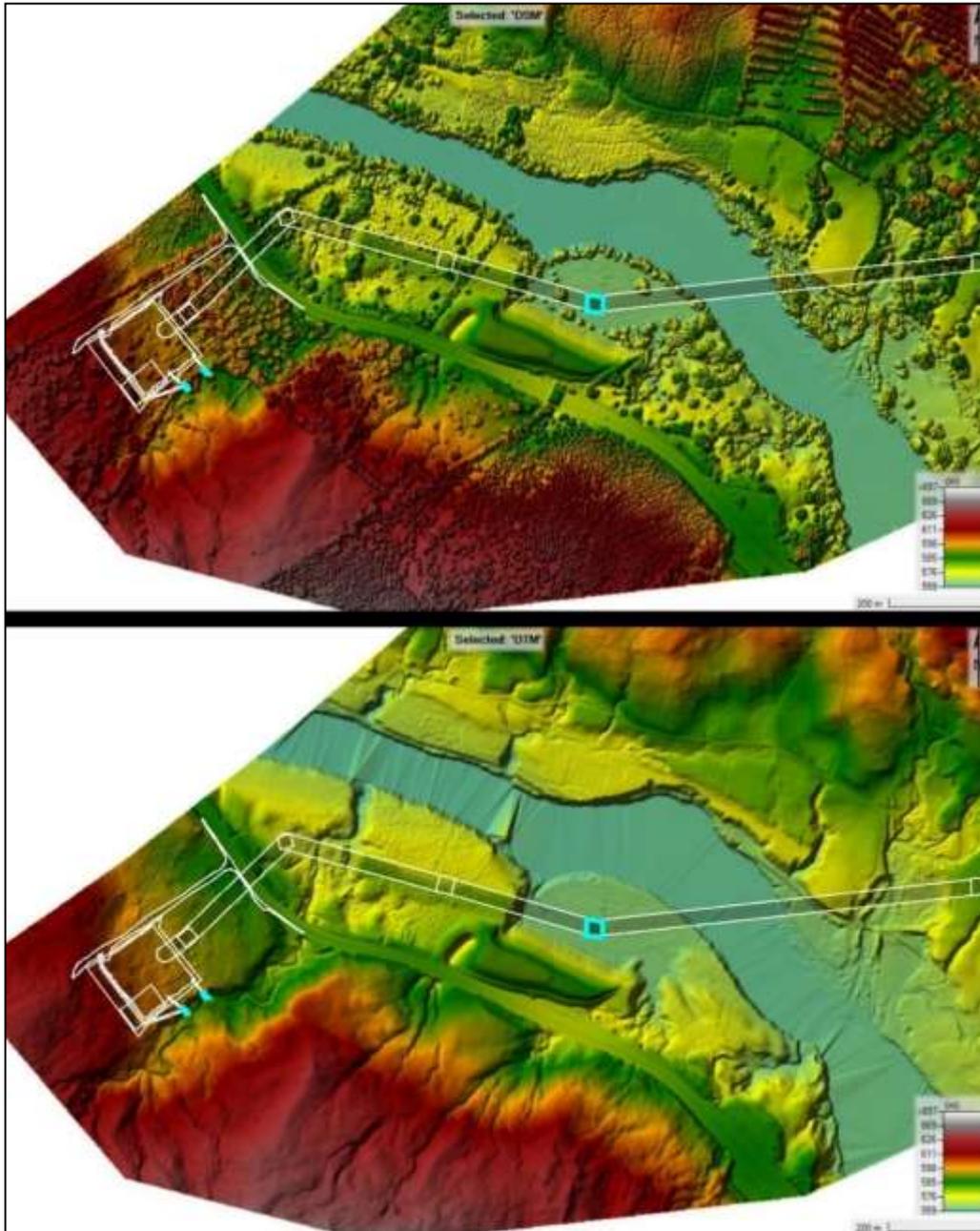


Figura 7-15. LIDAR levantado en la zona de interés. Arriba: DSM. Abajo: DTM

Fuente: SAG, 2024

Adicionalmente, se cuenta con un levantamiento batimétrico de dos secciones transversales sobre el río Cauca, las cuales fueron objeto de interpolación lineal considerando una pendiente promedio de 0,0013 m/m asociada a la pendiente de la lámina de agua sobre la información LIDAR, que, junto a otras fuentes secundarias de información y observaciones en campo de las condiciones del flujo, se acoge como un valor promedio viable, ajustado a las condiciones en la zona de evaluación. La ubicación de las secciones transversales se aprecia en la Figura 7-16, las metodologías de levantamiento tanto para el LIDAR, como la batimetría; se presentan en el ANEXO_7_3_MEMORIAS_SH. Una vez generados los procesos necesarios para el empalme en los softwares GIS y CAD, se obtuvo la superficie ráster consolidada mostrada en la Figura 7-17.



Figura 7-16. Ubicación secciones transversales levantadas sobre el río Cauca

Fuente: SAG, 2024

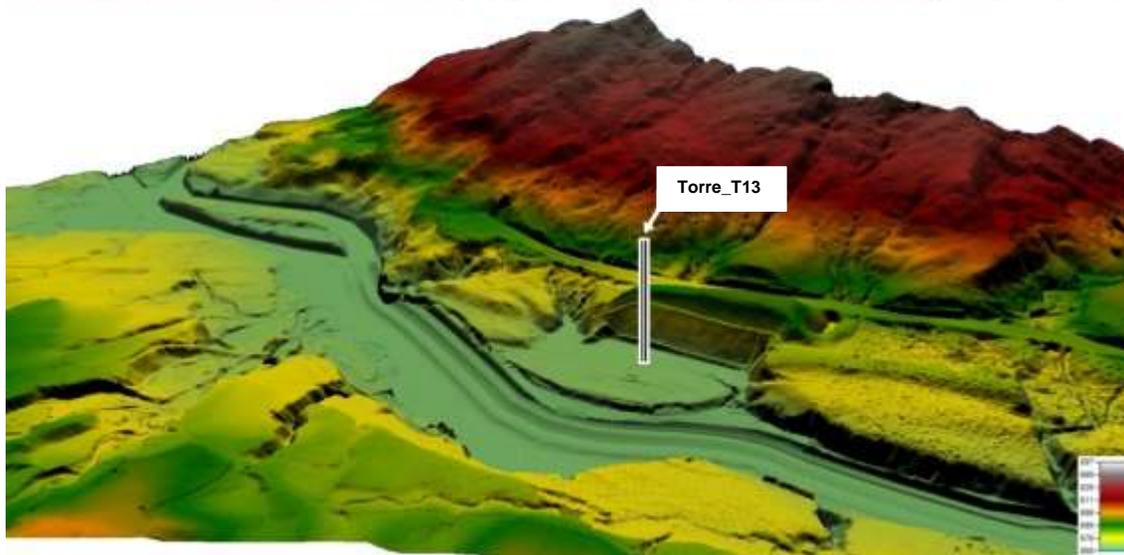
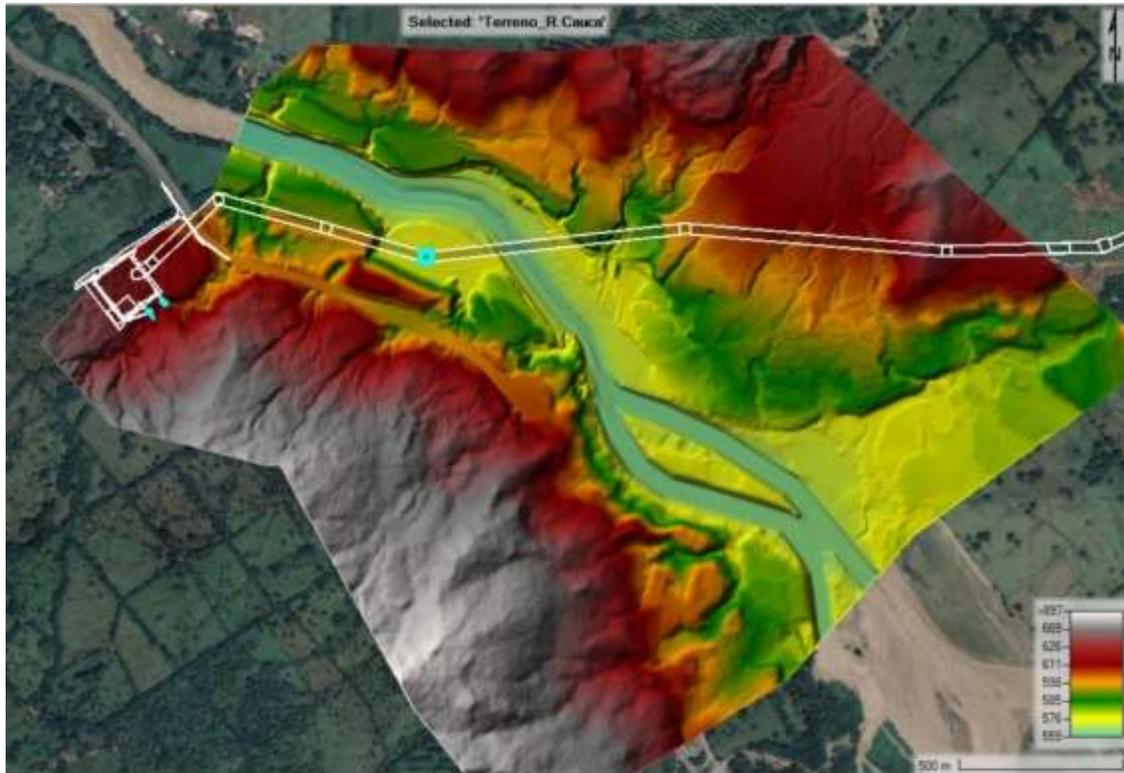


Figura 7-17. Superficie ráster utilizada en la modelación hidráulica sobre el río Cauca

Fuente: SAG, 2024

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DEL PROYECTO INTERCONEXIÓN CARRIELES A 230 MIL VOLTIOS	
		Rev. No.: 5 2024-08-05

7.4.3 Modelación Hidráulica

El objeto principal de la modelación hidráulica es mostrar los niveles de agua sobre los canales, obras existentes y el comportamiento de la inundación sobre la planicie aluvial, con una buena precisión en las coordenadas del flujo de los distintos cuerpos de agua durante los eventos extremos. Así mismo, lograr encontrar elementos de comparación y posible cambio, al considerar un escenario existente y otro proyectado, generando un análisis sobre la posible influencia asociada a las obras. Dicho análisis, en función de las principales variables hidráulicas como son profundidad [m] y velocidad [m/s], que sustentan la solicitud de ocupación de cauce sobre la Quebrada NN (Afluente sin nombre 5) y el río Cauca en la zona del proyecto.

7.4.3.1 Marco conceptual de la modelación

Un modelo hidráulico es una herramienta que permite representar el comportamiento de las variables hidráulicas presentes en el tránsito de los caudales de diseño de una corriente, en este caso, de una corriente de agua superficial, evaluando a partir de la simulación de escenarios el comportamiento de esta.

El software HEC-RAS (6.4.1) requiere como datos de entrada el régimen de flujo, las condiciones de borde y el valor de rugosidad de Manning (n), solucionando la ecuación para flujo gradualmente variado en canales naturales y para régimen permanente en canales artificiales. Las profundidades del flujo se calculan a partir del método estándar por pasos y como resultado del modelo se obtiene la superficie libre del agua asociada a una condición de caudal impuesta que puede variar a lo largo del cauce.

En primer lugar, se debe realizar la calibración del modelo hidráulico, la cual consiste en ajustar los diferentes parámetros de entrada del modelo para poder realizar la evaluación de las condiciones reales de las corrientes en el tramo de interés, es decir, que la situación modelada mediante el uso del HEC-RAS represente las condiciones y evidencias del tránsito del flujo a través del canal de la corriente. Para ello se realiza la estimación del coeficiente de rugosidad de Manning y se evalúa el comportamiento de los caudales de diseño calculados en el estudio hidrológico. El modelo hidráulico HEC-RAS presenta las siguientes ventajas:

- Está bien documentado (cuenta con manuales de usuario).
- Es de distribución gratuita.
- Tiene una interfaz gráfica amigable que facilita el manejo e ingreso de datos.
- Es posible acoplar entradas de flujos puntuales al cauce principal, como afluentes naturales o vertimientos.

El modelo tiene la posibilidad de realizar simulaciones en 1 y 2 dimensiones.

- Realiza simulación de transporte de sedimentos.

El software HEC RAS (6.4.1) permite realizar simulaciones bidimensionales utilizando como base las ecuaciones de conservación de masa (continuidad) y de Saint Venant o

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DEL PROYECTO INTERCONEXIÓN CARRIELES A 230 MIL VOLTIOS		
		Rev. No.: 5	2024-08-05

ecuaciones para aguas poco profundas (en 2 dimensiones), las cuales surgen de la integración en la vertical de las ecuaciones de Navier - Stokes.

$$\frac{\partial H}{\partial t} + \frac{\partial(hu)}{\partial x} + \frac{\partial(hv)}{\partial y} + q = 0$$

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} = -g \frac{\partial H}{\partial x} + v_t \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right) - c_f u + f_v$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} = -g \frac{\partial H}{\partial y} + v_t \left(\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} \right) - c_f v + f_u$$

Dónde:

- u, v: Componentes de la velocidad en las direcciones “x”, “y” respectivamente.
- H: Altura desde un nivel de referencia (datum) hasta la lámina de agua.
- h: Altura desde el fondo del canal hasta la lámina de agua.
- q: Fuente/sumidero de flujo.
- g: Aceleración de la gravedad.
- v_t : Coeficiente de viscosidad de Eddy (Horizontal).
- c_f : Coeficiente de fricción de fondo.
- f: Parámetro de Coriolis.

7.4.3.2 Modelo hidráulico [Desc_OC_1](#) y [Desc_OC_2](#)

La evaluación hidráulica de las fuentes de agua superficial consideró dos escenarios de simulación. Inicialmente, se analizó el comportamiento del drenaje sin la presencia de las obras, escenario definido como línea base.

Para el escenario con la implementación de las obras proyectadas o futuras, se incluyó el diseño hidráulico de las obras de descarga, con el fin de analizar la posible influencia de estas sobre la dinámica de la quebrada NN (Afluente sin nombre 5) en eventos máximos.

Adicionalmente, al evaluar la influencia de las obras más cercanas a la subestación dentro de la ronda hídrica, previas a los canales escalonados (cunetas y colectores presentes en ambas descargas en su tramo final, en contacto directo con el cauce); no es relevante la inclusión de estas obras previas a los canales escalonados, correspondientes a cunetas y colectores, en las configuraciones hidrodinámicas. Lo anterior, manifestado en las condiciones del talud con altas pendientes laterales y cuyos niveles de crecientes máximas extremas, solo alcanzan el dominio de la obra mencionada (canal escalonado) en ambos casos, sin influencias a destacar, ni remansos hacia aguas arriba de la obra.

Para el desarrollo del modelo hidráulico se empleó como información base la topografía y batimetría, los caudales de entrada, la pendiente longitudinal del cauce y las distintas

rugosidades de Manning (n) acorde a las coberturas presentes en el área de modelación (ver Figura 7-19).

La topografía empleada para la simulación fue levantada por medio de sensor LIDAR y topografía de detalle en la zona donde se identifica el canal y las geoformas características de la zona, con base a este se construyó un MDT de 0,5 m (ver Figura 7-18). Los caudales máximos por transitar se tomaron del capítulo 5.1 del presente estudio cuyos valores se consignan en la Tabla 7-9.

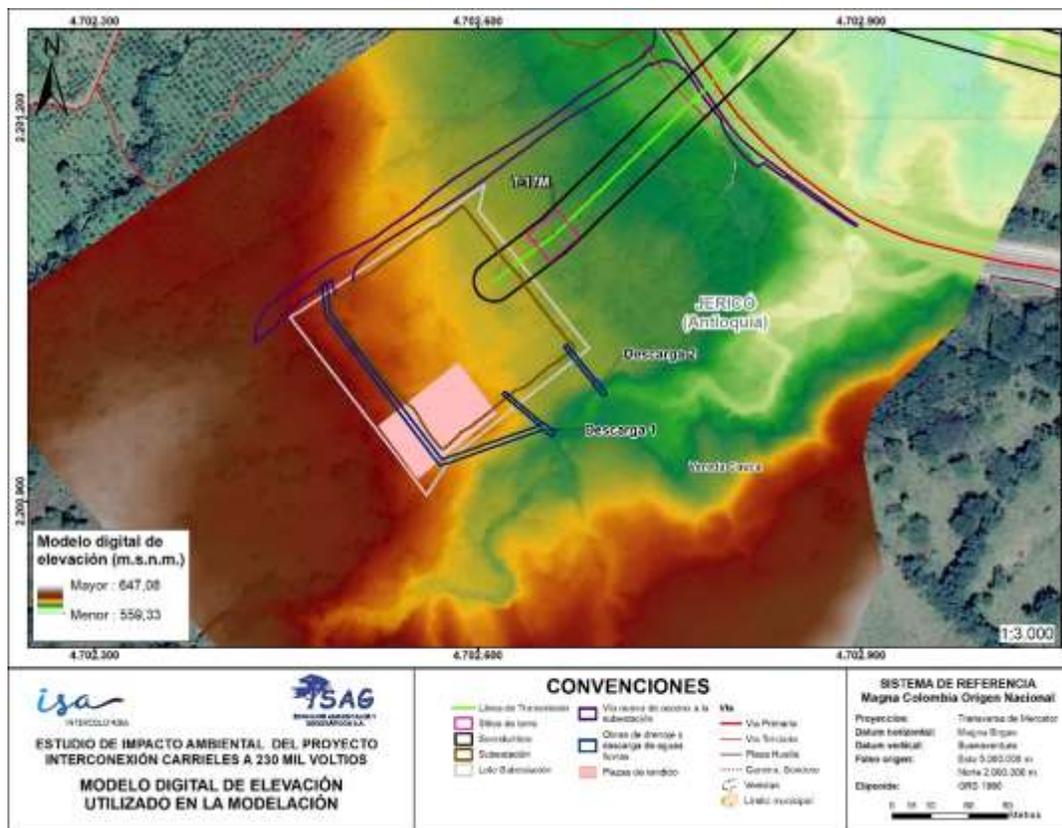


Figura 7-18. Modelo digital de terreno generado para la simulación hidráulica ocupaciones Desc_OC_1 y Desc_OC_2

Fuente: SAG, 2024

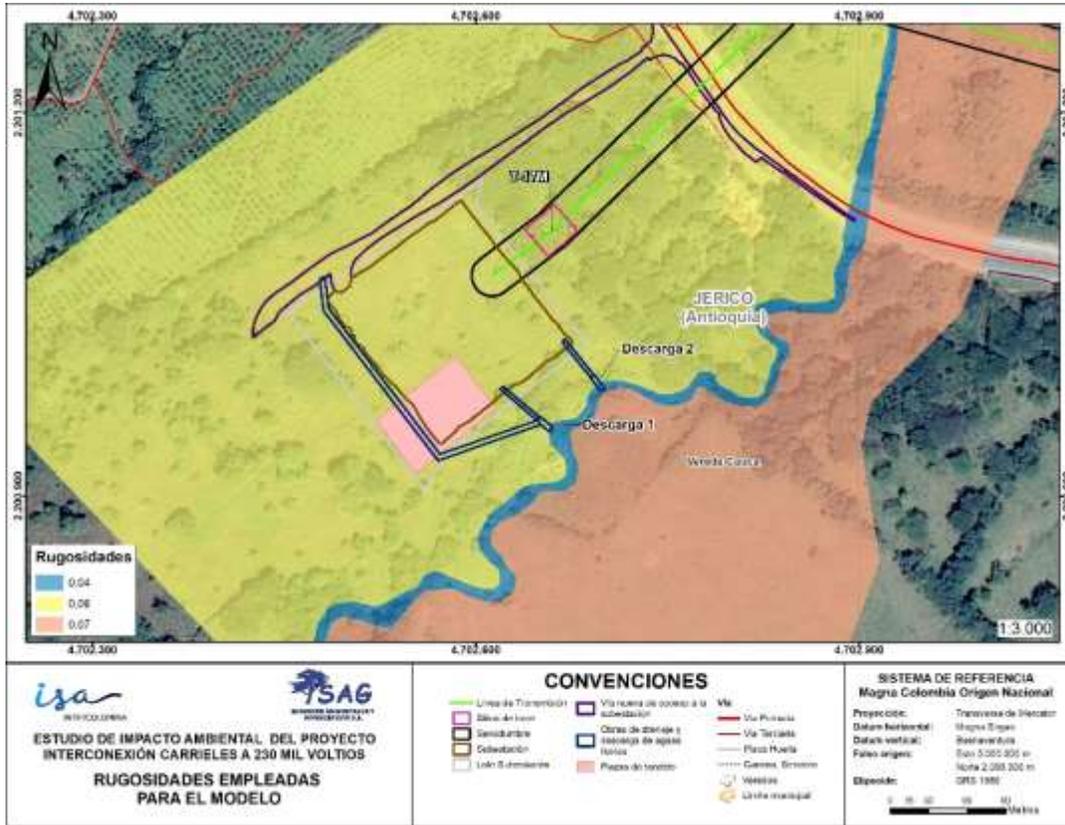


Figura 7-19. Rugosidades empleadas en el modelo hidráulico ocupaciones Desc_OC_1 y Desc_OC_2

Fuente: SAG, 2024

Tabla 7-9. Caudales máximos estimados en capítulo de hidrología

Caudales para distintos periodos de retorno [m ³ /s]						
Río/Quebrada	Tr=2	Tr=5	Tr=10	Tr=25	Tr=50	Tr=100
Quebrada NN (Afluente sin nombre 5)	6,26	9,32	11,58	14,78	17,89	21,95

Fuente: SAG, 2024

Para la modelación 2D es necesario establecer una malla computacional, que divida la zona de estudio en celdas que constituyan pequeñas porciones del terreno de tamaño cuasi uniforme por defecto, o variable según se defina. Cada celda se compone de un volumen y un número de caras que puede ir desde 3 hasta 8, las cuales se comunican entre sí dando ingreso y salida del flujo que pasa a través de cada una de ellas.

El tamaño de la malla computacional da un buen resultado siempre y cuando su dimensión se acople a los cambios presentes en la topografía, puesto que celdas muy grandes pueden

poseer en una sola de ellas cambios importantes de gradientes de elevación que no son captados en los resultados.

El presente estudio empleó una malla computacional de con celdas de 2 m x 2 m, con un refinamiento para la zona del canal de la Quebrada NN (Afluente sin nombre 5) de 0,50 x 0,50 m, la configuración geométrica del modelo incluyó la obra de cruce existente con la vía de la concesión vial Pacífico 2 (ver Figura 7-20). Para el escenario en condición proyectada, se incluyeron las obras en el terreno existente para el cual se conservó el esquema del mallado en condiciones existentes, conservando el nivel de detalle del mallado para su posterior análisis.

Estas variaciones (ΔX , ΔY) fueron estipuladas con el fin de obtener y visualizar los cambios presentes en los canales de las fuentes hídricas. Para la ejecución del modelo se deben decretar las condiciones de frontera sobre la malla computacional, las cuales funcionan como punto de partida y la variable o constante ingresada en cada una de ellas son las condiciones iniciales del modelo. Como condiciones de frontera para el modelo hidráulico se utilizó la pendiente de fricción, tomada como la pendiente del canal en cada uno de los puntos donde existe entrada de caudal e igualmente como condición inicial el tránsito de los caudales anteriormente mencionados según cada escenario modelado. Finalmente, se considera como salida del flujo la zona más aguas debajo de la Quebrada NN (Afluente sin nombre 5).

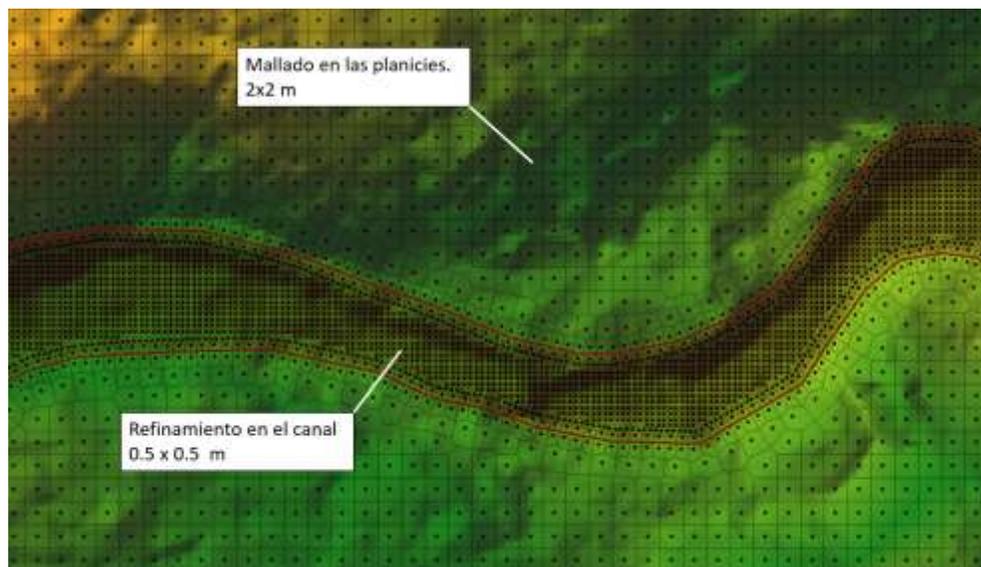


Figura 7-20. Tamaño de malla computacional que se empleó en la modelación

Fuente: SAG, 2024

En la calibración de la simulación hidráulica se optó por tomar un paso de tiempo computacional (Δt) de 2 segundos, el cual es la variación temporal para iniciar un nuevo cálculo de cada variable hidráulica en las celdas, esto cumpliendo con la condición de

Courant, la cual equilibra la relación “tiempo computacional vs resolución y calidad del resultado que se desea” (sin excedencias); este tiempo cumplió para todos los tipos de malla computacional acorde a la resolución necesaria objeto del presente estudio. Adicionalmente se despreció el efecto de Coriolis dada la ubicación geográfica de la modelación de interés donde su efecto no es de gran impacto. La condición de Courant se presenta en la siguiente ecuación:

$$Cr = V_w \frac{\Delta t}{\Delta x} \leq 1,0, \text{ despejando } \Delta t \text{ se obtiene: } \Delta t \leq \frac{\Delta x}{V_w}$$

Dónde:

Δt : Paso de tiempo computacional (s)

Δx : Resolución (celda) de la malla computacional (m)

V_w : Velocidad de la onda de inundación [m/s], $V_w = V * f$, donde V es la velocidad media y f es un factor según el tipo de canal (Ver Tabla 7-10).

Tabla 7-10. Relaciones entre la velocidad de la onda de inundación y la velocidad media recomendadas por HEC-RAS 6.3

Tipo de Canal	Relación V_w/V
Ancho Rectangular	1,67
Ancho Parabólico	1,44
Triangular	1,33
Canal Natural	1,50

Fuente: HEC-RAS, 2024

Tomando $V = 1.20$ m/s como una velocidad media general del flujo sobre la Quebrada NN (Afluente sin nombre 5):

$$\Delta t \leq \frac{2 \text{ m}}{1,20 \frac{\text{m}}{\text{s}} * 1.5} = 1.11 \text{ s}$$

Adicional a la configuración establecida, se consideró las siguientes restricciones de carácter numérico al desarrollar las ecuaciones de Saint Venant como son:

- Tolerancia de error en la superficie de agua de 0,003 m basado en un máximo de 20 iteraciones. En caso tal de que se presentaran valores de cota de lámina de agua tendientes a la divergencia o con errores altos (mayores a 0,3 m) para un paso de tiempo computacional, se verificó la permanencia de los errores en diferentes pasos de tiempo de computación; si al paso siguiente o cercano lograban estabilizarse y reducir su error a los estándares estipulados inicialmente, se consideraron los resultados correctos.
- Se estableció un periodo de calentamiento o de condiciones iniciales de 0,2 horas para el drenaje de interés.

En el ANEXO_7_3_MEMORIAS_SH se presentan las memorias de la simulación hidráulica.

7.4.3.2.1 Análisis de resultados

El presente numeral abarca el análisis del tránsito hidráulico hecho con el HEC – RAS, específicamente de las variables profundidad y velocidad (Tr 2,33 y Tr 100) obtenidas en la modelación. El apartado 7.4.3.2.1.1 contiene el análisis en condición existente de la Quebrada NN (Afluente sin nombre 5), mientras que el análisis en condición proyectada se hace en el apartado 7.4.3.2.1.2.

7.4.3.2.1.1 Condición existente

Para el escenario con caudal asociado al evento Tr 2.33 (ver Figura 7-21), se estima que las profundidades de flujo no superen los 1,34 m de profundidad. Se estima que las mayores magnitudes de esta variable para este escenario se presenten en la obra de cruce existente localizada a 54 m aguas abajo de la zona donde se proyectan construir las descargas, la profundidad máxima en la zona de las descargas Desc_OC_1 y Desc_OC_2 es 0,62 y 0,64 respectivamente.

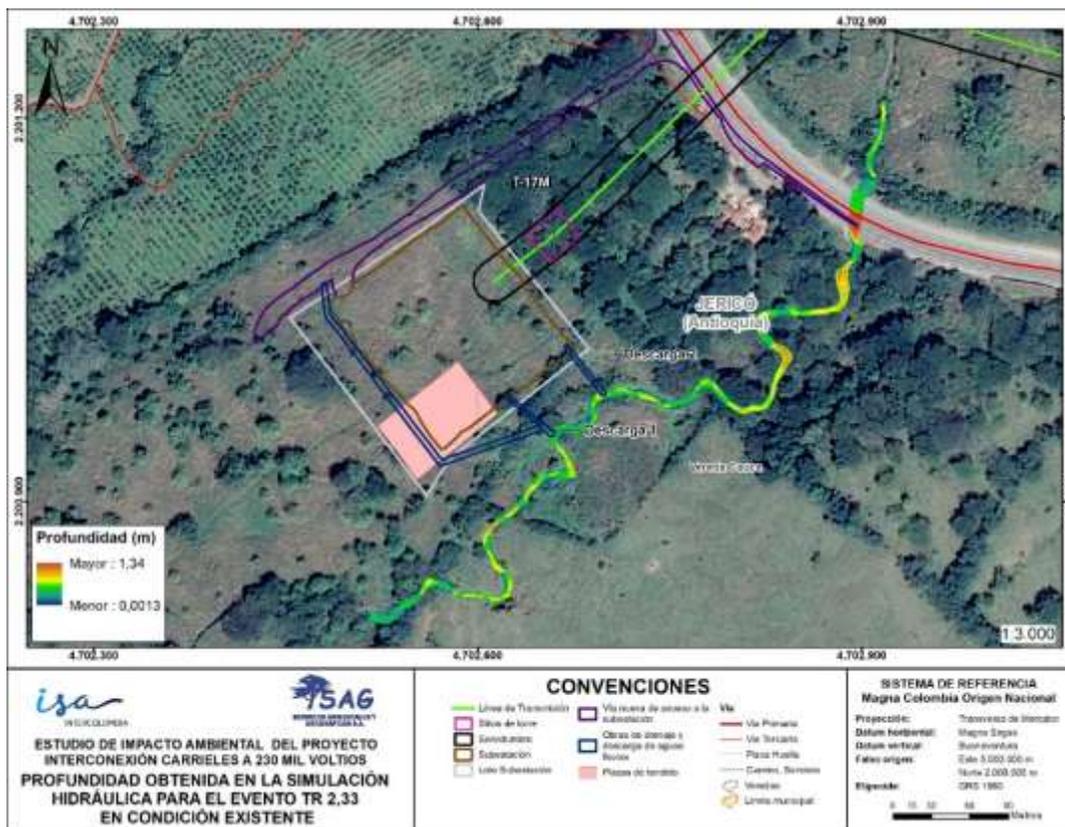


Figura 7-21. Profundidades estimadas en la Quebrada NN (Afluente sin nombre 5) para el escenario Tr 2,33 en condición existente

Fuente: SAG, 2024

Para el evento de los cien años (Tr 100, Figura 7-22) las profundidades incrementan con un valor máximo estimado de 2,88 m, esta se estima se presente en la zona de cruce existente al igual que el escenario anterior analizado; las profundidades en las descargas proyectadas son de 1,17 y 1,19 m para las descargas [Desc_OC_1](#) y [Desc_OC_2](#) respectivamente.

Para la variable velocidad, su valor máximo en el evento de Tr 2,33 4,64 m/s y se prevé se presente en zonas puntuales, especialmente entre las descargas [Desc_OC_1](#) y [Desc_OC_2](#), las velocidades máximas de flujo en las secciones que coinciden con estas descargas son de 2,59 y 2,53 m/s respectivamente (Figura 7-23).

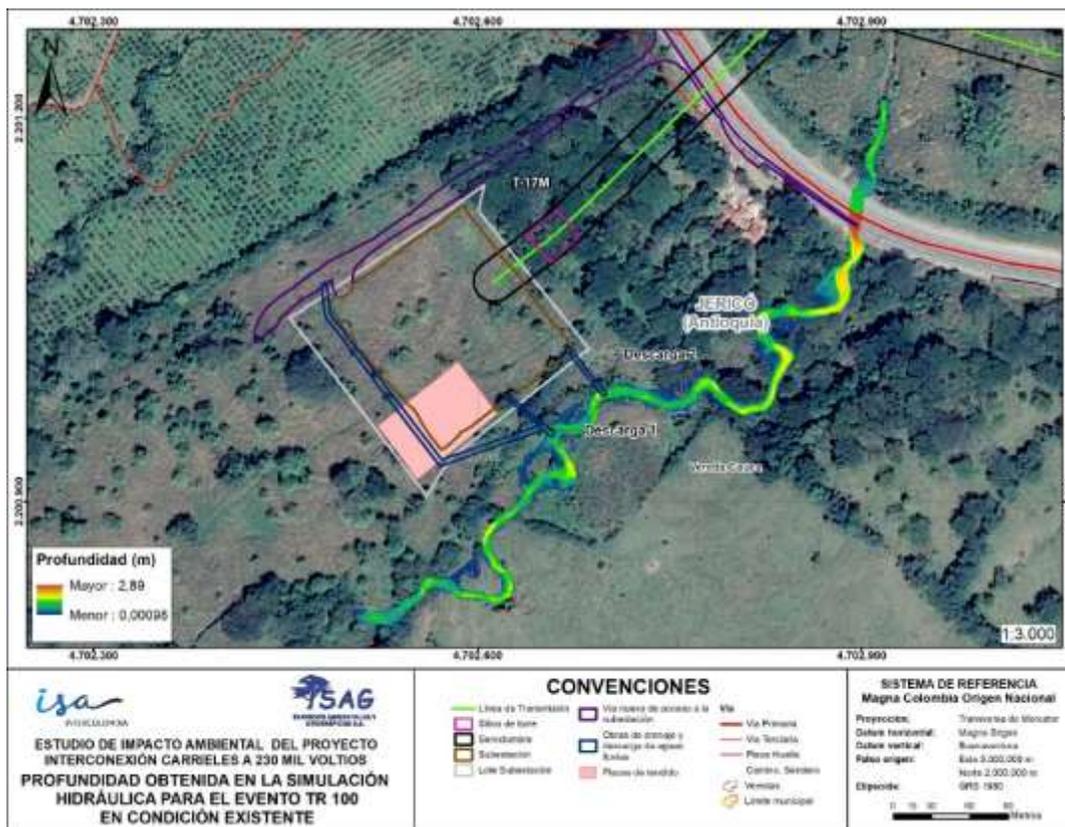


Figura 7-22. Profundidades estimadas en el Quebrada NN (Afluyente sin nombre 5) para el escenario Tr 100 en condición existente

Fuente: SAG, 2024

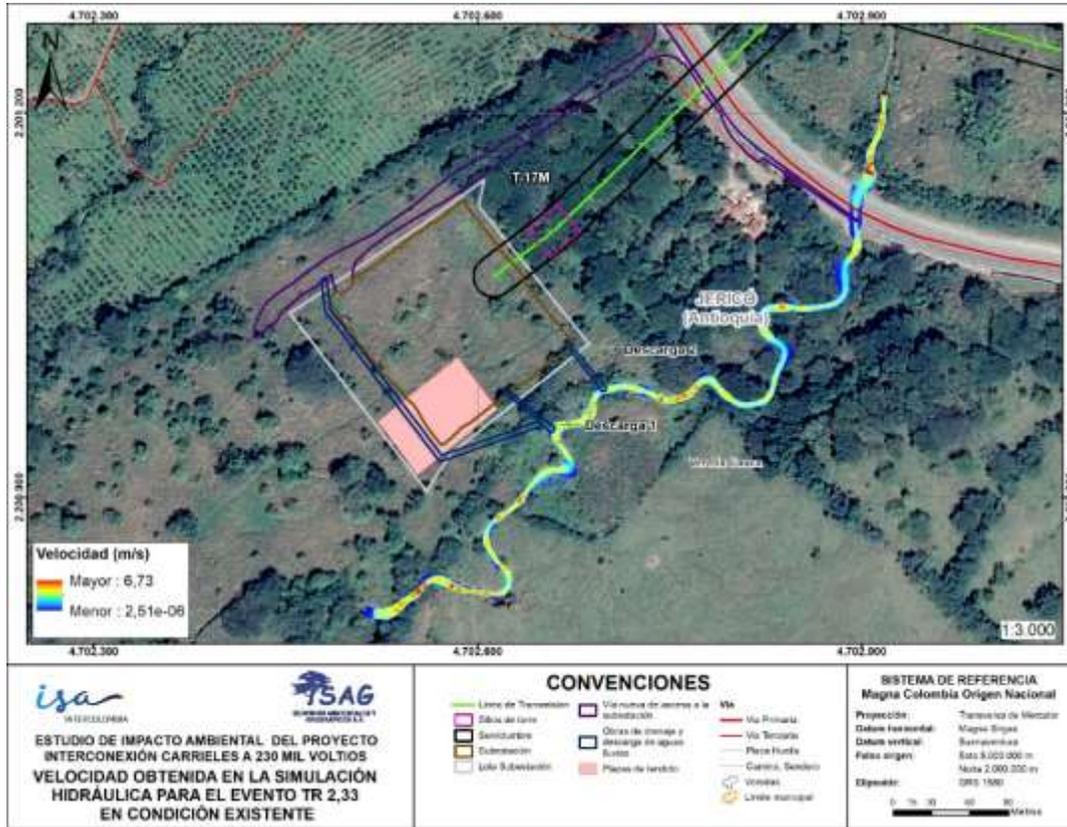


Figura 7-23. Velocidades estimadas en la Quebrada NN (Afluyente sin nombre 5) para el escenario Tr 2,33 en condición existente

Fuente: SAG, 2024

En la creciente Tr 100 la velocidad alcanza un valor máximo de 5,83 m/s y se presenta en zonas puntuales aguas arriba de la obra de cruce existente, la velocidad estimada es de 3,67 y 3,80 m/s para las descargas [Desc_OC_1](#) y [Desc_OC_2](#) respectivamente. (ver Figura 7-24).

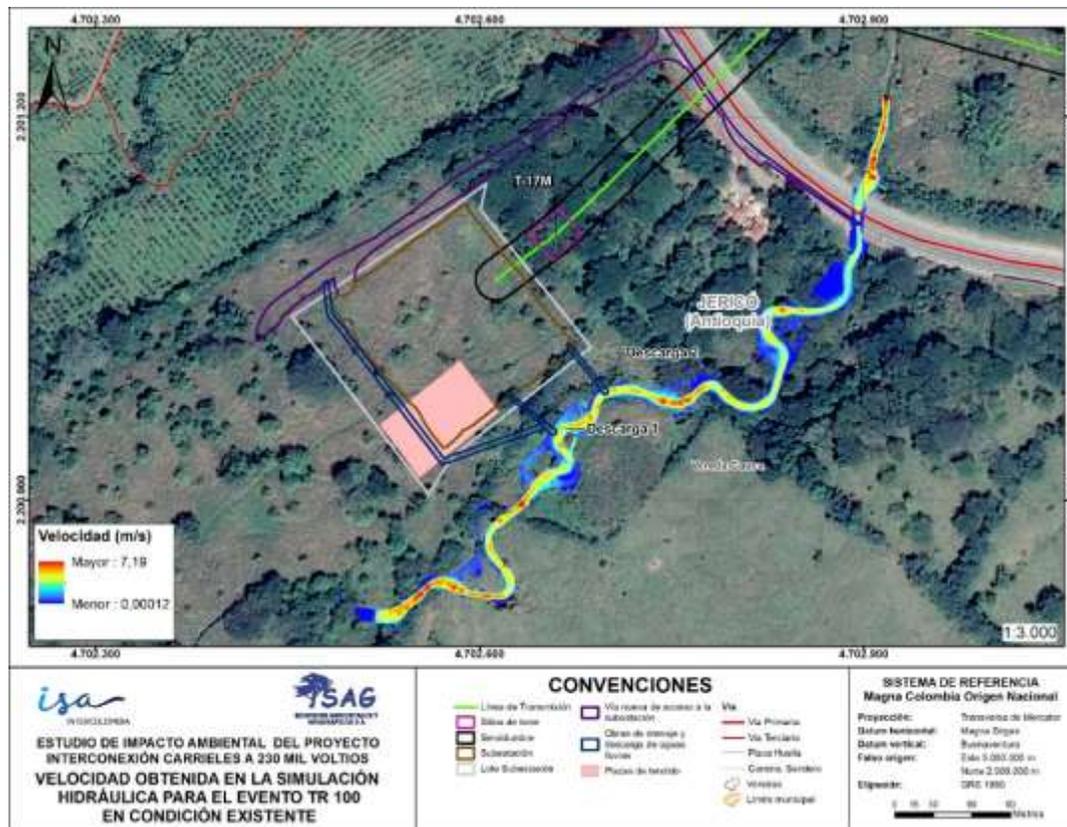


Figura 7-24. Velocidades estimadas en la Quebrada NN (Afluyente sin nombre 5) para el escenario Tr 100 en condición existente

Fuente: SAG, 2024

7.4.3.2.1.2 Condición proyectada

La simulación en condición proyectada considera la presencia de las descargas en la zona, para ello, de acuerdo con los diseños establecidos se incorporó la geometría de ambos canales al MDT existente, se ajustó la rugosidad en esas dos zonas puntuales para luego transitar los caudales máximos estimados. A continuación, se plasman los análisis para los mismos escenarios analizados en el numeral 7.4.3.2.1.1.

Para el escenario con caudal asociado al evento Tr 2,33 (ver Figura 7-25), se estima que en condición proyectada las profundidades de flujo no superen los 1,36 m de profundidad. Se estima que las mayores magnitudes de esta variable para este escenario se presenten en la obra de cruce existente localizada a 54 m aguas abajo de la zona donde se proyectan construir las descargas, la profundidad máxima en Desc_OC_1 y Desc_OC_2 es 0,63 y 0,65 m respectivamente.

Para el evento de los cien años proyectado (Tr 100, Figura 7-26) las profundidades incrementan con un valor máximo estimado de 2,89 m, esta se estima se presente en la

zona de cruce existente al igual que el escenario anterior analizado; las profundidades en las descargas proyectadas son de 1,19 y 1,20 m para las descargas D1 y D2 respectivamente.

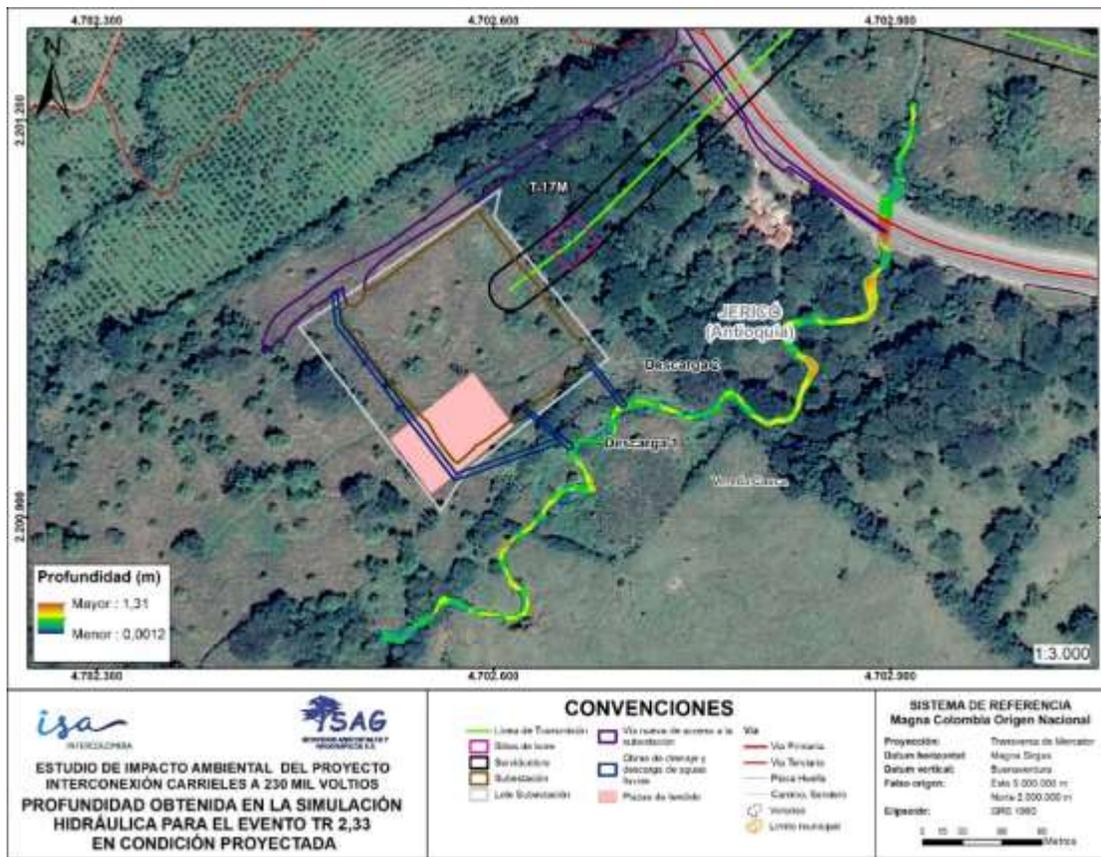


Figura 7-25. Profundidades estimadas en la Quebrada NN (Afluyente sin nombre 5) para el escenario Tr 2,33 en condición proyectada

Fuente: SAG, 2024

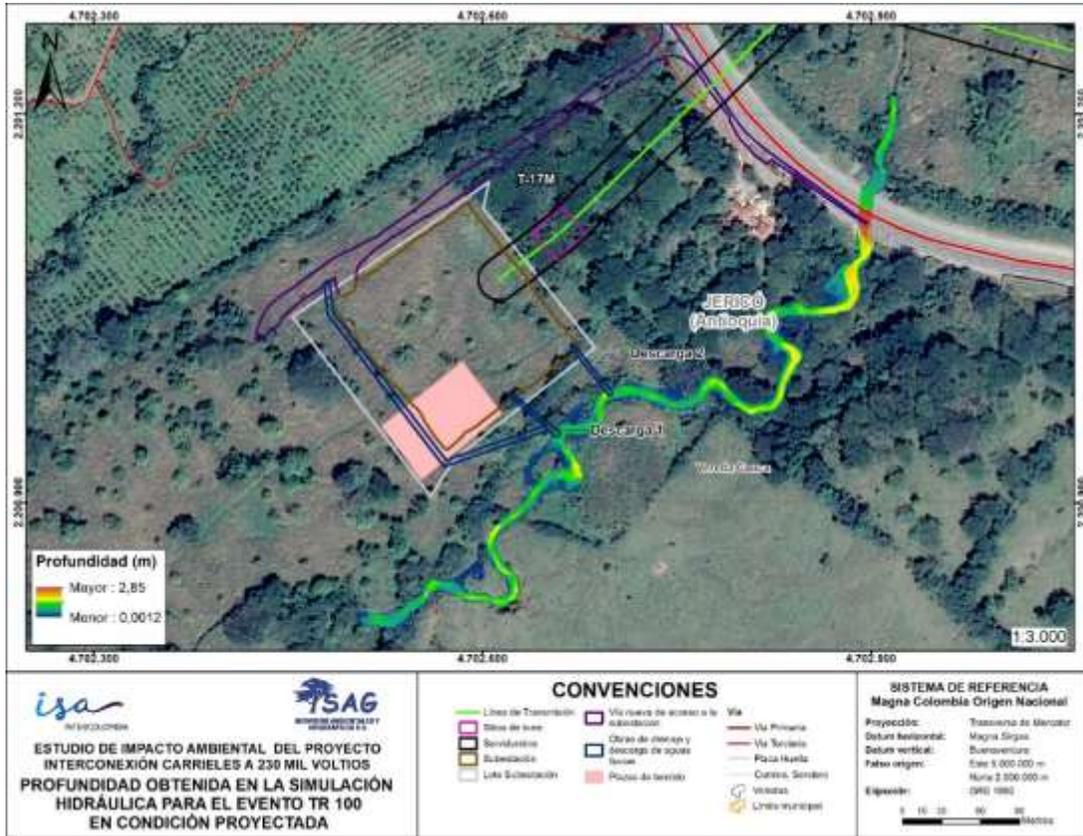


Figura 7-26. Profundidades estimadas en la Quebrada NN (Afluyente sin nombre 5) para el escenario Tr 100 en condición proyectada

Fuente: SAG, 2024

Las velocidades estimadas en condición proyectada alcanzan valores máximos de 4,75 m/s para la creciente Tr 2,33 y se prevé se presente en zonas puntuales, especialmente entre las descargas [Desc_OC_1](#) y [Desc_OC_2](#), las velocidades máximas de flujo en las secciones que coinciden con estas descargas son de 2,60 y 2,53 m/s respectivamente (ver Figura 7-27).

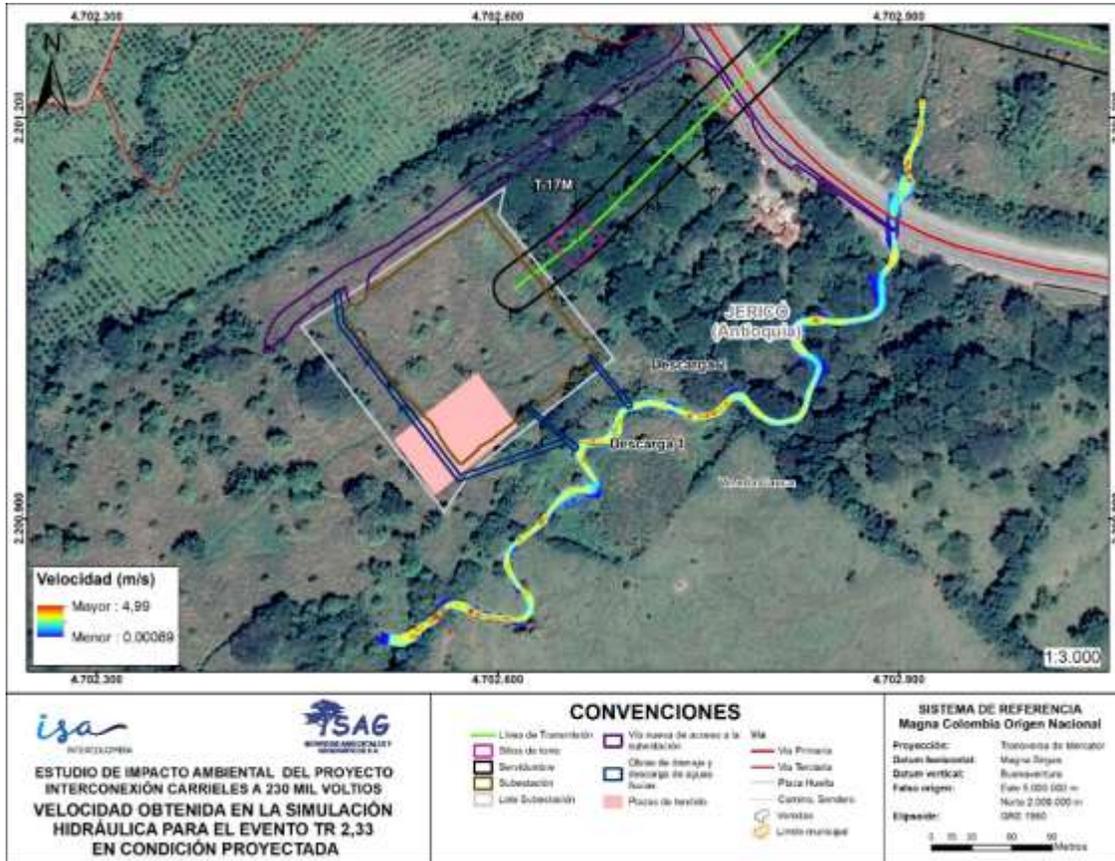


Figura 7-27. Velocidades estimadas en la Quebrada NN (Afluyente sin nombre 5) para el escenario Tr 2,33 en condición proyectada

Fuente: SAG, 2024

En la creciente Tr 100 se estima que la velocidad en condición proyectada alcance un valor máximo de 5,95 m/s y se presenta en zonas puntuales aguas arriba de la obra de cruce existente, la velocidad estimada es de 3,67 y 3,81 para las descargas Desc_OC_1 y Desc_OC_2 respectivamente. En la Tabla 7-11 se presentan los niveles estimados en la Quebrada NN (Afluyente sin nombre 5) a la altura de las descargas de aguas lluvias, Las celdas sombreadas en azul representan la condición existente mientras que las verdes representan la condición proyectada.

Tabla 7-11. Niveles estimados (m s.n.m) en la Quebrada NN (Afluyente sin nombre 5) a la altura de ambas descargas

Obra	Desc_OC_1	Desc_OC_2
Descarga	588	586,5
2.33	589,71	587

Obra	Desc_OC_1	Desc_OC_2
	589,72	587,02
5	589,88	587,15
	589,95	587,19
10	589,91	587,27
	590	587,31
25	590,02	587,44
	590,09	587,46
50	590,17	587,59
	590,2	587,59
100	590,26	587,73
	590,27	587,74

Fuente: SAG, 2024

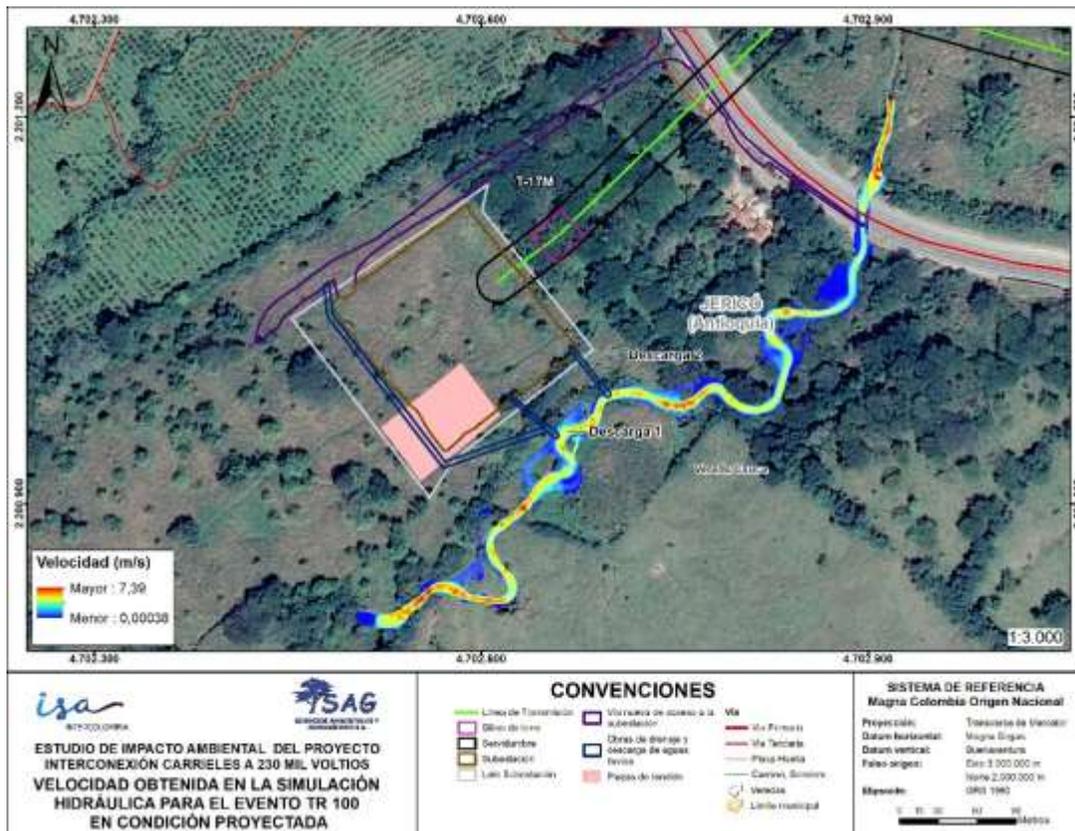


Figura 7-28. Velocidades estimadas en la Quebrada NN (Afluyente sin nombre 5) para el escenario Tr 100 en condición proyectada

Fuente: SAG, 2024

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DEL PROYECTO INTERCONEXIÓN CARRIELES A 230 MIL VOLTIOS	
		Rev. No.: 5 2024-08-05

Respecto a las profundidades, se destaca que para condición proyectada la estructura escalonada de cada descarga queda sumergida por el flujo (ver Tabla 7-11), sin embargo, esta no altera su funcionamiento dado que la tubería que entrega al flujo en esta estructura se localiza por encima del espejo de agua, lo cual garantiza la salida del flujo de la estructura y una adecuada entrega a la Quebrada NN (Afluente sin nombre 5) del caudal por evacuar.

7.4.3.2.1.3 *Análisis de sensibilidad de los resultados*

Con la construcción de las obras proyectadas, se prevé que el cambio sea leve respecto a las variables velocidad y profundidad. Se evidencia en la mancha de inundación un cambio en la geometría de esta, debido a la perturbación del flujo causada por la presencia de las obras en zonas ocupadas por el flujo en eventos crecientes, en especial para la creciente de los cien años. Para el evento Tr 2,33 se estima un incremento en la profundidad que no supera los 0,30 m (ver Figura 7-29), esto causado por la perturbación del flujo mencionada anteriormente. Se estima que para este la lámina varíe para las descargas [Desc_OC_1](#) y [Desc_OC_2](#) un 0,01 y 0,02 m respectivamente (ver Tabla 7-11).

De manera análoga, el cambio en las profundidades para el periodo de retorno de cien años (Tr 100) se estima que el cambio en la profundidad no supere los 0,12 m (ver Figura 7-32). Para este escenario se calcula que el cambio en las profundidades para el caudal máximo de los cien años se de 0,01 m para las descargas [Desc_OC_1](#) y [Desc_OC_2](#) (ver Tabla 7-12).

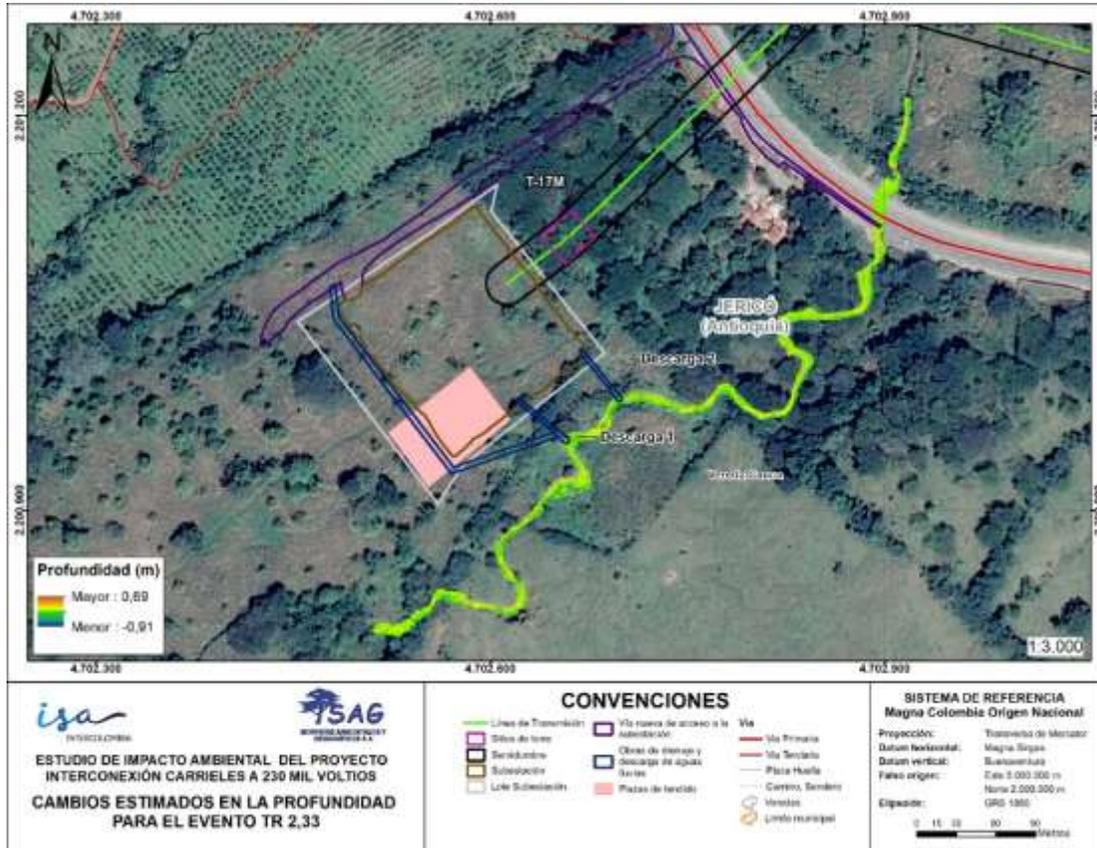


Figura 7-29. Cambio estimado en la variable profundidad para la creciente asociada al Tr 2,33

Fuente: SAG, 2024

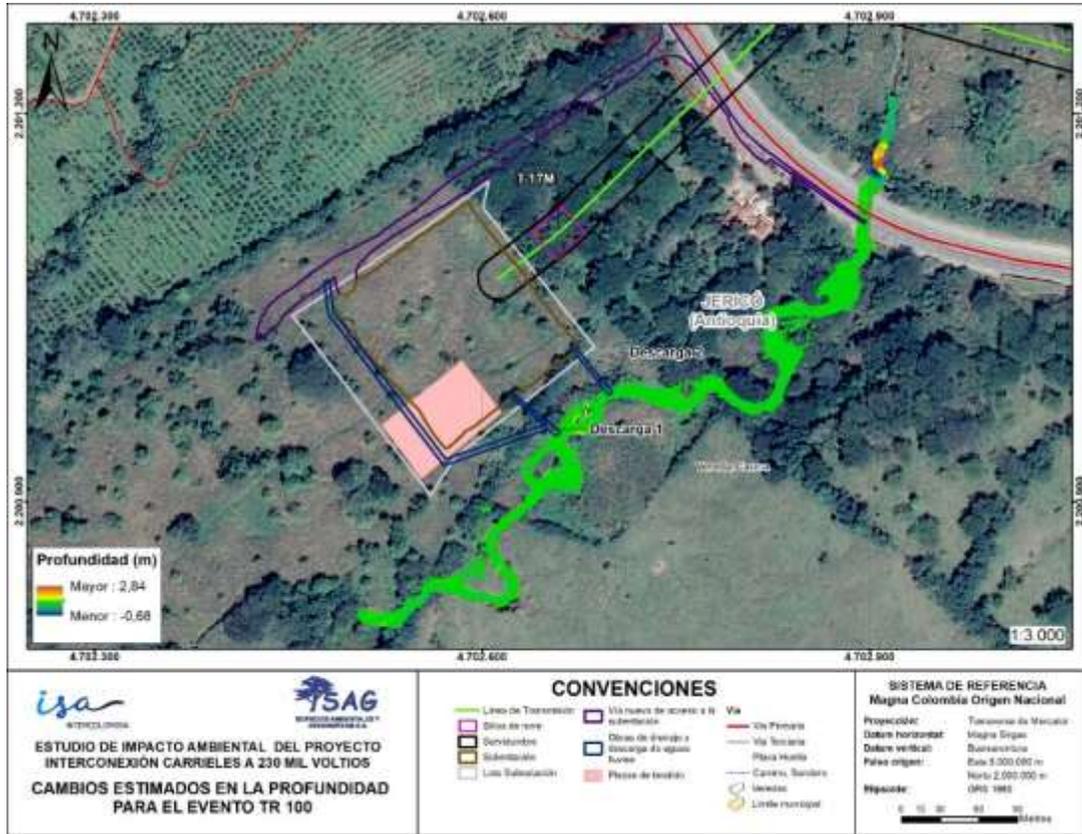


Figura 7-30. Cambio estimado en la variable profundidad para la creciente asociada al Tr 100

Fuente: SAG, 2024

Tabla 7-12. Cambios en la lámina de agua en el Drenaje Sin Nombre a la altura de ambas descargas

Obra	2.33	5	10	25	50	100
Desc_OC_1	0,01	0,07	0,09	0,07	0,03	0,01
Desc_OC_2	0,02	0,04	0,04	0,02	0	0,01

Fuente: SAG, 2024

Para el caso de las velocidades se prevé un incremento de esta variable en 1,15 m/s para ambos escenarios de creciente (Tr 2,33 y Tr 100). Además, se estima un descenso en las velocidades a lo largo de la zona de estudio de 1.87 m/s para la creciente Tr 2,33 y de 2,40 m/s para la Tr 100 las cuales se identifican en zonas puntuales a lo largo de la zona de estudio. Se estima que para la creciente Tr 2,33 la velocidad presente un incremento de 0,04 y 0,09 m/s para las descargas Desc_OC_1 y Desc_OC_2 respectivamente (ver Figura 7-31). Para el caso de las crecientes de cien años, dichas velocidades en la zona de las

obras disminuyen un 0,08 m/s para la [Desc_OC_1](#) con una disminución similar para la [Desc_OC_2](#) de 0,09 m/s (ver Figura 7-32).

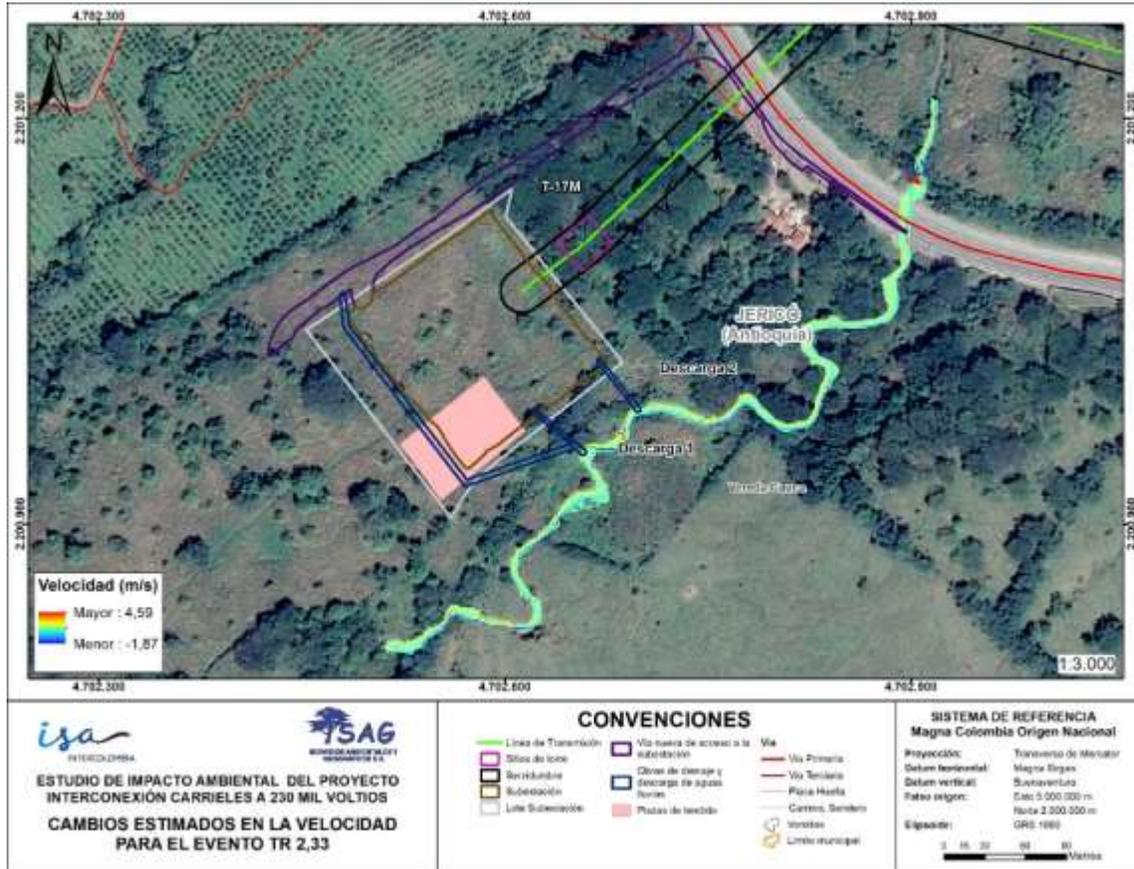


Figura 7-31. Cambio estimado en la variable velocidad para la creciente asociada al Tr 2,33

Fuente: SAG, 2024

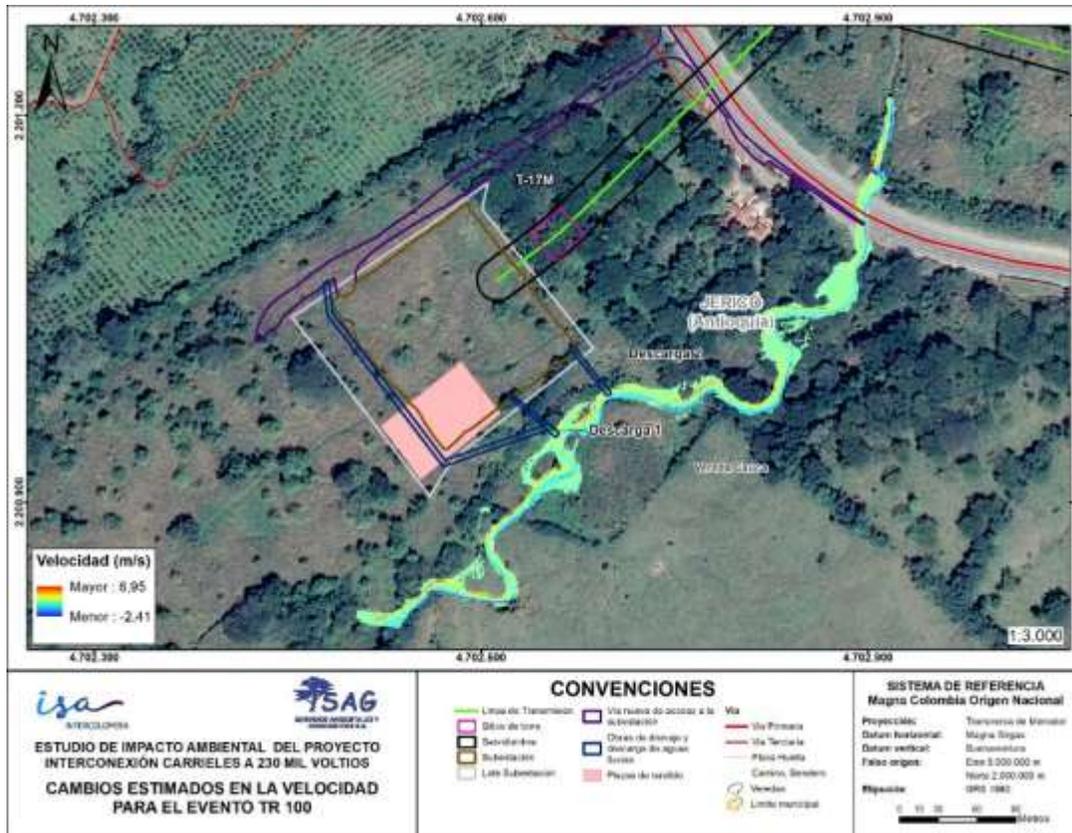


Figura 7-32. Cambio estimado en la variable velocidad para la creciete asociada al Tr 100

Fuente: SAG, 2024

7.4.3.3 Modelo hidráulico Torre_T13M

Considerando los alcances y magnitudes de crecientes en el río Cauca, objeto de modelación hidrodinámica para la ocupación de cauce Torre_T13M; se dividen los análisis en cuatro pasos afines con la evaluación de calidad, estabilidad y representatividad del modelo, respecto a las condiciones observadas en campo, como son:

- Elección de mallado y paso de tiempo computacional mediante análisis de sensibilidad.
- Espacialización de rugosidades de Manning acordes a las coberturas de la tierra trazadas a detalle en los anexos SIG del presente EIA y calibración de un Manning equivalente para el canal del río Cauca.
- Calibración y Validación del modelo hidráulico acorde a los términos de referencia.¹

¹ IDEAM, 2018. PROTOCOLO DE MODELACIÓN HIDROLÓGICA E HIDRÁULICA, 59 páginas. Bogotá, D.C. ISBN: 978-958-5489-09-7

- Resultados condiciones existentes y proyectadas.

A continuación, se describen y desarrollan cada uno de los ítems presentados:

7.4.3.3.1 Elección del mallado y paso de tiempo computacional

Para la definición de un tamaño de malla computacional (ΔX , ΔY), refinamientos, breaklines y un paso de tiempo computacional (Δt) que represente adecuadamente las condiciones de la zona de evaluación, se realizaron cuatro modelos de prueba para generar las condiciones finales del mallado sobre el río Cauca. Estas pruebas se ejecutan para la condición más desfavorable asociada a un periodo de retorno de 100 años ($Q=3147,09 \text{ m}^3/\text{s}$ extraído del capítulo hidrología del presente EIA).

Inicialmente, es necesario tomar una condición de partida tanto para el paso de tiempo computacional, como para el tamaño de malla, por tanto, se eligió un Δt que cumpla con la condición de Courant (expresada en capítulos previos); dicho valor, será objeto de revisión sobre el mallado final, es decir, al ser variables correlativas que describen la estabilidad numérica de un modelo, se dejará como constante el Δt mientras se varía el ΔX - ΔY . Finalmente, una vez elegidos los tamaños de malla computacional, se analizarán los errores máximos computacionales y su necesidad o no de cambiar el paso de tiempo computacional tomado.

Para el cálculo del paso de tiempo computacional, se consideró una velocidad media en función de los aforos realizados, siendo esta de 1,5 m/s. Al realizar los cálculos para ΔX - ΔY desde 100 hasta 10 m se obtuvieron los resultados descritos en la **Tabla 7-13**.

Tabla 7-13. Δt para diversos tamaños de malla computacional

Tamaño Malla [m x m]	100	50	20	10
Δt (s)	44,44	22,22	8,89	4,44

Fuente: SAG, 2024

Como se mencionó anteriormente, dada la estrecha relación entre el paso de tiempo computacional y el tamaño de malla; se definió un Δt inicial promedio de 30 s. Este tiempo considerando los datos mostrados en la **Tabla 7-13**, se encuentra en el rango de mallas entre 50 y 100 m. Ejecutando los cuatro modelos de sensibilidad para los tamaños de malla desde 100 hasta 10 m como mallado general, se exponen los resultados desde la Figura 7-33 hasta la Figura 7-36. Adicionalmente, se consideró:

- Inserción de todos los drenajes sencillos definidos en la GDB de proyecto como breaklines
- Generación de zonas de refinamiento en todos los drenajes dobles definidos en la GDB del proyecto
- Creación de área de refinamiento en toda la zona aledaña a la ocupación de cauce [Torre_T13M](#).

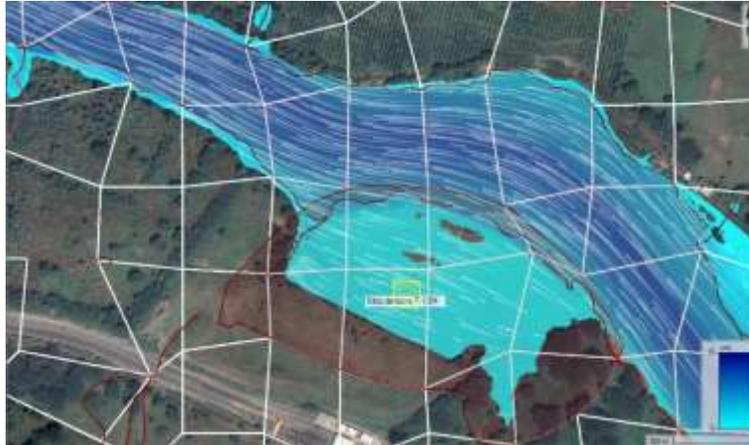


Figura 7-33. Resultados modelo de prueba mallado 100 m x 100 m

Fuente: SAG, 2024

Bajo este mallado (100 X 100 m) es evidente la ausencia de algunos detalles asociados a las bancas de canal que controlan el flujo, así mismo, no se aprecian algunos vórtices típicos de la zona de interés, exigiendo mayor detalle de todas zonas. Bajo este escenario todos los elementos adicionales mencionados (breaklines y áreas de refinamiento) funcionan solo como breaklines.

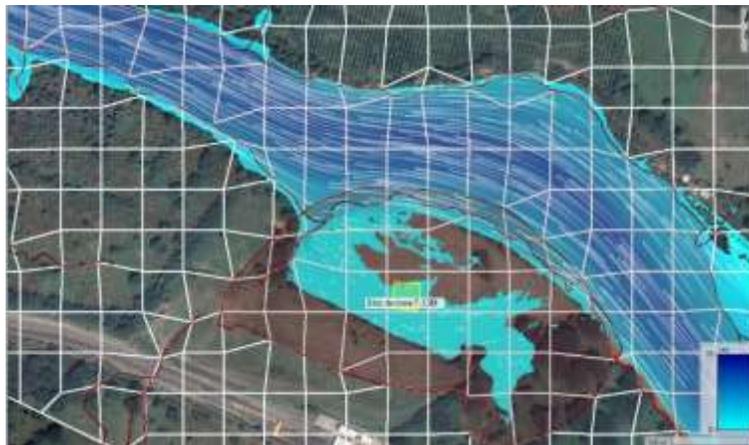


Figura 7-34. Resultados modelo de prueba mallado 50 m x 50 m

Fuente: SAG, 2024

Considerando un mallado de 50 m de resolución, disminuye la inundación total, mejora sutilmente el comportamiento de las líneas de corriente. Sin embargo, aún siguen existiendo zonas con conectividad hidráulica que topográficamente no deberían serlo.

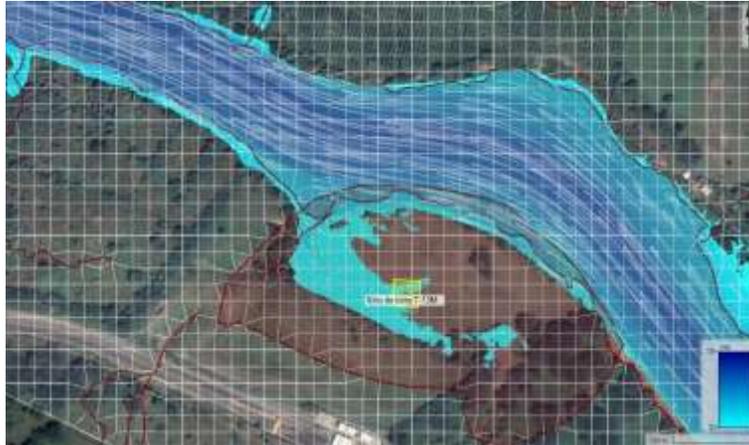


Figura 7-35. Resultados modelo de prueba mallado 20 m x 20 m

Fuente: SAG, 2024

Con relación al mallado de 20 X 20 m se encuentra una mejora sustancial de los fenómenos sobre las líneas de corriente, áreas de inundación, conectividad hidráulica y una correcta representación general de la topobatemetría. No obstante, algunas zonas requieren refinamientos especiales, más detallados, que garanticen un mallado optimo.

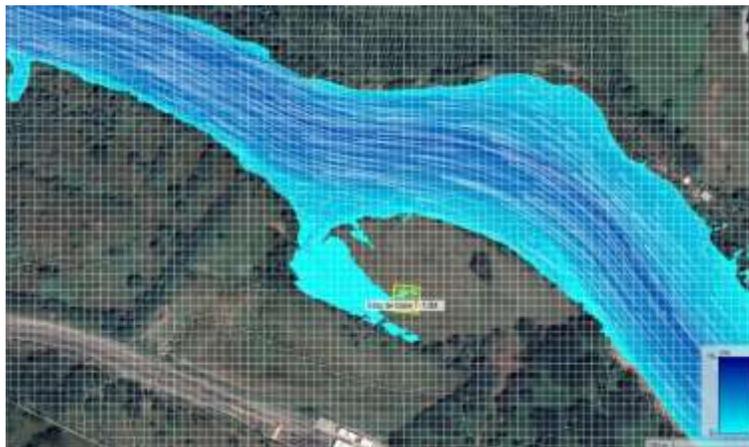


Figura 7-36. Resultados modelo de prueba mallado 10 m x 10 m

Fuente: SAG, 2024

Finalmente, se realizó un modelo de prueba con un tamaño de malla de 10 X 10 m, donde se reduce la incertidumbre y algunas zonas que antes tenían conectividad hidráulica, ya no la poseen, se mantienen los resultados adecuados sobre las líneas de corriente, áreas inundadas, entre otras variables. En conclusión, acorde a la revisión cualitativa de los

fenómenos hidrodinámicos que describen el comportamiento del río, se eligen mallas óptimas para la zona de evaluación las asociadas a 10 y 20 m.

Seguido, se eligen tamaños para los refinamientos y las breaklines como se muestra en la **Tabla 7-14**.

Tabla 7-14. ΔX - ΔY seccionados para el mallado

Zona	Tamaño malla/Breakline [m]	Near Repeats
General	20	-
Drenajes dobles	2-10	-
Drenajes sencillos	2	1
Área aledaña a la Torre_T13M	5	-

Fuente: SAG, 2024

Realizando los ajustes en el mallado final, se obtiene el presentando en la Figura 7-65.

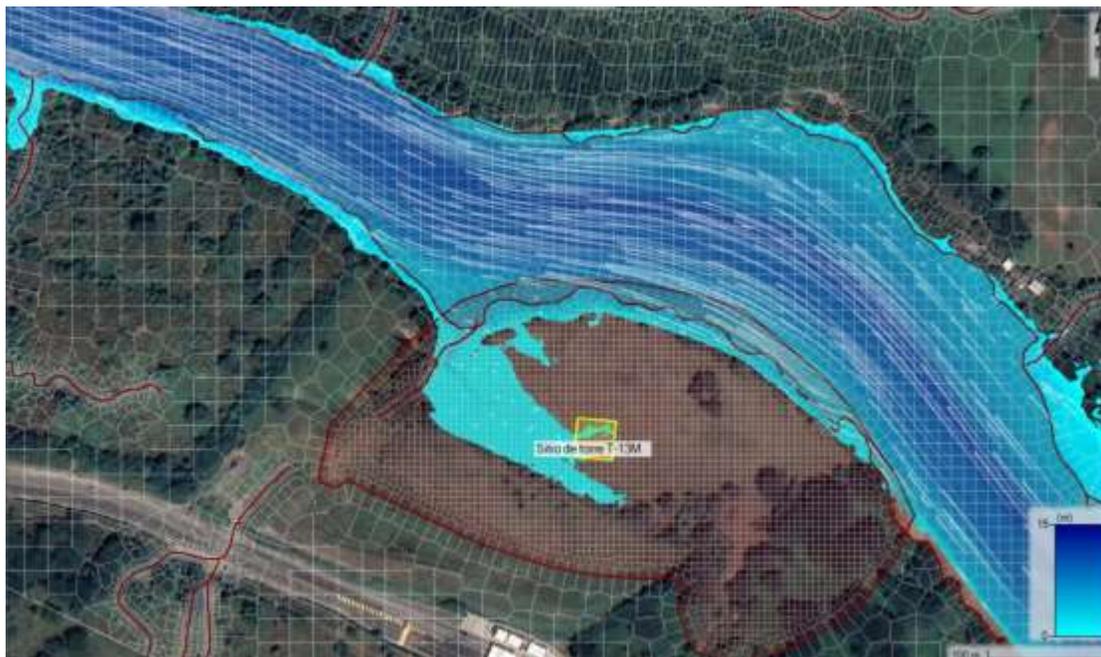


Figura 7-37. Mallado final construido sobre la zona de evaluación

Fuente: SAG, 2024

Posteriormente, se realiza la evaluación cuantitativa bajo una sección de control, de los cambios en la lámina de agua para todos los tipos de mallas enunciados previamente, incluida la definida como malla final de la Figura 7-37. En la Figura 7-38, Figura 7-39 y Figura 7-40; se detalla la ubicación de la sección de análisis, resultados obtenidos y un zoom en la sección; respectivamente.



Figura 7-38. Sección de análisis cambios de nivel en función del mallado

Fuente: SAG, 2024

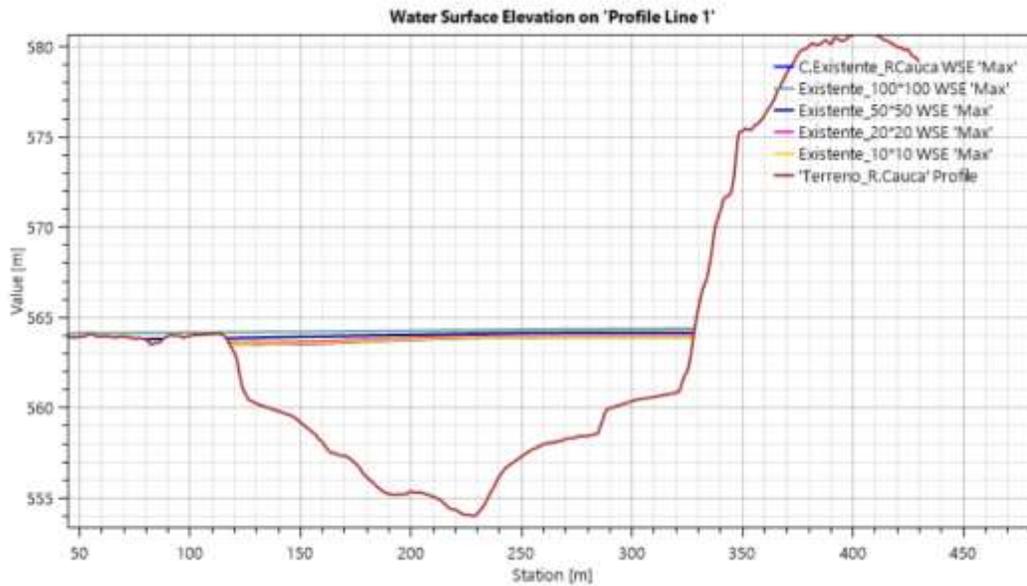


Figura 7-39. Niveles de lámina de agua para distintas mallas

Fuente: SAG, 2024

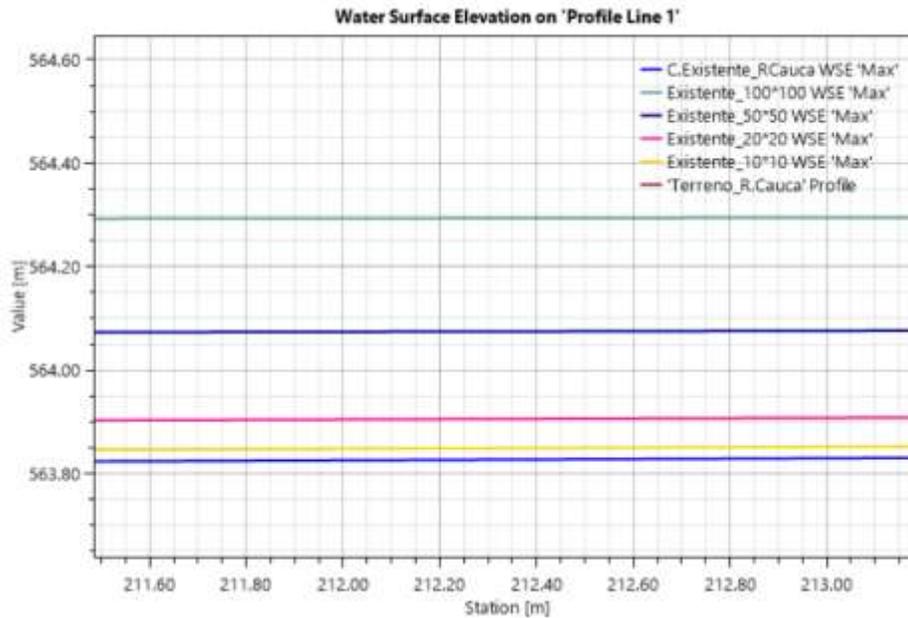


Figura 7-40. Detalle de niveles de lámina de agua para distintas mallas en el centro de la sección transversal

Fuente: SAG, 2024

Considerando los resultados en la sección de análisis, se evidenció que los cambios entre las dos condiciones de 200 y 10 m de tamaño de malla no superan los 0,5 m de diferencia en su lamina, así mismo, para los escenarios más detallados 20 m, 10 m y mallado final (variable desde 2 hasta 20 m) no superan los 0,2 m de cambios en lámina. En conclusión, la malla mostrada previamente como final, cumple y presenta cambios en sus niveles aceptables para las condiciones presentes en el río Cauca. Ahora bien, ya definidos los parámetros que describen la configuración del mallado, sobre el cual se realizan los cálculos matriciales en el software; se realiza la verificación numérica del paso de tiempo computacional final a elegir.

Como se manifestó anteriormente, se tomó una condición base de 30 s que cumple como condición promedio de prueba. Para la definición final, se realizó un chequeo sobre las 34681 celdas que posee la malla (bajo condiciones existentes) del error máximo presentado en su lamina agua, al transitar todos los caudales máximos de interés calculados en el Capítulo 5.1 del presente EIA sobre el río Cauca.

Cuando se presentan errores computacionales muy altos, deberá ajustarse alguna o ambas variables (malla y/o Δt) a fin de mejorar la estabilidad numérica reduciendo o eliminando el error presentado. Al realizar la extracción de los errores máximos presentados sobre el mallado ya definido y un $\Delta t = 30$ s, se adquieren los datos mostrados en la Figura 7-41.

Errores Computacionales caudales Tr 2,33 hasta 100 años. $\Delta t=30s$, $\Delta X-\Delta Y=Variable$ desde 2 hasta 20 m

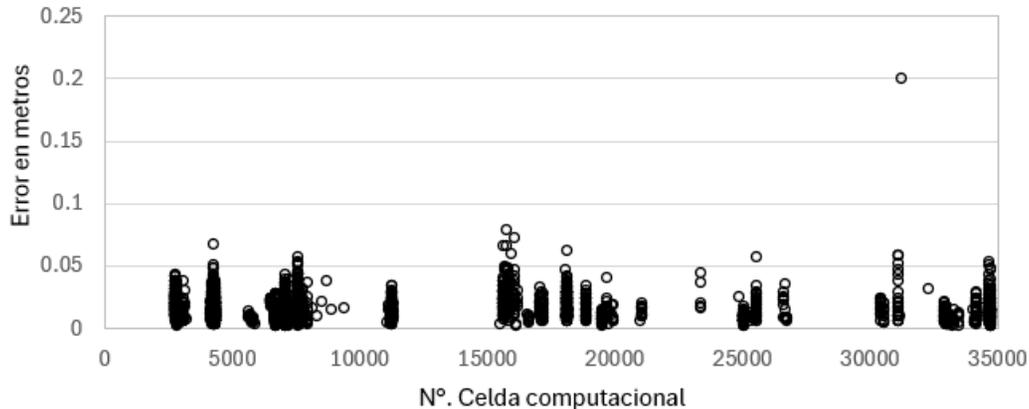


Figura 7-41. Errores computacionales asociados a la estabilidad numérica del modelo hidrodinámico

Fuente: SAG, 2024

En consecuencia, se contemplan errores máximos durante todo el proceso de inundación para diversos periodos de retorno, considerado un $\Delta t= 30 s$, de 0,20 m. Siendo dicho valor aceptable para las condiciones de la fuente de interés, con profundidades medias entre 2 y 6 metros. Igualmente, como error medio, se presentan otros más bajos, generalmente menores a 0,10 m, dando mejor estabilidad y calidad del resultado obtenido.

7.4.3.3.2 Espacialización de rugosidades de Manning

La rugosidad de Manning juega un papel fundamental en el comportamiento del flujo, todo cambio hacia un mayor valor tendera a restringir el flujo, imprimiendo un esfuerzo que tiende a reducir sus velocidades. Por lo anterior, es necesario generar valores lo más detallado posible, considerando que en campo las condiciones varían continuamente en el espacio.

Para la generación de las zonas a ingresar en el terreno, se poseen las coberturas de la tierra trazadas a la escala definida por el proyecto, para toda la zona de interés. Sobre dichas capas, se definen valores previamente tabulados en la literatura por Ven Te Chow. Sobre las zonas de canal, se toman los datos arrojados en los dos aforos líquidos, para determinar una rugosidad equivalente asociada únicamente a las condiciones propias del río en el tramo de interés. Esta rugosidad asocia parámetros tales como velocidad, radio hidráulico y pendiente del canal; siendo ésta calculada con la ecuación de Manning. En la Figura 7-41, se presentan las coberturas ingresadas al modelo.

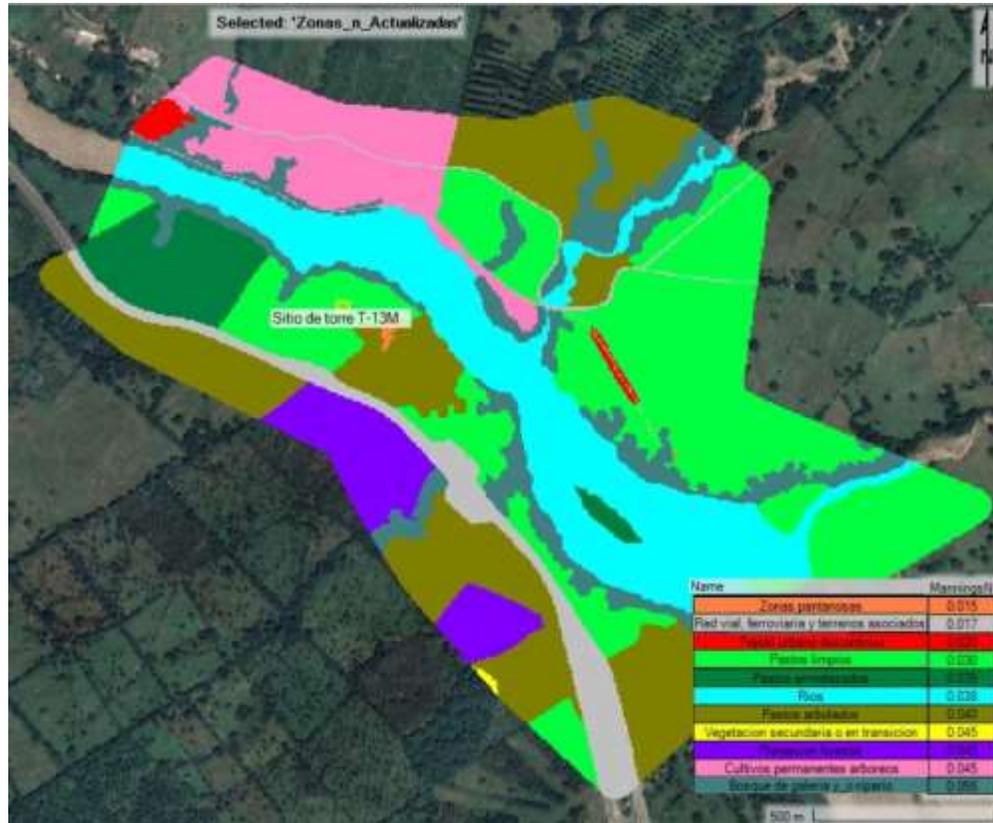


Figura 7-42. Distribución y valores de rugosidad de Manning utilizados en el modelo hidráulico

Fuente: SAG, 2024

A continuación, se representa la ecuación de Manning, en función de valores obtenidos del aforo líquido realizado sobre el río Cauca.

$$n = \frac{R_h^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}}{V}$$

Dónde:

n: Rugosidad de Manning

R_h : Radio Hidráulico (m)

S: Pendiente media del canal (m/m)

V: Velocidad media del canal (m/s)

Desarrollando la ecuación anterior, para cada uno de los aforos realizados (mostrados en la Figura 7-16), se encuentran los valores tabulados en la Tabla 7-20.

Tabla 7-15. ΔX - ΔY seccionados para el mallado

Aforo	Rugosidad equivalente [n]	Rugosidad Promedio
Sección 1 (aguas arriba)	0,043	0,038
Sección 2 (aguas abajo)	0,034	

Fuente: SAG, 2024

Dicho valor promedio, se establece como rugosidad del canal en la zona de evaluación. Este valor, representa de una manera compacta la rugosidad asociada a formas del lecho, materiales del fondo, coberturas variables en fondo-talud, entre otros aspectos. Siendo un valor apropiado para la zona sobre la cual se desarrollan los aforos líquidos.

7.4.3.3.3 Calibración y Validación del modelo hidráulico

Un modelo hidráulico requiere no solo la estabilidad numérica del mismo, sino propender el cumplimiento de dos factores típicamente conocidos como calibración y validación, cuyo significado se describe enseguida según el Protocolo de Modelación Hidrológica e Hidráulica (IDEAM):

- **Calibración del modelo:** En esta etapa se evalúa la capacidad del modelo para representar el o los fenómenos de interés; para esto, se emplean los datos históricos y la información previamente procesada. En esta tarea se recurre a los criterios anteriormente mencionados con el objeto de evaluar el desempeño del modelo comparando valores observados y simulados. Una opción adicional es emplear optimizadores, con los que se hace esta última tarea de manera automática.
- **Validación del modelo:** El termino validación no necesariamente denota el establecimiento de la verdad. Preferiblemente denota el establecimiento de legitimidad típicamente dada en términos de argumentos, métodos y convenciones (Merriam 1963). La validación permite corroborar el desempeño del modelo en un contexto espacio – temporal diferente al de la calibración; ésta puede ser espacial (en un punto diferente de donde se calibró), temporal (empleando series con un periodo de tiempo diferente al calibrado) y espacio – temporal (en un punto y en un periodo diferente a los empleados en la calibración); en todos los casos anteriores, se corre el modelo ya calibrado.

Para la modelación en curso, se realiza la calibración tomando los datos de profundidad y velocidad promedio en la sección transversal ubicada más aguas abajo, la cual presenta las condiciones más homogéneas (flujo más uniforme) y permite relacionar más fielmente las variables de interés. Para ello, se disponen los resultados observados vs. modelados. Siendo este último caso, un escenario adicional ejecutado en los anexos de simulación,

asociado al caudal medio registrado en el aforo (292,036 m³/s). Los resultados del aforo y el modelo de calibración se muestran en la Figura 7-43 y Figura 7-44.

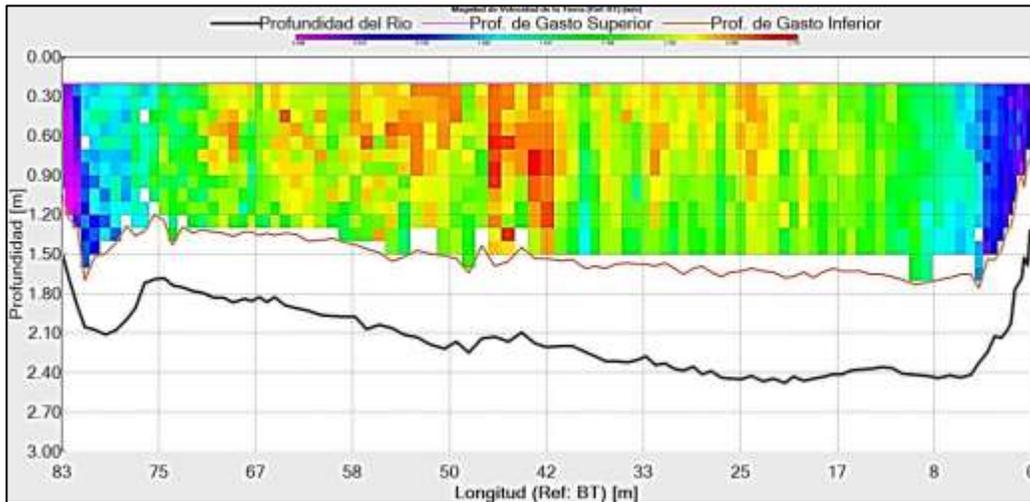


Figura 7-43. Profundidades y velocidades medias aforo sección aguas abajo (observadas)

Fuente: SAG, 2024

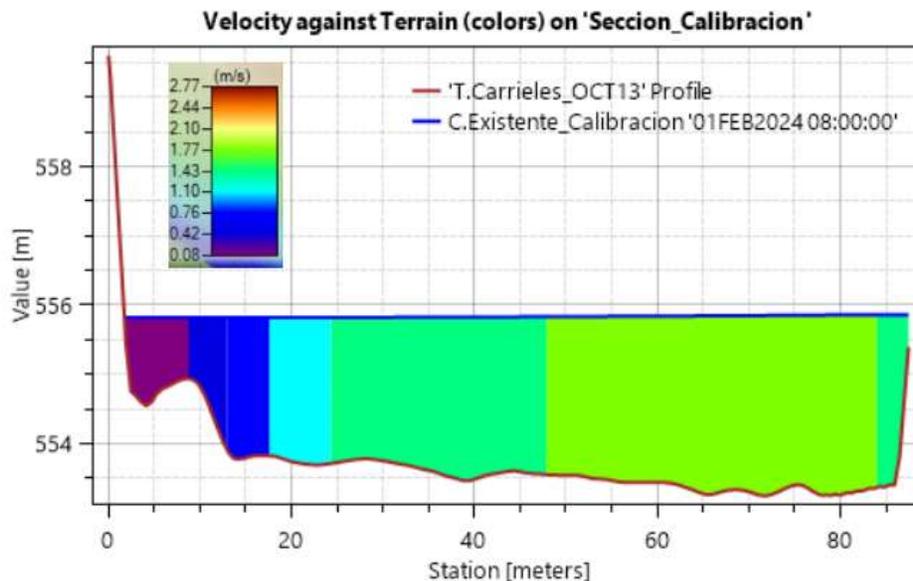


Figura 7-44. Profundidades y velocidades medias modelo sección aguas abajo (simuladas)

Fuente: SAG, 2024

En relación con las profundidades observadas y simuladas para el caudal asociado a 292,036 m³/s; se obtuvo un buen comportamiento, siendo las profundidades medias en el aforo de 2,017 m y las simuladas de 2,156 m. Arrojando un cambio promedio de 0,14 m; el cual se considera aceptable para la modelación ejecutada sobre el río Cauca.

De igual forma, especialmente por las condiciones cuasi uniformes en la sección, puede considerarse, en general, la comparación de velocidades promedias en la vertical y específicamente como variable de fondo, la velocidad media total. Siendo su distribución aceptable para los fines pertinentes y consideraciones del modelo 2D, estas distribuciones muestran velocidades más altas al centro canal, del orden de 1,5 m/s en ambas condiciones (observadas y simuladas). Así mismo, sobre su margen izquierda se encuentra un ajuste casi perfecto denotado por velocidades bajas entre los 0,8 y 1,1 m/s.

Como velocidad promedio se obtiene en el aforo un valor de 1,635 m/s y como velocidad promedio simulada un valor de 1,59 m/s. Por tanto, bajo esta variable se presenta un cambio medio de 0,045 m/s; dicho cambio es bastante aceptable considerando la desviación estándar descrita en los aforos de 0,125 m/s, para las velocidades medias totales en la sección evaluada.

Como observación final, se encuentra que el modelo simulado satisface las necesidades de calibración, dando un ajuste aceptable con los datos observados, que promueven la buena calidad de los análisis posteriores sobre la ocupación de cauce.

Relacionando la importancia de generar un escenario adicional de validación, se cuenta con un evento registrado, en el cual se toman las manchas de inundación “La Niña” durante el año 2011, generadas por el IDEAM. Para ello, se cuenta con el caudal máximo registrado en la estación Puente Iglesias [26207030] en ese mismo año, correspondiente a 3.364 m³/s.

Para la ejecución del modelo de validación, se toman todas las configuraciones y demás elementos construidos previamente en los ajustes del modelo hidráulico, siendo en este caso la variable a tomar, el caudal relacionado de 3.364 m³/s. Una vez ejecutada la simulación y realizada la superposición de las manchas de inundación (observadas vs simuladas), se encontraron los resultados gráficos y numéricos mostrados en la Figura 7-45 y en la **Tabla 7-16**, respectivamente.

Tabla 7-16. Cambios en la mancha de inundación evento La Niña 2011

Mancha	Área de inundación zona simulada [km ²]	Cambio Observado-Simulado [km ²]
La Niña 2011 IDEAM Observada	0.603	0,037
La Niña 2011 Simulada	0.640	

Fuente: SAG, 2024



Figura 7-45. Mancha de inundación observada vs simulada durante el proceso de validación

Fuente: SAG, 2024

Resaltando los resultados presentes en la Tabla 7-16 y Figura 7-45, se encontró un comportamiento de ajuste aceptable entre las manchas de inundación, cumpliendo la validación del modelo. Se aprecian visualmente cambios generales en los tributarios, asociados a la escala y detalle adicional presente en el LIDAR. En la zona específica de la ocupación de cauce, se mantiene la inundación promedio en ambos casos. Finalmente, en las zonas propias que describen el canal del Cauca (sin tributarios), muestran un ajuste óptimo para la escala de trabajo del proyecto. Así mismo, numéricamente el cambio en las manchas de inundación (zona modelada) es de 0,037 km², siendo un valor aceptable, que cumple con la representación del fenómeno evaluado.

En este paso, se cuenta con un modelo estable numéricamente, calibrado y validado adecuadamente; sobre el cual se proceden a ejecutar los modelos finales de condiciones existentes y proyectadas para los caudales máximos de interés.

7.4.3.3.4 Resultados condiciones existentes y proyectadas Torre_T13M

Para la evaluación de las condiciones existentes sobre el río Cauca, asociadas a la zona de ocupación de cauce proyectada Torre_T13M, se tienen como insumos adicionales los caudales máximos desarrollados en el capítulo de Hidrología del presente EIA. Dichos caudales, se resumen en la Tabla 7-22.

Tabla 7-17. Caudal máximos río Cauca en la zona de interés

Fuente	Periodo de retorno en años [Tr]						
	2,33	5	10	15	25	50	100
Río Cauca	1826,71	2160,77	2415,44	2553,53	2720,16	2937,16	3147,09

Fuente: SAG, 2024

Para el ingreso de los caudales máximos y su correcto tránsito en la zona evaluada. Se consideró un tiempo superior al de viaje, tomando como referencia el tiempo mínimo que demora una partícula desde la zona más aguas arriba, en llegar a la zona final o salida del modelo. Para ello, se dejó transitar cada escenario durante cuatro horas; siendo también necesario establecer un tiempo de calentamiento a fin de garantizar el dominio de los resultados iniciales bajo condiciones húmedas. Dicho calentamiento, igualmente se estipuló en cuatro horas.

7.4.3.3.4.1 Condiciones existentes

Tomando como referencia los caudales mencionados en la **Tabla 7-17**, se anexan dentro de los ejecutables de simulación hidráulica (ANEXO_7_3_MEMORIAS_SH) los resultados para todos los periodos de retorno descritos. Para el presente informe, se relacionan los periodos de retorno referentes como son el de 2,33 y 100 años. Desde la Tabla 7-38 hasta la Tabla 7-41 se contemplan los resultados obtenidos para condiciones existentes.

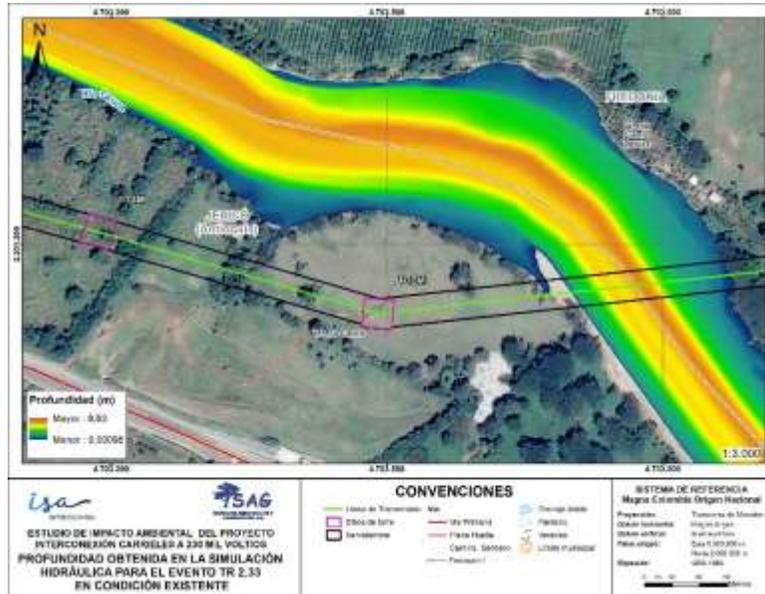


Figura 7-46. Resultados de profundidad Tr 2,33 años en la zona de ocupación Torre_T13M bajo condiciones existentes

Fuente: SAG, 2024

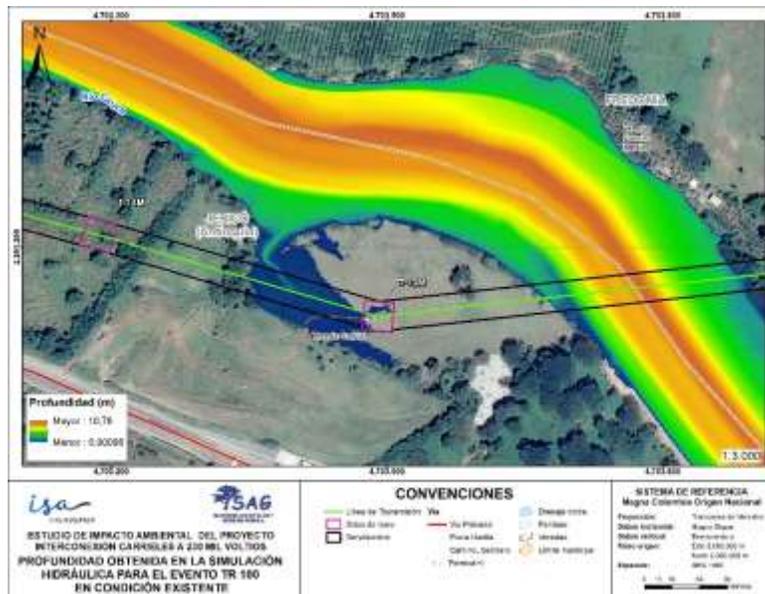


Figura 7-47. Resultados de profundidad Tr 100 años en la zona de ocupación Torre_T13M bajo condiciones existentes

Fuente: SAG, 2024

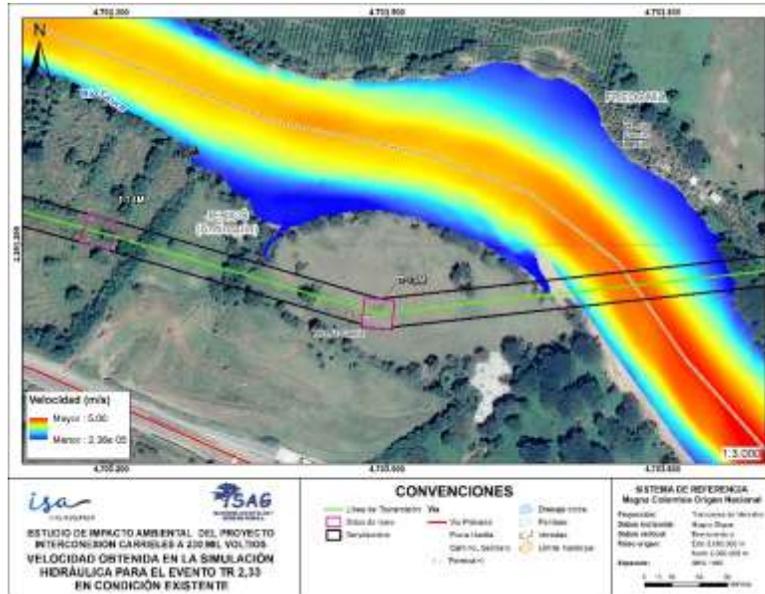


Figura 7-48. Resultados de velocidad Tr 2,33 años en la zona de ocupación Torre_T13M bajo condiciones existentes

Fuente: SAG, 2024

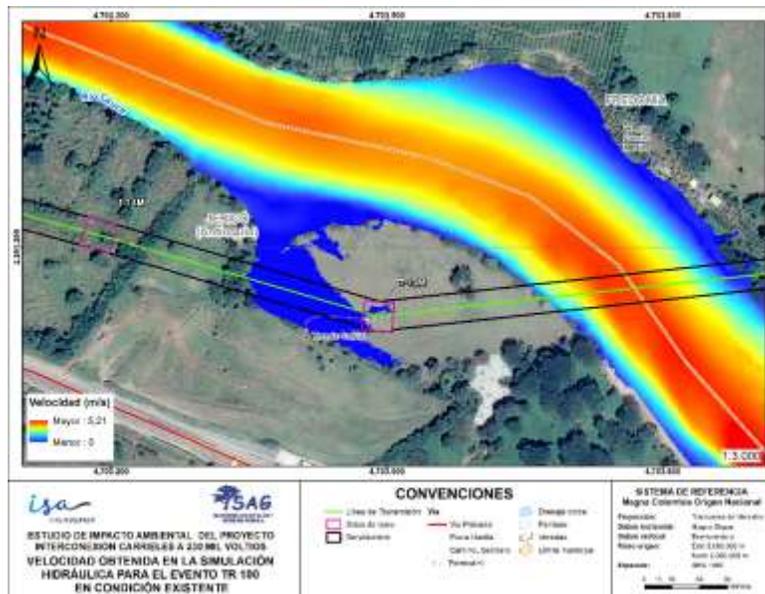


Figura 7-49. Resultados de velocidad Tr 100 años en la zona de ocupación Torre_T13M bajo condiciones existentes

Fuente: SAG, 2024

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DEL PROYECTO INTERCONEXIÓN CARRIELES A 230 MIL VOLTIOS	
		Rev. No.: 5 2024-08-05

En la zona donde se proyectan las obras, considerando la creciente máxima de 2,33 años de periodo de retorno, no se aprecia ninguna inundación, el caudal transita en la sección transversal natural, la cual cuenta con la capacidad para evacuar magnitudes incluso mayores. Sobre el canal del río, aledaño al sitio de proyección de ocupación de cauce, se presentan profundidades de hasta 7,30 m y velocidades de hasta 3,47 m/s a lo largo de la sección transversal.

En la condición más extrema evaluada, representada por 100 años de periodo de retorno se presentan algunas láminas en la zona de ocupación, producto del control generado por el río Cauca sobre algunos cauces existentes (intermitentes). Estos canales, son usados en contraflujo para nivelar los caudales presentados por el río y posteriormente generar la inundación, en la zona plana de la margen izquierda donde se proyecta la torre. Cabe aclarar que, esta inundación no supera los 0,25 m de profundidad.

Adicionalmente, dadas las condiciones de baja pendiente en la zona de obra, podrán también, presentarse múltiples zonas de encharcamiento natural bajo eventos de lluvia directa que, unidos a las crecientes del cauca evaluadas, generarán una lámina uniforme, de baja profundidad en toda la zona aledaña a la torre. Por lo anterior, se dispone de un pedestal con altura mínima de 1,0 m por encima del nivel actual del suelo. Dicho pedestal, estará en contacto con el agua ante las posibles crecientes máximas de Tr 100 años o mayores; como la presentada en 2011 de 3.364 m³/s, cuya magnitud estaría asociada a un periodo de retorno de 246 años.

Revisando las velocidades en la zona local, son bastantes bajas, como se mencionó previamente, la zona cuenta con pendientes muy bajas, encontrándose velocidades en los rangos de 0 y 0,01 m/s. Dado el control artificial existente en la zona, generado durante 2018 (visto en imágenes satelitales existentes en Google Earth) mediante adecuaciones relacionadas al peaje La Pintada; no se proyectan velocidades altas en la zona de interés, bajo inundaciones naturales del río. Estos procesos son normalmente de inundación lenta y dicho talud artificial mantendrá un control constante sobre los niveles y velocidades que puedan presentarse en la zona local evaluada.

7.4.3.3.4.2 *Condiciones proyectadas*

Bajo este escenario, se incluye un pedestal macizo de 1,0 m de altura sobre el terreno existente, que representa la estructura necesaria para apoyar la torre de transmisión de energía denominada T-13M. Dicha altura podrá aumentarse según diseños adicionales de carácter eléctrico, estructural entre otros; manteniendo el área definida por el polígono de ocupación. Los resultados obtenidos se desarrollan desde la Figura 7-50 hasta la Figura 7-53.

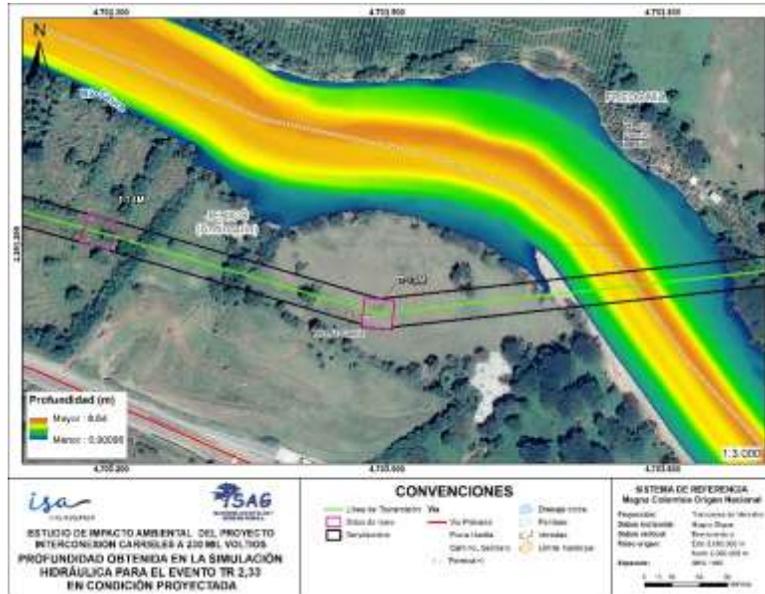


Figura 7-50. Resultados de profundidad Tr 2,33 años en la zona de ocupación Torre_T13M bajo condiciones proyectadas

Fuente: SAG, 2024

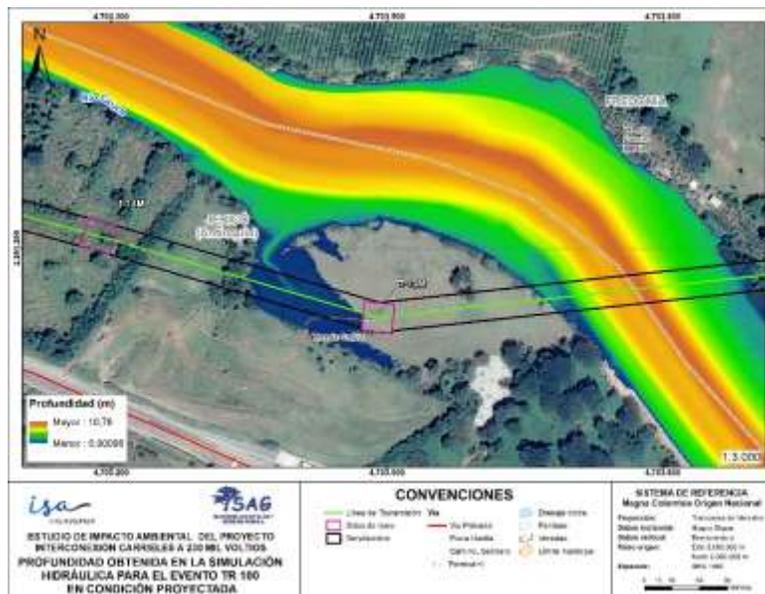


Figura 7-51. Resultados de profundidad Tr 100 años en la zona de ocupación Torre_T13M bajo condiciones proyectadas

Fuente: SAG, 2024

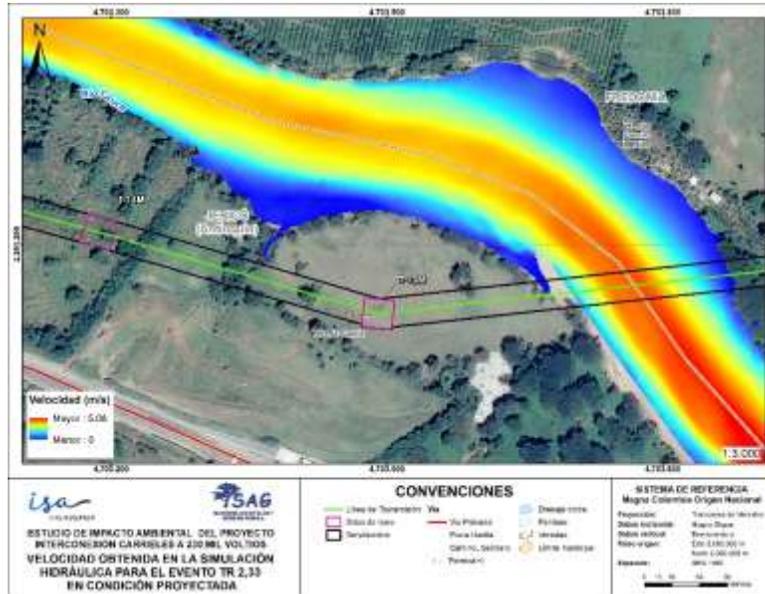


Figura 7-52. Resultados de velocidad Tr 2,33 años en la zona de ocupación Torre_T13M bajo condiciones proyectadas

Fuente: SAG, 2024

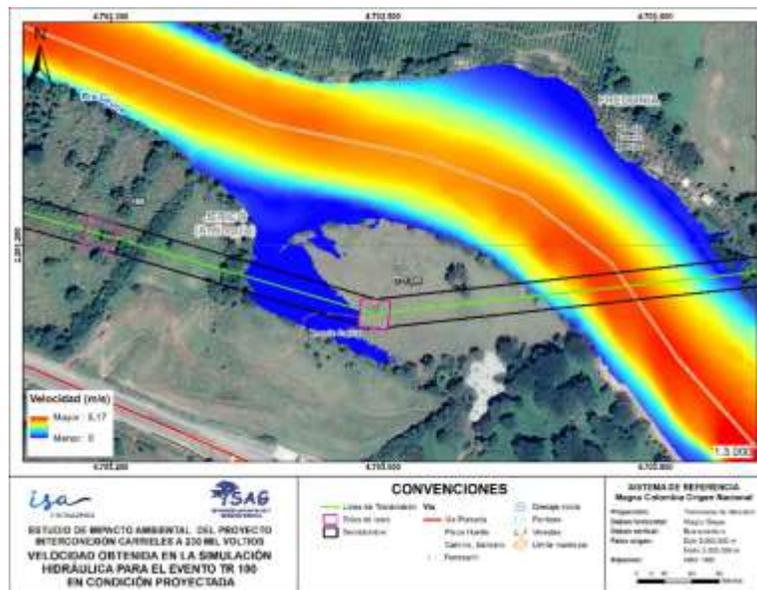


Figura 7-53. Resultados de velocidad Tr 100 años en la zona de ocupación Torre_T13M bajo condiciones proyectadas

Fuente: SAG, 2024

Al considerar el esquema planteado de ocupación de cauce en los modelos hidráulicos, bajo el escenario de periodo de retorno 2,33 años, no se evidencian cambios asociados a la obra. Sobre el caudal máximo de 100 años ($Tr= 100$ años) se evidencian cambios mínimos en las láminas y velocidades del flujo, siendo estos de carácter local en la zona cercana al pedestal. Dichos cambios se analizan en el ítem 7.4.3.3.4.3.

7.4.3.3.4.3 *Análisis de resultados condición existente y proyectada*

Obtenidos los resultados presentados previamente, se concluye en primer lugar, que la posible influencia asociada a la obra de ocupación sobre los niveles de crecientes del río Cauca, será enmarcada en los caudales máximos de diseño de 100 años de periodo de retorno, o superiores. En la Figura 7-54, se muestra el detalle de las profundidades con una escala de colores entre 0 y 1,0 m para condiciones existentes y proyectadas.

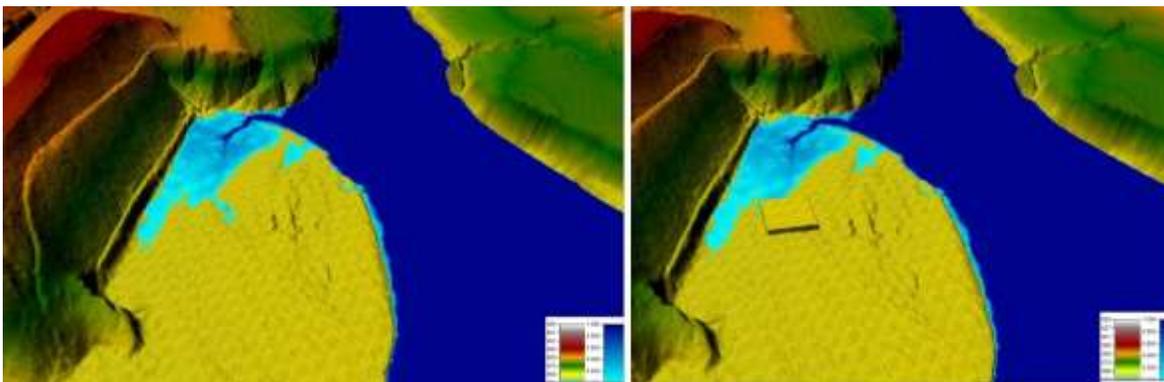


Figura 7-54. Profundidades Tr 100 años condición existente y proyectada

Fuente: SAG, 2024

Como conclusión sobre la variable profundidad, no se presentan cambios relevantes para el periodo de diseño $Tr 100$ años, asociados a la obra proyectada. Bajo estos caudales, su influencia en los niveles no supera los 0,15 m de profundidad. De igual forma, en la Figura 7-55 se muestran los esquemas de velocidades bajo una escala de colores entre 0 y 0,25 m/s.

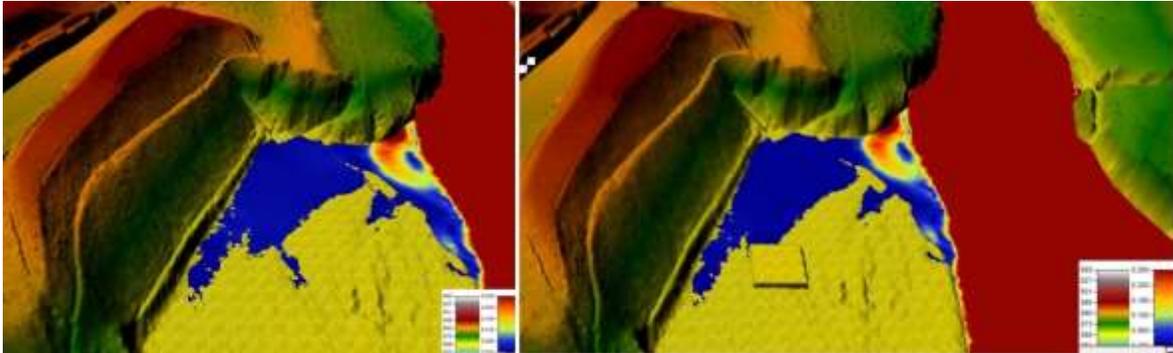


Figura 7-55. Velocidades Tr 100 años condición existente y proyectada

Fuente: SAG, 2024

Simultáneamente, se aprecian que las velocidades no se ven alteradas de forma relevante al considerar la obra proyectada, dichos cambios son muy bajos, de ordenes entre 0,01 y 0,02 m/s.

Por último, ya manifestados los principales resultados que caracterizan el comportamiento hidrodinámico en la zona de interés, se resalta la importancia de que dicho soporte para la estructura de torre posea mínimo una altura de 1,0 m por encima del nivel actual del suelo. Lo anterior, garantizará la correcta protección de la infraestructura ante las crecientes asociadas al río Cauca.

En los resultados, se aprecia que la sección transversal bajo este caudal de diseño (Tr 100 años) está llena casi en su totalidad, por lo anterior, junto con los sesgos propios de las ecuaciones que gobiernan los modelos hidráulicos, se establece esta altura como factor de seguridad, que garantizará la integridad de la torre en relación con los niveles de agua. Dicha altura, considerando el caso más crítico, en el cual el comportamiento de la curva de la calibración (H Vs. Q) continúe a la tasa de cambio de la sección activa; sería alcanzada (cota 564,82 msnm), en promedio, bajo un caudal de 3417 m³/s, como se detalla en la siguiente figura (Figura 7-56).

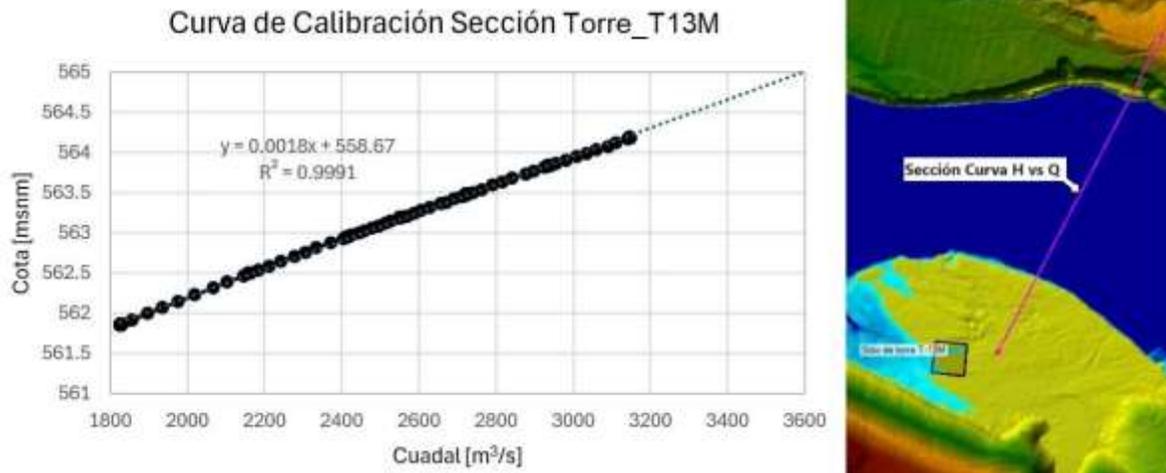


Figura 7-56. Curva de calibración zona aledaña Torre_T13M

Fuente: SAG, 2024

Por tanto, se define como obra de ocupación de cauce la dispuesta en las coordenadas presentadas sobre la Tabla 7-8, con la altura mínima especificada anteriormente. Esta altura, podrá ser aumentada al considerar todos los aspectos técnicos y justificaciones de las demás áreas de interés relacionadas en el desarrollo del proyecto. Los anexos asociados a la ocupación de cauce [Torre_T13M](#) se presentan en las carpetas ANEXO_7_1_PLANOS_OC, ANEXO_7_2_FUN_OC y ANEXO_7_3_MEMORIAS_SH.

7.5 APROVECHAMIENTO FORESTAL

Con base en el Decreto 1076 del 2015, por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible, es la autoridad ambiental competente quien otorga la autorización para el aprovechamiento de un bosque en particular o de árboles aislados ubicados en predios de propiedad privada o en zonas públicas, bien sea bosque plantado o bosque natural, mediante tres clases de aprovechamiento forestal según sea el caso (único, persistente y doméstico). Para el caso del [licenciamiento](#) de este proyecto, se solicita el aprovechamiento forestal único.

De acuerdo con dicho Decreto, el aprovechamiento forestal único, es el que se realiza por una sola vez, en áreas que, de acuerdo con estudios técnicos, demuestran mejor aptitud de uso diferente al forestal o, [o como en este caso](#), el que se realiza por razones de utilidad pública e interés social.

7.5.1 Criterios para la definición de las áreas de aprovechamiento forestal

A continuación, se presentan los criterios que fueron considerados para la definición del área de aprovechamiento que será presentada en el EIA, donde se incluyen tanto las áreas donde se generarán intervenciones temporales como las áreas que quedarán definitivas

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DEL PROYECTO INTERCONEXIÓN CARRIELES A 230 MIL VOLTIOS	
		Rev. No.: 5 2024-08-05

para el proyecto (para mayor detalle sobre estas áreas, consultar el Capítulo 3 descripción del proyecto):

7.5.1.1 Construcción de la vía de acceso a la subestación

Para el ingreso al área de la subestación Carrieles a 230 mil voltios, posterior a la adecuación del terreno y de la adecuación de instalaciones provisionales, se construirá una vía que se desprenderá de la vía principal Bolombolo - La Pintada y contará con un ancho de calzada de 6 m y 460 m de longitud, aproximadamente.

7.5.1.2 Área de la subestación

Para la construcción de la Subestación Carrieles a 230 mil voltios se realizará la adecuación del terreno que consiste en descapote, corte y lleno con material propio según los resultados de los ensayos de estudios de suelos y material de préstamo si es necesario, [adquirido de canteras autorizadas](#).

Para el emplazamiento de la subestación, cuando se conformen las plataformas se procederá a excavar para fundir las cimentaciones para equipos de patio, pórticos y edificaciones; se figurará el refuerzo y se vaciarán las cimentaciones. Paralelo a esto se construirá el sistema de drenajes, cárcamos y ductos, y las vías internas de mantenimiento. Una vez se culmine la construcción de cimentaciones se procederá al montaje de estructura metálica, tendido de cables y montaje, pruebas y puesta en servicio de los equipos. Y se proseguirá con el resto de las edificaciones (mampostería, columnas, vigas, cubiertas, etc.). Las cimentaciones serán zapatas aisladas y losas. Los taludes de la adecuación del terreno se manejarán mediante pendientes dadas por el estudio de suelos y empradizado para evitar la erosión. No se requieren obras de protección adicionales (como muros de contención, gaviones, etc.).

7.5.1.3 Infraestructura de drenaje de la subestación

El drenaje de las aguas lluvias en [la subestación](#) será mediante filtros, colectores y cunetas. La superficie del terreno adecuado tendrá una pendiente para permitir el drenaje del agua y evitar empozamientos dentro de la capa de grava. Las vías interiores serán diseñadas de modo que su escurrimiento sea natural hacia los patios o el exterior previendo pasos en los sardineles o elementos que la delimitan. Los drenajes del agua lluvia se conectarán al cauce existente más cercano al lote que sea seleccionado para el emplazamiento de la subestación mediante tuberías colectoras de PVC que terminan en un cabezote de concreto reforzado y un empedrado final en aras de evitar la socavación de la zona.

7.5.1.4 Plazas de tendido

Las plazas de tendido corresponden a los espacios que se requiere utilizar de manera temporal para realizar el tendido del cable conductor y del cable de guarda de la línea de transmisión de una manera controlada y segura, así como para el almacenamiento transitorio de materiales, equipos y otros elementos necesarios para dicha actividad, en la etapa de construcción. Su selección se realiza con base en la topografía, facilidades de acceso y permisos de utilización del área por parte del propietario del predio.

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DEL PROYECTO INTERCONEXIÓN CARRIELES A 230 MIL VOLTIOS	
		Rev. No.: 5 2024-08-05

Dichas plazas de tendido se ubicarán en sitios adecuados a lo largo de la línea, en cada plaza se ubicarán los carretes de conductor, la porta bobinas, el equipo de tensión controlada o freno y la mesa de empalmes.

Para el desarrollo del proyecto se estima tener cinco (5) plazas de tendido, para un área total de 19.735,75 m² (1,97 ha).

7.5.1.5 Sitios de torre

En total la línea de transmisión estará constituida por 13 torres más el pórtico en la Subestación Carrieles a 230 mil voltios, advirtiéndose que la TE-79 ya existe y está en operación pues es el lugar seleccionado y aprobado para iniciar la Interconexión Carrieles a 230 mil voltios. Es importante mencionar que para los sitios de torre se considera el área de cimentación, que envolverá la apertura entre patas y el área puesta a tierra, la cual requerirá un cambio de uso del suelo por las actividades del proyecto, dentro de las fases tanto constructiva como operativa.

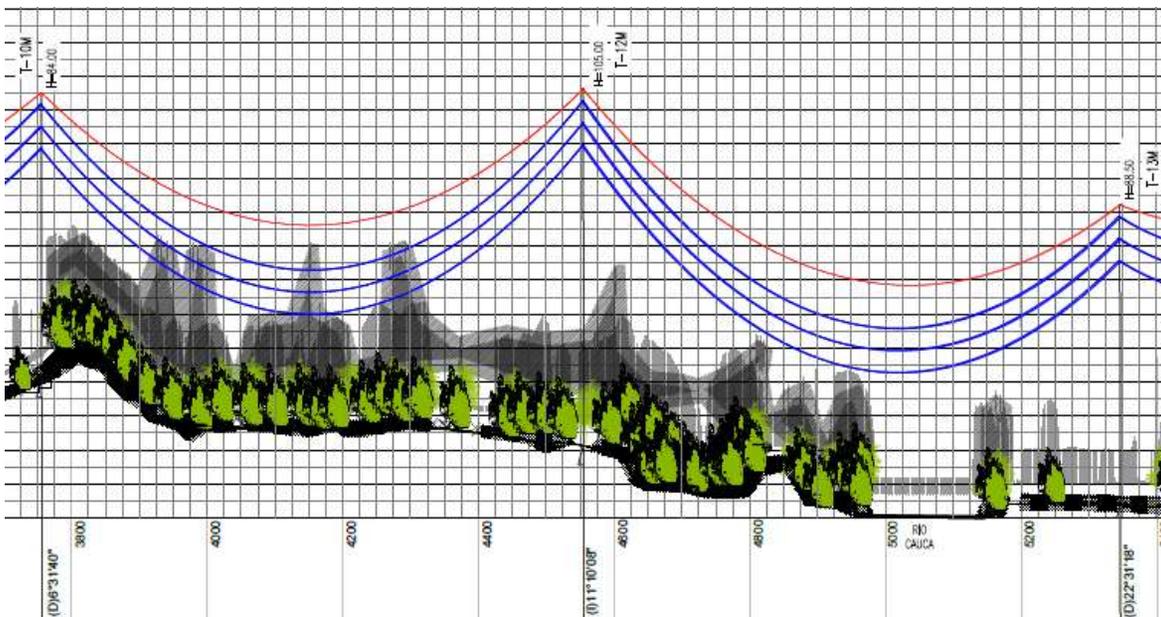
7.5.1.6 Áreas de servidumbre (aprovechamiento en vanos por acercamientos)

Para determinar los individuos arbóreos a aprovechar en la servidumbre, se realizó un ejercicio técnico mediante el uso del programa de plantillado PLS-CADD® teniendo en cuenta los criterios ambientales, el cual permite determinar la mínima distancia que puede existir, en condiciones máximas de temperatura y balanceos a la velocidad máxima del viento, entre los cables y los árboles (del censo forestal); mediante la determinación de la máxima flecha o deformación en la catenaria de la fase inferior (es decir los cables conductores que quedarán más bajos) con respecto a las alturas actuales y máximas proyectadas de los árboles.

Este ejercicio con los criterios de temperatura y balanceo en las condiciones más extremas, permite calcular el área donde se requiere despejar la vegetación con el fin de evitar acercamientos de árboles a la línea de transmisión durante sus etapas constructiva y operativa (bajo la visión de ciclo de vida del activo), así se evita la tala de aquellos árboles cuya altura máxima o de madurez no implique un riesgo dentro del área de servidumbre, al no presentar conflicto con las distancias mínimas de retiro definidas en el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE), de forma que la distancia fase-copas en este caso, por descargas o maniobras, sea suficiente para evitar contactos o descargas a tierra. En la Figura 7-57 se observa un caso puntual en el vano T-12M – T-13M donde la proyección de la vegetación es lo suficientemente baja, lo cual garantiza que los cables en este vano no interfieran con las alturas proyectadas de los árboles y en este caso no se requiere realizar aprovechamiento forestal en esta zona en particular ni para la etapa constructiva ni para la etapa operativa. Caso contrario ocurre en el vano T-10M – T-12M, donde algunos individuos (al considerar su altura máxima proyectada) sí sobrepasan la distancia de seguridad exigida por el RETIE y por tanto dichos individuos deben solicitarse dentro del permiso para aprovechamiento forestal dado que presentarán un conflicto para la adecuada puesta en servicio y operación del proyecto. El plano planta perfil completo, con el resumen de esta modelación para toda la línea de transmisión de la Interconexión

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DEL PROYECTO INTERCONEXIÓN CARRIELES A 230 MIL VOLTIOS	
Rev. No.: 5 2024-08-05		

Carrieles a 230 mil voltios, se puede consultar en el ANEXO_3_1_PLANOS_LINEA presentado en el Capítulo 3 Descripción del proyecto.



CONVENCIONES:

- | | | |
|--|------------------------|------------------------|
| EJE DE LÍNEA | VÍA | PROYECCIÓN DE ÁRBOL |
| LÍNEA DE SERVIDUMBRE | PUENTE | ÁRBOL REAL |
| CERCA EN PLANTA | CERCA EN ALZADO | CULTIVOS |
| CABLE DE GUARDA EXISTENTE SHRIKE+ADELASH | CONSTRUCCIÓN EN ALZADO | VEGETACIÓN |
| CABLE CONDUCTOR ACCC LISBON | CUERPOS DE AGUA | DISTANCIA DE SEGURIDAD |
| TERRENO | CRUCE DE LÍNEA | |

Figura 7-57. Aplicación de la metodología PLS-CADD® para el aprovechamiento forestal: ejemplo T-10M – T-13M

Fuente: J.E. Jaimes Ingenieros, 2023

Como resultado de este ejercicio se obtienen aquellos individuos que presentan riesgo con el conductor por la altura real actual (altura que presentan actualmente sus copas y que generará conflicto para el escenario de riego y tendido durante la construcción) y por la altura proyectada (altura máxima que puede llegar a tener la copa del individuo según el

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DEL PROYECTO INTERCONEXIÓN CARRIELES A 230 MIL VOLTIOS	
		Rev. No.: 5 2024-08-05

Teorema de Límite central o la literatura y que generará conflicto para el escenario de operación). Con estos resultados obtenidos para el aprovechamiento o despeje, una vez empleada la metodología en el programa PLS-CADD®, se busca optimizar el diseño para minimizar la afectación sobre las coberturas vegetales más sensibles y en las zonas de exclusión, reduciendo así el número de fustales que se requieren aprovechar en dichos sitios. Es importante resaltar que para la determinación del área de aprovechamiento se realizaron diferentes ejercicios ajustando elementos tales como la altura y número de torres de la línea, buscando siempre reducir al máximo la afectación sobre las áreas más sensibles desde el punto de vista ambiental, evitando así **en lo posible el** aprovechamiento forestal en los determinantes de muy alta importancia y sensibilidad ambiental, como son el grupo de los fragmentos de bosque seco tropical y las rondas hídricas.

Los criterios adoptados para la optimización se encuentran sujetos a las diferentes condiciones meteorológicas, técnicas y ambientales. En el análisis se asocian los individuos fustales encontrados a lo largo de la servidumbre de la línea de transmisión. Así se realizaron varios modelos para buscar la mejor optimización:

- **Altura real actual:** Corresponde a la altura total tomada para cada individuo censado en la fase de campo de los estudios ambientales.
- **Altura máxima proyectada:** Las alturas máximas proyectadas se evaluaron para todos los individuos censados dentro de la servidumbre de la línea. Se tomó en consideración el Teorema de Límite central en Estadística, el cual indica que después de 30 repeticiones dentro de una muestra, la muestra es grande y la media muestral tendrá una función de distribución próxima a una normal. Así entonces, se dividió el censo forestal entre las especies que reportan abundancias iguales o mayor a 30 y las especies que reportan abundancias menores a 30 individuos.

Para las especies con más de 30 individuos, se tomó la altura mayor reportada para la especie en el inventario, mientras que a las especies que reportaron menos de 30 individuos, se les asignó la altura máxima reportada para la especie según la literatura (utilizando como referencia los datos reportados de los ecosistemas más similares).

Posteriormente, con el inventario forestal filtrado para el área de la servidumbre y considerando ambas alturas, se modeló el plantillado para evaluar las diferentes condiciones de la distancia de seguridad del conductor en las cuales se generará conflicto con la vegetación durante los escenarios de construcción y operación, y por tanto se requiere solicitar aprovechamiento forestal.

Se consideró a partir del modelo de aprovechamiento forestal en el cual se identificaron aquellos individuos con acercamiento a los conductores y sus coordenadas (Este y Norte) del fuste principal. Posteriormente, se armó el área de aprovechamiento tomando un buffer que se encuentra conformado por la altura total registrada para cada individuo (en m.), más tres (3) metros adicionales por el error de GPS, esto teniendo en cuenta que esa podría ser el área de caída de los árboles al interior, es decir, si un individuo tiene una altura de 10 m, el radio de caída considerada para su buffer sería de 13 m. en total, a partir de su coordenada de censo.

En la Tabla 7-18 se muestran los ID de cada uno de los individuos arbóreos con conflicto reportado por el PLS-CADD y los ID de individuos que se encuentran dentro del buffer, discriminados por el vano en el que se encuentran dentro de la Línea de transmisión del proyecto. La columna “ID individuos con conflicto” hace referencia a aquellos individuos arbóreos que efectivamente presentan el conflicto por acercamiento a los conductores, mientras que la columna “ID individuos en buffer sin conflicto” muestra los individuos que se incluyen en la solicitud de aprovechamiento por el efecto del buffer mencionado anteriormente (más no por presentar un conflicto por acercamiento a los conductores).

En el ANEXO_7_12_ARBOLES_CON_CONFLICTO_EN_VANOS se puede observar el reporte de todos los 126 individuos que serán objeto de intervención por tala en la servidumbre vano por vano, teniendo en cuenta el análisis de acercamiento al cable conductor (no se muestran los individuos que se encuentran en las plazas de tendido, sitios de torre y subestación, vía nueva, obras de descarga y efecto método constructivo). En dicho anexo se muestran las alturas tomadas en campo y las alturas que presentan cada una de las especies según la literatura, también se puede observar cuales de esos individuos se encuentran en conflicto directo con los cables (46) y cuales se encuentran en el buffer (80).

Los árboles reportados en dicho anexo son necesarios para la adecuada puesta en servicio de la línea de transmisión. Los árboles con conflicto directo son aquellos que son estrictamente necesarios debido a que violan la distancia mínima de seguridad por su altura actual o a la que podrían crecer según la literatura. Por su parte los individuos en buffer son aquellos que pueden verse afectados por la tala de los individuos con conflicto directo. Acá es importante mencionar, que llegado el caso en la fase de construcción y evaluando las necesidades constructivas y operativas, se preverá la conservación de los individuos que en definitiva no requieran ser talados, pero si a estos individuos se les requiere actividades de poda, serán tratados según lo dispuesto en el plan de manejo sobre las actividades de poda, ya sea en la fase de construcción o en la fase de operación (Tabla 7-18).

Tabla 7-18. ID de individuos con conflicto e ID individuos buffer por vano

Vano	ID individuos con conflicto	ID individuos en buffer sin conflicto
T17M-Subestación y efecto método constructivo	X192, T1	T2, T3, T4, T7, X190, X191, X193, X194, X195, X197, X199
Árboles con acercamiento en vano T17M - T15M	E3, Y14, T26, Y2, E4, T30, E5, E6	E10, E11, E17, E18, E19, E20, E25, E7, E7R, E8, E9, M414, R318, T25, T27, T31, T49, T50, X204, Y10, Y11, Y12, Y13, Y15, Y16, Y17, Y20, Y3, Y4
Árboles con acercamiento en vano T15M - T14M	E340, R338, E347, E357, Y51, E329, E356	E320, E321, E326, E332, E348, E349, E350, E351, E352, E353, E354, E355, E359, E360, R337, R339, R340, R341, R342
Árboles con acercamiento en vano T14M - T13M	E223	E220, E221, E222, E224, E225, E226, E244

Vano	ID individuos con conflicto	ID individuos en buffer sin conflicto
Árboles con acercamiento en vano T13M - T12M	Ninguno	Ninguno
Árboles con acercamiento en vano T10M - T12M	R6, Y347, R16, Y334, M102, M100, Y327, Y330, Y331, Y339, R18, R17, R15, R14, M101, M99, M98, M97, M95	M103, M96, R19, R4, R5, R7, Y328, Y329, Y332, Y333, Y336, Y337, Y345, Y346
Árboles con acercamiento en vano T10M – T9M	Ninguno	Ninguno
Árboles con acercamiento en vano T9M – T8M	Ninguno	Ninguno
Árboles con acercamiento en vano T8M – T6M	Ninguno	Ninguno
Árboles con acercamiento en vano T6M – T5M	Ninguno	Ninguno
Árboles con acercamiento en vano y sobreancho por balanceo T3M – T5M	R51, I108, I114, H104, H105, H106, H124, H125, H126	Ninguno
Árboles con acercamiento en vano T3M – T1M	Ninguno	Ninguno
Árboles con acercamiento en vano T1M – T79	Ninguno	Ninguno

Fuente: SAG, 2024

A continuación, en la Tabla 7-19 y Figura 7-58 se muestran los 29 individuos que se solicitan en el permiso de aprovechamiento forestal, específicamente en las áreas de árboles con acercamiento en vano y que se ubican dentro de áreas de intervención con restricción Alta y Muy alta en la zonificación de manejo, los cuales también están incluidos en la solicitud de aprovechamiento forestal para tala. A estos árboles se evaluará igualmente como en el caso anterior, la necesidad o no de tala dependiendo de las necesidades constructivas, en caso de requieran poda, serán tratados según lo dispuesto en los planes de manejo.

Tabla 7-19. Listado de individuos destinados para aprovechamiento forestal presentes en áreas de árboles con acercamiento en vano con áreas de intervención con restricción Alta y Muy alta

#	ID	Especie	Familia	Nombre común	Obra
1	H104	<i>Trichilia martiana</i>	Meliaceae	Cedrillo, tuétano	Árboles con acercamiento en vano T-3M - T-5M
2	H105	<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	Fabaceae	Piñón de oreja, orejero	
3	H106	<i>Ficus insipida</i>	Moraceae	Higuerón	
4	H124	<i>Platymiscium pinnatum</i>	Fabaceae	Trébol, guayacán	
5	H125	<i>Zanthoxylum caribaeum</i>	Rutaceae	Doncel blanco	
6	H126	<i>Zanthoxylum caribaeum</i>	Rutaceae	Doncel blanco	
7	I108	<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	Fabaceae	Piñón de oreja, orejero	

#	ID	Especie	Familia	Nombre común	Obra
8	I114	<i>Ficus insipida</i>	Moraceae	Higuerón	
9	M100	<i>Ceiba pentandra</i>	Malvaceae	Ceiba	Árboles con acercamiento en vano T-10M - T- 12M
10	M101	<i>Ceiba pentandra</i>	Malvaceae	Ceiba	
11	M102	<i>Ceiba pentandra</i>	Malvaceae	Ceiba	
12	M103	<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	Fabaceae	Piñón de oreja, orejero	
13	M95	<i>Ceiba pentandra</i>	Malvaceae	Ceiba	
14	M96	<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	Fabaceae	Piñón de oreja, orejero	
15	M97	<i>Ceiba pentandra</i>	Malvaceae	Ceiba	
16	M98	<i>Ceiba pentandra</i>	Malvaceae	Ceiba	
17	M99	<i>Ceiba pentandra</i>	Malvaceae	Ceiba	
18	R14	<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	Fabaceae	Piñón de oreja, orejero	
19	R15	<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	Fabaceae	Piñón de oreja, orejero	
20	R16	<i>Ceiba pentandra</i>	Malvaceae	Ceiba	
21	R17	<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	Fabaceae	Piñón de oreja, orejero	
22	R18	<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	Fabaceae	Piñón de oreja, orejero	
23	Y332	<i>Samanea saman</i>	Fabaceae	Samán, campano	
24	Y333	<i>Samanea saman</i>	Fabaceae	Samán, campano	
25	Y334	<i>Ceiba pentandra</i>	Malvaceae	Ceiba	
26	Y336	<i>Gliricidia sepium</i>	Fabaceae	Matarratón	
27	Y337	<i>Psidium guajava</i>	Myrtaceae	Guayabo, guayaba	
28	Y345	<i>Zanthoxylum martinicense</i>	Rutaceae	Doncel blanco	
29	Y346	<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	Fabaceae	Piñón de oreja, orejero	

Fuente: SAG, 2024

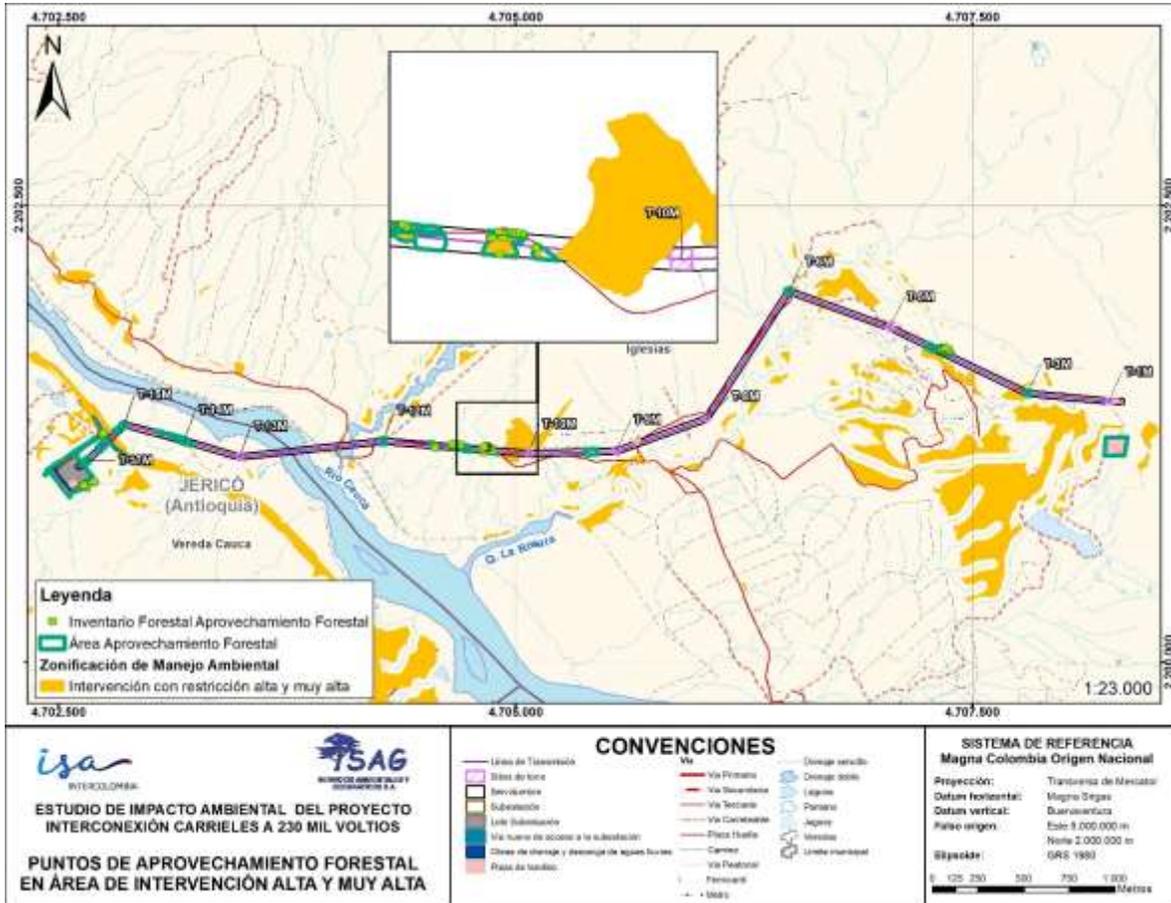


Figura 7-58. Individuos destinados para aprovechamiento forestal presentes en áreas de árboles con acercamiento en vano con áreas de intervención con restricción Alta y Muy alta

Fuente: SAG, 2024

7.5.2 Áreas y volumen a aprovechar

De acuerdo con los resultados obtenidos, para todos los escenarios de aprovechamiento forestal definidos, se obtuvo el volumen total y comercial a extraer para cada una de las coberturas y obras. Es importante mencionar que, para la estimación del volumen a aprovechar, fueron tenidos en cuenta el número total de reiteraciones presentadas por los individuos arbóreos inventariados, **cuya medida del DAP se calculó mediante circunferencia cuadrática para posteriormente convertirlo a diámetro.**

Los datos de los volúmenes a aprovechar se pueden observar en la pestaña “BD” del ANEXO_7_4_BD_PRO_FORESTAL, en el cual se puede validar la información presentada. En la Tabla 7-20 se detallan las coberturas objeto de aprovechamiento, el área total inventariada, la cantidad de individuos, el volumen total y comercial a aprovechar y el

volumen total promedio por hectárea. De acuerdo a la tabla, se tiene un área de **6,46** ha inventariadas al 100% donde se identificaron **268** individuos, los cuales arrojan un volumen total de **406,97 m³** y un volumen comercial de **210,71 m³**.

Se puede observar entonces que los Pastos limpios es la cobertura con mayor volumen total de madera a remover (**181,07 m³**), seguida de los Pastos arbolados (**114,33 m³**), mientras que los Cultivos permanentes arbóreos es la que menor volumen aporta (**0,72 m³**).

En cuanto al volumen promedio por hectárea, se estima un valor de **193,79 m³** para la cobertura de Pastos arbolados, de **89,64 m³** para los Pastos limpios, de **119,40 m³** para el Bosque de galería y/o ripario, de **24,76 m³** para los Pastos enmalezados y de **3,45 m³** para los Cultivos permanentes arbóreos.

Tabla 7-20. Áreas, cantidad de individuos y Volumen por aprovechar para la construcción y operación del Proyecto con base en el inventario al 100%

Cobertura	Área (ha)	No. Ind.	VC (m ³)	VT (m ³)	VT promedio (m ³ /ha)
Bosque de galería y/o ripario	0,22	8	18,19	26,27	119,40
Cultivos permanentes arbóreos	0,21	1	0,33	0,72	3,45
Pastos arbolados	0,59	67	56,99	114,33	193,79
Pastos enmalezados	3,42	143	43,80	84,57	24,76
Pastos limpios	2,02	49	91,40	181,07	89,64
Total	6,46	268	210,71	406,97	-

Fuente: SAG, 2024

Técnicamente hablando, dado que la T-4M que fue eliminada era en ángulo, se genera un nuevo vano de 835 metros entre la T3M y T5M, el cual al realizar el tensionado de los conductores y cables de guarda, incide en que el alineamiento sufra una modificación produciendo un desplazamiento de la servidumbre que se presentó inicialmente en el EIA. Debido a esta nueva particularidad en el diseño del proyecto, se corrió el nuevo escenario de aprovechamiento, donde se identificó que por el balanceo de los cables es necesario solicitar ocho (8) individuos ubicados en la cobertura de Bosque de galería y/o ripario (0,22 ha) para aprovechamiento forestal. A esos ocho (8) individuos solicitados (I108, I114, H104, H105, H106, H124, H125 y H126) se les realizará una tala selectiva, garantizando de esta forma una menor afectación sobre la estructura y composición de la cobertura, ya que sobre esta no se van a realizar actividades de remoción a tala rasa de cobertura vegetal, solo la intervención de los ocho individuos ya mencionados, en caso que sean estrictamente necesarios, por lo cual fueron considerados con sus áreas de intervención correspondientes de una vez en el plan de compensación.

En la Tabla 7-21 se muestran los valores de los volúmenes comercial y total discriminados por obra y por cobertura de la tierra. Se esperan aprovechar un total de **268** individuos con un volumen total de **406,97 m³** y un volumen comercial de **210,71 m³**. La obra con mayor número de individuos a provechar, corresponde a las áreas de “subestación, vía nueva, obras de descarga y efecto método constructivo” con 98 individuos y un volumen total de **85,23 m³**, por su parte la obra de Árboles con acercamiento en vano T-10M – T-12M, es la que presenta mayor cantidad de volumen a aprovechar con **130,69 m³**.

 SERVICIOS AMBIENTALES Y GEOGRÁFICOS S.A.	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DEL PROYECTO INTERCONEXIÓN CARRIELES A 230 MIL VOLTIOS	 INTERCOLOMBIA	
		Rev. No.: 5	2024-08-05

Si bien se solicitan todos los individuos presentes en esas obras o áreas del Proyecto, se preverá en la etapa constructiva la pertinencia o no de aprovechar algunos individuos que, de acuerdo con su ubicación, no interfieran con las actividades constructivas y de operación del Proyecto. Situación que será reportada en los respectivos informes de cumplimiento ambiental de la etapa constructiva y operativa del proyecto.

Tabla 7-21. Áreas y Volumen por aprovechar para la construcción y operación del proyecto con base en el inventario al 100%

Obra	Cobertura	Área (ha)	No. Ind.	VC (m³)	VT (m³)
Árboles con acercamiento en vano T-10M - T-12M	PI	0,43	33	69,94	130,69
Árboles con acercamiento en vano T-13M - T-14M	Pe	0,02	8	2,21	3,35
Árboles con acercamiento en vano T-14M - T-15M	Pe	0,12	26	1,34	2,35
Árboles con acercamiento en vano T-15M - T-17M	Pa	0,22	20	30,54	58,32
	Pe	0,06	17	3,99	6,21
Árboles con acercamiento en vano T-17M-Subestación y efecto método constructivo	Pa	0,05	9	1,88	4,37
	Pe	0,01	4	1,78	4,97
Árboles con acercamiento en vano T-3M - T-5M	Bgr	0,22	8	18,19	26,27
	PI	0,17	1	13,93	36,21
Plaza de tendido PT-1	PI	1,13	5	4,26	7,79
Plaza de tendido PT-3	Cpb	0,21	1	0,33	0,72
Sitio de torre T-12M	PI	0,10	1	1,69	2,70
Sitio de torre T-14M	Pe	0,10	1	1,39	2,78
Sitio de torre T-15M	Pe	0,07	21	7,00	11,06
Sitio de torre T-17M	Pa	0,09	10	9,25	21,25
Sitio de torre T-3M	PI	0,08	3	0,63	1,71
Sitio de torre T-6M	PI	0,08	2	0,47	0,98
Subestación, vía nueva, obras de descarga y efecto método constructivo	Pa	0,24	28	15,32	30,39
	Pe	3,03	66	26,08	53,84
	PI	0,03	4	0,48	1,00
Total		6,46	268	210,71	406,97

Bgr: bosque de galería y/o ripario; Cpb: cultivos permanentes arbóreos; Pa: Pastos arbolados, Pe: Pastos enmalezados; PI: Pastos limpios.

Fuente: SAG, 2024

La información específica de los individuos a aprovechar, el lugar de aprovechamiento y demás información como datos dasométricos y especies sensibles puede ser consultada en el ANEXO_7_4_BD_APRO_FORESTAL, además, en el ANEXO_7_5_MAPA_APRO_FORESTAL se encuentra el mapa con la ubicación de cada uno de los individuos a aprovechar y la obra donde se encuentran. El Formulario Único

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DEL PROYECTO INTERCONEXIÓN CARRIELES A 230 MIL VOLTIOS		
		Rev. No.: 5	2024-08-05

Nacional de aprovechamiento forestal (FUN) se puede consultar en el ANEXO_7_6_FUN_APRO_FORESTAL.

7.5.3 Destino final de los productos forestales

La madera proveniente de los árboles podrá ser utilizada en el frente de trabajo, en obras tales como trinchos, telares, estacas, señales, elaboración de formaletas, soportes, cercos, barreras, entre otros, siempre y cuando las propietarias de los predios no la requieran. También podrá ser cedida a la comunidad local para uso doméstico o se podrán disponer mediante un gestor autorizado. De ninguna manera se permitirá la quema o comercialización de la madera.

Los restos de material que no posean dimensiones para uso, se dispondrá repicado, de forma manual, en zonas aledañas de cobertura vegetal en proceso de sucesión vegetal y cuya pendiente no sea superior al 30%, alejados de los cuerpos de agua de manera que se genere un proceso de degradación biológica, que contribuya a mejorar las condiciones del recurso suelo.

7.5.4 Solicitud de intervención de especies en veda

7.5.4.1 Solicitud de intervención de especies en veda regional de porte arbóreo (Resolución 040-RES2312-6645 del 14 de diciembre de 2023)

Siguiendo con los lineamientos expuestos en la Circular 8201-2-808 de 2019 emitida por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS), se presenta a continuación, los resultados de las especies en veda regional pertenecientes a la Resolución de CORANTIOQUIA N° 040-RES2312-6645 del 14 de diciembre de 2023 y [Resolución 040-RES2402-468 del 8 de febrero de 2024](#), que se registran dentro de las áreas de intervención del proyecto (ver Tabla 7-22).

Tabla 7-22. Normatividad nacional vigente a veda de especímenes y productos de la flora registrados dentro del Proyecto

Norma	Especies	Definición
Resolución 040-RES2312-6645 del 14 de diciembre de 2023 y Resolución 040-RES2402-468 del 8 de febrero de 2024	<i>Astronium graveolens</i> , <i>Cedrela odorata</i> , <i>Handroanthus chrysanthus</i> <i>Heliconia platystachys</i>	Declarar la Veda Indefinida y Prohibir en todo el territorio de la jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia-CORANTIOQUIA, el aprovechamiento de las especies de flora que se relacionan en la siguiente tabla; en atención a la parte motiva de la presente Resolución

Fuente: SAG S.A., 2024

En el inventario realizado se encontraron 27 individuos fustales de las tres (3) especies reportadas en veda regional (ver Tabla 7-23). *Cedrela odorata* es la especie con mayor número de individuos con 24, seguida de *Handroanthus chrysanthus* con dos (2) y *Astronium graveolens* con un (1) individuo. Las coordenadas de estos individuos, así como

la cobertura donde se encuentran, se pueden consultar en la pestaña “BD” del ANEXO_7_4_BD_APRO_FORESTAL. Adicional a estas tres (3) especies, se reportaron nueve (9) individuos brinzales de la especie *Heliconia platystachys* en las parcelas de regeneración.

Tabla 7-23. Número de individuos fustales de las especies en veda regional en el área de intervención del proyecto

Nombre científico	Familia	Número de individuos fustales
<i>Astronium graveolens</i>	Anacardiaceae	1
<i>Cedrela odorata</i>	Meliaceae	24
<i>Handroanthus chrysanthus</i>	Bignoniaceae	2
Total		27
Nombre científico	Familia	Número de individuos brinzales
<i>Heliconia platystachys</i>	Heliconiaceae	9

Fuente: SAG, 2024

7.5.4.2 Solicitud de intervención de especies en veda nacional (Resolución 0213 de 1977- Inderena)

7.5.4.2.1 Epífitas vasculares en veda nacional

7.5.4.2.1.1 Intensidad de muestreo

Para calcular la intensidad de muestreo necesaria para caracterizar las plantas epífitas en veda nacional se utilizó el instrumento “Estandarización de los cálculos de representatividad del muestreo de especies en veda nacional de conformidad con la Resolución 0213 de 1977 INDERENA, para proyectos con área de intervención definida”, el cual fue publicado el 21 de abril del 2022 en la Circular Externa 00002 del director general de la ANLA.

A continuación, se muestra la Tabla 7-24 donde se especifica la intensidad de muestreo realizado en cada cobertura de la tierra con intervención para la caracterización de epífitas vasculares. En la cual se evidencia que para el proyecto se cumplió a cabalidad la intensidad de muestreo sugerida por el MADS.

Tabla 7-24. Intensidad de muestreo llevada a cabo para la caracterización de epífitas vasculares en las diferentes coberturas del proyecto

Cobertura	Área intervención (ha)	Factor de ocupación de forófitos/cobertura/h	Número de forófitos a muestrear teóricos	Forófitos evaluados
Bosque de galería y/o ripario	0,22	1	2	18
Pastos arbolados	0,59	0,4	2	7
Pastos enmalezados	3,42	0,3	8	21
Pastos limpios	2,02	0,3	5	28

 SAG SERVICIOS AMBIENTALES Y GEOGRÁFICOS S.A.	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DEL PROYECTO INTERCONEXIÓN CARRIELES A 230 MIL VOLTIOS	 isa INTERCOLOMBIA	
		Rev. No.: 5	2024-08-05

Cobertura	Área intervención (ha)	Factor de ocupación de forófitos/cobertura/h	Número de forófitos a muestrear teóricos	Forófitos evaluados
Cultivos permanentes arbóreos	0,21	0	0	0
Total	6,46		17	74

Fuente: SAG, 2024

7.5.4.2.1.2 Composición de epífitas vasculares y análisis por cobertura

Para la caracterización de epífitas vasculares en veda nacional pertenecientes a las familias botánicas Bromeliaceae y Orchidaceae presentes en el proyecto, se revisaron 74 árboles en categoría fustal presentes en el área de influencia del proyecto. Se identificó un total de un (1) género, tres (3) especies, y 2.774 individuos. La especie *Tillandsia recurvata* presentó la mayor abundancia con 2.044 individuos lo que equivale al 73,68% de la abundancia total, en segundo lugar, aparece la especie *Tillandsia balbisiana* con 528 individuos equivalentes al 19,03% de la abundancia y luego aparece *Tillandsia elongata* con una abundancia de 202 individuos. Es de notar que la mayor abundancia de epífitas vasculares estuvo dominada por las especies del género *Tillandsia* (Bromeliaceae) (ver Tabla 7-25, ANEXO_7_7_BD_EPI_VASCULARES).

En cuanto a las coberturas evaluadas que van a presentar intervención por las obras del proyecto, se tiene que la cobertura de Pastos limpios fue la que albergó mayor abundancia de individuos en veda, seguido de los Pastos enmalezas, luego los Pastos arbolados y finalmente el Bosque de galería o ripario. Estos resultados pueden estar influenciados por la cantidad de unidades muestrales tenidas en cuenta. Ya que los pastos son la cobertura con mayor intervención (93%) la intensidad de muestreo también estuvo centrada en estas tres coberturas.

Para el proyecto Carrieles, se registraron tres (3) especies las cuales cada una de ellas está representada en las coberturas de la tierra de interés, señalando estos resultados que son especies abundantes en la zona y adaptadas a una amplia gama de condiciones ambientales como las presentadas en los pastos y Bosques.

Tabla 7-25. Composición, riqueza y abundancia de las especies de epífitas vasculares en veda nacional registradas en las coberturas de intervención en el proyecto

Familia	Género	Especie	Coberturas				Total
			Bgr	Pa	Pe	Pl	
Bromeliaceae	Tillandsia	<i>Tillandsia balbisiana</i>	90	123	59	256	528
		<i>Tillandsia elongata</i>	10	24	132	36	202
		<i>Tillandsia recurvata</i>	80	108	125	1731	2044
Total			180	255	316	2.023	2.774

Convenciones: Bgr: Bosque de galería o ripario; Pa: Pastos arbolados; Pe: Pastos enmalezados; Pl: Pastos limpios.

Fuente: SAG, 2024

7.5.4.2.1.3 Distribución vertical o por estratos

Para la evaluación de la estratificación vertical se revisaron tres (3) zonas del árbol (Tronco (ZI), copa interna (ZII) y copa externa (ZIII)). Se observa que la zona dos (ZII) fue la que presentó mayor abundancia con un total de 1.594 individuos lo que representa el 57,46% de la abundancia registrada; sobre la zona II se destaca la especie *Tillandsia recurvata* la cual obtuvo una abundancia de 1.129 individuos.

En la zona tres (ZIII) que corresponde a la copa externa del árbol se reportó la presencia de 1.036 individuos epífitos en veda, que equivalen al 37,35% de la abundancia total; en este estrato también se destaca la presencia de la especie *Tillandsia recurvata* con 819 individuos y finalmente la zona uno (ZI) que corresponde a la parte del tronco se reportó la presencia de 144 individuos epífitos, siendo esta la zona con menor ocurrencia de epífitas vasculares en veda.

Tabla 7-26. Estratificación vertical de epífitas vasculares en veda nacional presentes en el proyecto

Familia	Especie	Zonas		
		ZI	ZII	ZIII
Bromeliaceae	<i>Tillandsia balbisiana</i>	46	309	173
	<i>Tillandsia elongata</i>	2	156	44
	<i>Tillandsia recurvata</i>	96	1.129	819
Total		144	1.594	1.036

Fuente: SAG, 2024

7.5.4.2.1.4 Análisis de diversidad

- Diversidad alfa

En la Tabla 7-27 se presentan los resultados obtenidos para los índices de diversidad alfa calculados para epífitas vasculares en veda presentes en el área de intervención del proyecto. La riqueza detectada en cada una de las coberturas de la tierra evaluadas en el proyecto no superó tres (3) especies, lo que se puede interpretar como una riqueza de especies baja. A partir de los resultados obtenidos para el índice recíproco de Simpson se puede afirmar que las coberturas con intervención presentan un valor inferior al 63% por lo que se puede afirmar que se presenta una diversidad baja para las epífitas vasculares en veda del área de influencia del proyecto.

En cuanto al índice de Shannon, que también mide diversidad encontramos que este índice toma valores desde 0,5 hasta 5. Valores por debajo de dos (2) sugieren que la comunidad en cuestión es poco diversa, valores por encima de tres (3) indican que se trata de una comunidad con una diversidad alta. Así las cosas, tal como se observa en la Tabla 7-27, muestran valores bajos que no superan el valor de dos (2), lo que indica una escasa o moderada diversidad en cuanto a las especies de epífitas vasculares en veda reportadas para el proyecto.

Tabla 7-27. Índices de diversidad alfa para epífitas vasculares en las coberturas vegetales evaluadas en el proyecto

Coberturas	No. Especies	No. Individuos	Simpson (1-D)	Shannon (H)
Bgr	3	180	0,55	0,87
Pa	3	255	0,58	0,94
Pe	3	316	0,63	1,05
Pl	3	2023	0,25	0,47

Convenciones: *Bgr*: Bosque de galería o ripario; *Pa*: Pastos arbolados; *Pe*: Pastos enmalezados; *Pl*: Pastos limpios.

Fuente: SAG, 2024

- Diversidad beta

Debido que para las coberturas de la tierra del área de intervención se registraron tres (3) especies representadas cada una de ellas, no se presenta análisis de diversidad beta.

7.5.4.2.1.5 Representatividad de muestreo

En la Tabla 7-28 se presenta el número de especies observadas y el número de especies esperadas para las coberturas con intervención a lo largo del proyecto.

Para todas las coberturas de la tierra evaluadas se presentó una representatividad del 100% indicando que el esfuerzo de muestreo fue altamente representativo para conocer la comunidad de epífitas vasculares en veda que alberga cada una de estas coberturas.

En el gráfico de la Figura 7-59 se muestran las curvas de acumulación de especies registradas para las coberturas evaluadas.

Tabla 7-28. Representatividad del muestreo para especies de las familias Bromeliaceae y Orchidaceae de hábito epífita

Cobertura	No. Especies observadas	Estimador	No. Spp estimadas	Índice de completitud (IC)	Representatividad (%)	Representatividad promedio (%)
Bosque de galería	3	ACE Mean	3	1,00	100,00	100,00
		Chao 1 Mean	3	1,00	100,00	
Pastos arbolados	3	ACE Mean	3	1,00	100,00	100,00
		Chao 1 Mean	3	1,00	100,00	
Pastos enmalezados	3	ACE Mean	3	1,00	100,00	100,00
		Chao 1 Mean	3	1,00	100,00	
Pastos limpios	3	ACE Mean	3	1,00	100,00	100,00
		Chao 1 Mean	3	1,00	100,00	

Convenciones: *Bgr*: Bosque de galería o ripario; *Pa*: Pastos arbolados; *Pe*: Pastos enmalezados; *Pl*: Pastos limpios.

Fuente: SAG, 2024

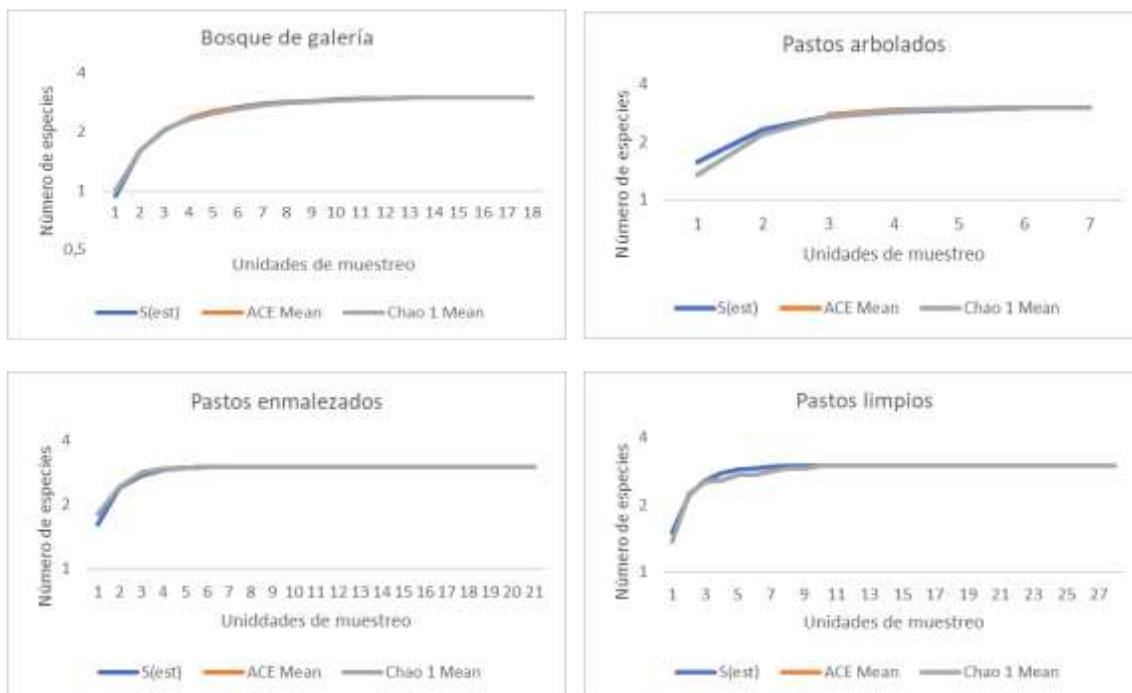


Figura 7-59. Curva de acumulación de especies de epífitas vasculares en veda nacional en las coberturas de intervención del proyecto

Fuente: SAG, 2024

7.5.4.2.2 Familia Bromeliacea y Orchidacea de hábito terrestre

Para la caracterización de la flora en veda nacional pertenecientes a las familias Bromeliaceae y Orchidaceae se realizó el montaje de 24 parcelas temporales de 1x1 metro (6 por cobertura), en cuatro (4) coberturas de la tierra identificadas en las áreas de intervención.

Luego de la inspección de estas unidades de muestreo, no se identificaron especies en veda nacional pertenecientes a las familias Bromeliaceae y Orchidaceae de hábito terrestre a partir de la caracterización realizada (ver ANEXO_7_7_BD_EPI_VASCULARES).

7.5.4.2.3 Epífitas no vasculares

7.5.4.2.3.1 Intensidad de muestreo

A continuación, se muestra la Tabla 7-29 donde se especifica la intensidad de muestreo realizado en cada cobertura de intervención para la caracterización de epífitas no vasculares.

Tabla 7-29. Intensidad de muestreo llevada a cabo para la caracterización de epífitas no vasculares en las coberturas con intervención en el proyecto

Cobertura	Área intervención (ha)	Número de árboles muestreados	No. de unidades de muestreo
Bosque de galería y/o ripario	0,22	18	36
Pastos arbolados	0,59	7	14
Pastos enmalezados	3,42	21	42
Pastos limpios	2,02	28	56
Cultivos permanentes arbóreos	0,21	0	0
Total	6,46	74	148

Fuente: SAG, 2024

7.5.4.2.3.2 Composición de epífitas no vasculares

Para la caracterización de epífitas no vasculares se establecieron 148 unidades de muestreo donde se registraron 60 especies que se distribuyen en 38 géneros y 24 familias de epífitas no vasculares. De las 62 especies detectadas a lo largo del muestreo 45 corresponden a líquenes, 12 especies corresponden a musgos y cinco (5) especies de hepáticas. La especie de musgo *Fabronia ciliaris* (Fabroniaceae) presentó la mayor frecuencia al registrar 35 ocurrencias lo que representa el 10% de la frecuencia relativa registrada. En segundo lugar, aparece la especie *Frullania ericoides* (Frullaniaceae) con 28 registros y luego aparece *Lejeunea laetevirens* (Lejeuneaceae) y *Frullania gibbosa* (Frullaniaceae) con 17 ocurrencias a lo largo del proyecto. El resto de las especies detectadas presentaron un número inferior a 16 ocurrencias (ver Tabla 7-30 y ANEXO_7_8_BD_EPINOVASCULARES).

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DEL PROYECTO INTERCONEXIÓN CARRIELES A 230 MIL VOLTIOS		
		Rev. No.: 5	2024-08-05

Tabla 7-30. Composición, frecuencia y abundancia de las especies de epífitas no vasculares registradas en las coberturas de intervención en el proyecto

Familia	Especie	Bosque de galería y/o ripario		Pastos arbolados		Pastos enmalezados		Pastos limpios	
		No. de Reg	Área cm ²	No. de Reg	Área cm ²	No. de Reg	Área cm ²	No. de Reg	Área cm ²
Ascomycota									
Arthoniaceae	<i>Cryptothecia striata</i>	5	520					2	200
	<i>Herpothallon aff. echinatum</i>	1	24			1	80		
	<i>Herpothallon antillarum</i>	2	60						
	<i>Herpothallon granulare</i>	3	360						
	<i>Herpothallon rubrocinctum</i>	2	360						
	<i>Herpothallon minimum</i>	1	40	2	52				
Caliciaceae	<i>Dirinaria confusa</i>	4	280			5	260	2	120
	<i>Dirinaria picta</i>	2	203,2	3	376	2	122	6	452
	<i>Pyxine cocoas</i>	3	140			3	180		
	<i>Pyxine subcinerea</i>					2	140	2	136
	<i>Pyxine petricola</i>							2	48
Candelariaceae	<i>Candelaria concolor</i>							4	232
Chrysothrichaceae	<i>Chrysothrix candelaris</i>	2	160					2	48
Coccocarpiaceae	<i>Coccocarpia palmicola</i>							2	32
Collemataceae	<i>Leptogium austroamericanum</i>					2	80	2	88
	<i>Leptogium cyanescens</i>	2	80	2	100	2	80	2	48
	<i>Leptogium phyllocarpum</i>							4	120
Graphidaceae	<i>Dyplolabia afzelii</i>	2	4,8			2	216		
	<i>Glyphis cicatricosa</i>					2	24	2	40
	<i>Glyphis scyphulifera</i>					2	30		
	<i>Graphis lineola</i>							2	120

Familia	Especie	Bosque de galería y/o ripario		Pastos arbolados		Pastos enmalezados		Pastos limpios	
		No. de Reg	Área cm ²	No. de Reg	Área cm ²	No. de Reg	Área cm ²	No. de Reg	Área cm ²
	<i>Sarcographa cinchonarum</i>	2	39,2						
Parmeliaceae	<i>Bulbothrix coronata</i>					3	158		
	<i>Canoparmelia caroliniana</i>					3	162		
	<i>Parmotrema cf. reticulatum</i>			1	64				
	<i>Parmotrema eunetum</i>			2	104	2	80	3	252
	<i>Parmotrema reticulatum</i>							2	132
	<i>Parmotrema sp.1</i>			1	320	2	120	2	224
	<i>Usnea rubicunda</i>							2	284
Peltigeraceae	<i>Sticta cf. weigeli</i>							1	160
Physciaceae	<i>Amandinea punctata</i>					1	30	2	80
	<i>Heterodermia albicans</i>	2	80					11	648
	<i>Hyperphyscia adglutinata</i>							2	120
	<i>Hyperphyscia sp.</i>			1	16			1	56
	<i>Physcia aff. alba</i>			2	52			3	220
	<i>Physcia atrostriata</i>					2	60		
	<i>Physcia poncinsii</i>	1	80						
	<i>Physcia solediosa</i>	2	140	2	256			4	352
Ramalinaceae	<i>Stigmatochroma gerontoides</i>					1	30		
	<i>Phyllopsora confusa</i>	2	200						
	<i>Phyllopsora sp.1</i>					2	120		
	<i>Ramalina celastris</i>							1	20
Stereocaulaceae	<i>Lepraria incana</i>	1	120					2	92
Trypetheliaceae	<i>Bathelium madreporiforme</i>					6	348		
	<i>Trypethelium eluteriae</i>	2	24,8						
Bryophyta									

Familia	Especie	Bosque de galería y/o ripario		Pastos arbolados		Pastos enmalezados		Pastos limpios	
		No. de Reg	Área cm ²	No. de Reg	Área cm ²	No. de Reg	Área cm ²	No. de Reg	Área cm ²
Calymperaceae	<i>Syrrophodon parasiticus</i>	2	80						
Entodontaceae	<i>Erythrodontium squarrosum</i>							2	112
Erpodiaceae	<i>Erpodium coronatum</i>	1	128	2	200			5	112
Fabroniaceae	<i>Fabronia ciliaris</i>	11	1160	3	160	4	396	17	804
Helicophyllaceae	<i>Helicophyllum torquatum</i>	2	36						
Hypnaceae	<i>Chryso-hypnum diminutivum</i>	1	120						
Meteoriaceae	<i>Floribundaria flaccida</i>	2	44						
Octoblepharaceae	<i>Octoblepharum albidum</i>	3	592	3	336				
Orthotrichaceae	<i>Groutiella chimborazensis</i>	1	20						
Pterobryaceae	<i>Henicodium geniculatum</i>	2	88						
Sematophyllaceae	<i>Sematophyllum subpinnatum</i>	7	588			4	236	1	48
Stereophyllaceae	<i>Stereophyllum radiculosum</i>			2	80				
Marchantiophyta									
Frullaniaceae	<i>Frullania ericoides</i>	5	100	2	28	3	138	18	912
	<i>Frullania gibbosa</i>	3	180	3	136	2	88	9	544
Lejeuneaceae	<i>Lejeunea laetevirens</i>	12	1592			3	252	2	120
	<i>Lejeunea phyllobola</i>	6	552			2	76	2	92
	<i>Myriocoleopsis minutissima</i>					8	314	3	56
Total		99	8.196	31	2.280	71	3.820	129	7.124

Fuente: SAG, 2024

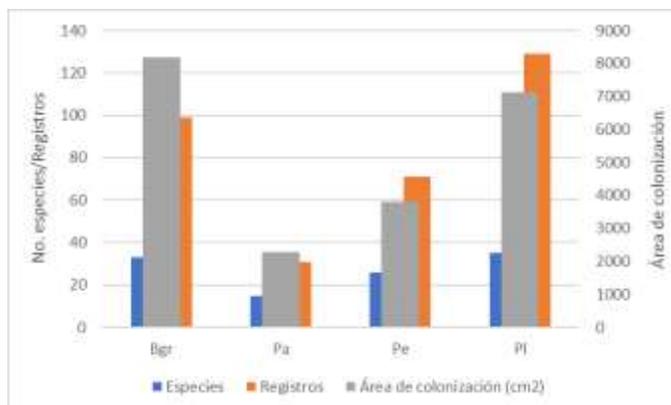


Figura 7-60. Riqueza y abundancia de especies epífitas no vasculares en las coberturas intervenidas en el proyecto

Convenciones: Bgr: Bosque de galería y/o ripario; Pa: Pastos arbolados; Pe: Pastos enmalezados; Pl: Pastos limpios.

Fuente: SAG, 2024

7.5.4.2.3.3 Distribución vertical o por estratos

Para el muestreo de las epífitas no vasculares se examinaron dos (2) estratos verticales, considerando la base del árbol como la zona I (ZI) y la parte del tronco hasta la altura que se podía acceder como zona II (ZII). En la zona I (ZI) se registró una abundancia total de 9.912 cm². En esta zona se registraron 55 de las 62 especies de epífitas no vasculares reportadas en el proyecto y se destacan las especies *Fabronia ciliaris*, *Frullania ericoides* por presentar mayor ocurrencia y abundancia.

En la zona II (ZII) se registraron 58 de las 62 especies de epífitas no vasculares reportadas en el área del proyecto y una abundancia total de 11.508 cm². En la zona II (ZII) se destacan las especies *Frullania ericoides*, *Fabronia ciliaris* y *Frullania gibbosa* por presentar mayor ocurrencia y abundancia (ver Tabla 7-31).

Tabla 7-31. Distribución vertical de las especies de epífitas no vasculares en veda nacional registradas en el área de intervención del proyecto

Especie	ZI		ZII	
	No. Reg	Área en cm ²	No. Reg	Área en cm ²
<i>Amandinea punctata</i>	2	80	1	30
<i>Bathelium madreporiforme</i>	3	178	3	170
<i>Bulbothrix coronata</i>	1	96	2	62
<i>Candelaria concolor</i>	2	204	2	28
<i>Canoparmelia caroliniana</i>	1	18	2	144
<i>Chryso-hypnum diminutivum</i>	1	120		

Especie	ZI		ZII	
	No. Reg	Área en cm ²	No. Reg	Área en cm ²
<i>Chrysothrix candelaris</i>	1	40	3	168
<i>Coccocarpia palmicola</i>	2	32		
<i>Cryptothecia striata</i>	2	240	5	480
<i>Dirinaria confusa</i>	5	242	6	418
<i>Dirinaria picta</i>	7	409,2	6	744
<i>Dyplolabia afzelii</i>	2	97,6	2	123,2
<i>Erpodium coronatum</i>	3	88	5	352
<i>Erythrodonium squarrosus</i>	1	40	1	72
<i>Fabronia ciliaris</i>	15	1388	20	1132
<i>Floribundaria flaccida</i>	1	40	1	4
<i>Frullania ericoides</i>	17	742	11	436
<i>Frullania gibbosa</i>	4	176	13	772
<i>Glyphis cicatricosa</i>	2	28	2	36
<i>Glyphis scyphulifera</i>	1	12	1	18
<i>Graphis lineola</i>	1	80	1	40
<i>Groutiella chimborazensis</i>	1	20		
<i>Helicophyllum torquatum</i>	1	20	1	16
<i>Henicodium geniculatum</i>	1	40	1	48
<i>Herpothallon aff. echinatum</i>	1	80	1	24
<i>Herpothallon antillarum</i>	1	20	1	40
<i>Herpothallon granulare</i>	1	200	2	160
<i>Herpothallon rubrocinctum</i>	1	40	1	320
<i>Herpothallon minimum</i>	2	60	1	32
<i>Heterodermia albicans</i>	6	440	7	288
<i>Hyperphyscia adglutinata</i>	1	80	1	40
<i>Hyperphyscia sp.</i>	1	56	1	16
<i>Lejeunea laetevirens</i>	8	1116	9	848
<i>Lejeunea phyllobola</i>	4	280	6	440
<i>Lepraria incana</i>	1	20	2	192
<i>Leptogium austroamericanum</i>	2	60	2	108
<i>Leptogium cyanescens</i>	4	104	4	204
<i>Leptogium phyllocarpum</i>	1	32	3	88
<i>Myriocoleopsis minutissima</i>	5	214	6	156
<i>Octoblepharum albidum</i>	3	312	3	616
<i>Parmotrema cf. reticulatum</i>			1	64
<i>Parmotrema eunetum</i>	3	140	4	296
<i>Parmotrema reticulatum</i>	1	20	1	112
<i>Parmotrema sp.1</i>	3	388	2	276
<i>Phyllopsora confusa</i>	1	160	1	40
<i>Phyllopsora sp.1</i>	1	80	1	40

Especie	ZI		ZII	
	No. Reg	Área en cm ²	No. Reg	Área en cm ²
<i>Physcia aff. alba</i>	2	60	3	212
<i>Physcia atrostriata</i>	1	40	1	20
<i>Physcia poncinsii</i>	1	80		
<i>Physcia solediosa</i>	3	352	5	396
<i>Pyxine cocoes</i>	3	160	3	160
<i>Pyxine subcinerea</i>	3	252	1	24
<i>Pyxine petricola</i>	1	28	1	20
<i>Ramalina celastri</i>			1	20
<i>Sarcographa cinchonarum</i>	1	3,2	1	36
<i>Sematophyllum subpinnatum</i>	6	564	6	308
<i>Stereophyllum radiculosum</i>	1	40	1	40
<i>Sticta cf. weigellii</i>			1	160
<i>Stigmatochroma gerontoides</i>			1	30
<i>Syrrhopodon parasiticus</i>			2	80
<i>Trypethelium eluteriae</i>			2	24,8
<i>Usnea rubicunda</i>			2	284
Total	150	9.912	180	11.508

Fuente: SAG, 2024

7.5.4.2.3.4 Análisis de diversidad

- Diversidad alfa

En la Tabla 7-32 se presentan los resultados obtenidos para los índices de diversidad alfa calculados para epífitas no vasculares presentes en el área de intervención del proyecto. A partir de los resultados obtenidos para el índice recíproco de Simpson se puede afirmar que en las coberturas evaluadas existe una probabilidad superior del 90% de que al sacar dos muestras al azar de la comunidad de epífitas no vasculares estas pertenezcan a especies diferentes. De este modo, se puede establecer que en las coberturas existe una diversidad relativamente alta, en cuanto a las epífitas no vasculares.

En cuanto al índice de Shannon, que mide diversidad de un lugar, se encontró que las coberturas evaluadas presentaron un valor por encima de dos (2). Este valor permite afirmar que existe una alta diversidad de epífitas vasculares en las coberturas evaluadas, lo cual queda corroborado por el índice de Simpson y el número de especies reportadas en cada cobertura evaluada.

Tabla 7-32. Índices de diversidad alfa para epífitas no vasculares presentes en el área de intervención del proyecto

Coberturas	No. Especies	No. Registros	Simpson (1-D)	Shannon (H)
------------	--------------	---------------	---------------	-------------

Bgr	33	99	0,95	3,22
Pa	15	31	0,93	2,65
Pe	26	71	0,95	3,12
PI	35	129	0,94	3,17

Convenciones: *Bgr*: Bosque de galería o ripario; *Pa*: Pastos arbolados; *Pe*: Pastos enmalezados; *PI*: Pastos limpios.

Fuente: SAG, 2024

- Diversidad beta

En la Tabla 7-33 se presenta el cálculo para el índice de similitud de Jaccard, el cual nos permitió evaluar la similitud, en cuanto a la composición de epífitas no vasculares, entre las coberturas evaluadas. Los resultados obtenidos muestran que las coberturas Pastos enmalezados y Pastos limpios comparten un 36% de las especies en común. Otras similitudes importantes, se presentaron entre las coberturas de Pastos limpios y Pastos arbolado y el Pasto limpio y el Bosque de galería las cuales comparten un 28% de las especies.

En el gráfico de la Figura 7-61 se muestra la similitud que comparten las coberturas evaluadas, mostrando más cercanas a las coberturas que presentan mayor similitud en cuanto a las epífitas no vasculares y más distante a las coberturas que compartieron menor número de especies en común.

Tabla 7-33. Índice de similaridad de Jaccard para epífitas vasculares en las coberturas

Coberturas	Bgr	Pa	Pe	PI
Bgr	1			
Pa	0,23	1		
Pe	0,26	0,21	1	
PI	0,28	0,28	0,36	1

Convenciones: *Bgr*: Bosque de galería o ripario; *Pa*: Pastos arbolados; *Pe*: Pastos enmalezados; *PI*: Pastos limpios.

Fuente: SAG, 2024

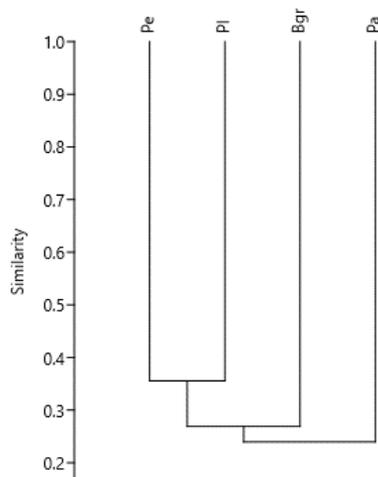


Figura 7-61. Dendrograma de similitud Jaccard para epífitas no vasculares en las coberturas vegetales evaluadas

Fuente: SAG, 2024

7.5.4.2.3.5 Representatividad del muestreo

En la Tabla 7-34 se presenta el análisis de representatividad del muestreo de epífitas no vasculares en las coberturas de la tierra evaluadas en el área del proyecto.

Para las coberturas Pastos arbolados y Bosque de galería y/o ripario se obtuvo una representatividad superior al 85%, después de revisar las unidades de muestreo previstas en estas coberturas. De manera general se puede afirmar que se obtuvo una alta representatividad en el muestreo, lo que permitió conocer la mayoría de especies de epífitas no vasculares que albergan estas coberturas.

De forma general, se observa que en todas las coberturas evaluadas se obtuvo una alta representatividad, lo cual obedece al alto número de unidades de muestro dispuestas para conocer la diversidad de las epífitas no vasculares. En la Figura 7-62 se puede observar las curvas de acumulación de especie realizadas para cada cobertura evaluada.

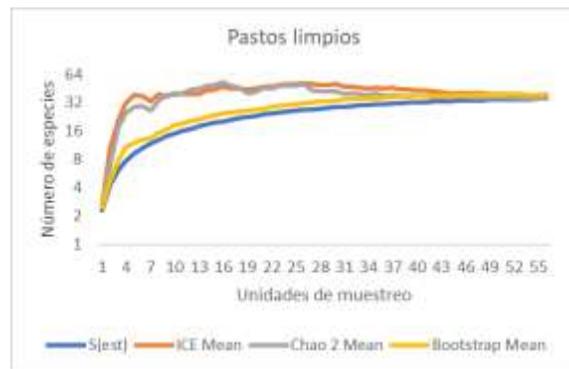
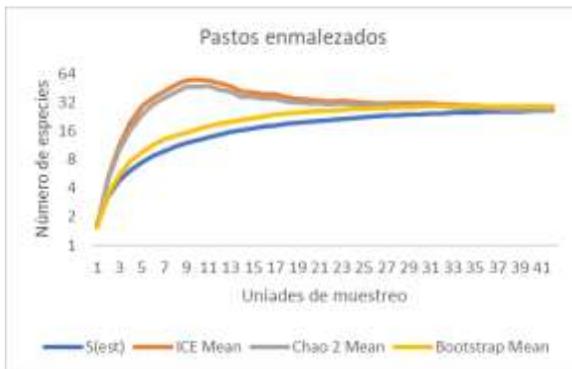
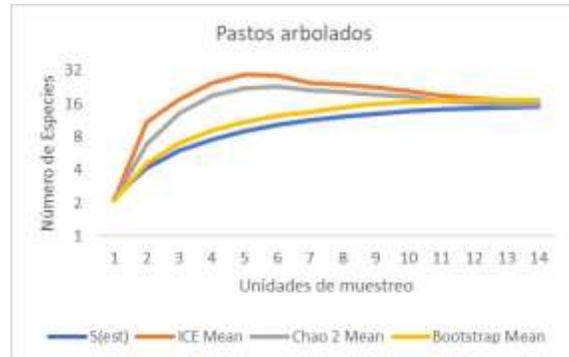
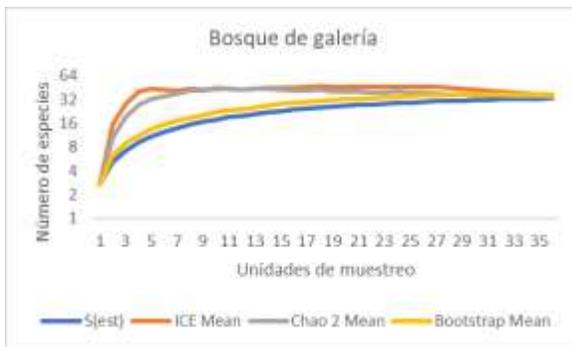
Tabla 7-34. Representatividad del muestreo para epífitas no vasculares en las coberturas vegetales evaluadas en el proyecto

Coberturas	No. Especies observadas	Estimador	No. Spp estimadas	Índice de completitud (IC)	Representatividad (%)	Representatividad promedio (%)
Bgr	33	ICE Mean	36,78	0,90	89,72	90,92
		Chao 2 Mean	34,59	0,95	95,40	
		Bootstrap Mean	37,66	0,88	87,63	

Coberturas	No. Especies observadas	Estimador	No. Spp estimadas	Índice de completitud (IC)	Representatividad (%)	Representatividad promedio (%)
Pa	14	ICE Mean	16,61	0,84	84,29	85,42
		Chao 2 Mean	15,52	0,9	90,21	
		Bootstrap Mean	17,12	0,82	81,78	
Pe	26	ICE Mean	27,26	0,95	95,38	94,56
		Chao 2 Mean	26,34	0,99	98,71	
		Bootstrap Mean	29,02	0,9	89,59	
PI	35	ICE Mean	36,91	0,95	94,83	94,37
		Chao 2 Mean	35,41	0,99	98,84	
		Bootstrap Mean	39,13	0,89	89,45	

Convenciones: *Bgr*: Bosque de galería o ripario; *Pa*: Pasto arbolado; *Pe*: Pasto enmalezado; *PI*: Pasto limpio.

Fuente: SAG, 2024



	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DEL PROYECTO INTERCONEXIÓN CARRIELES A 230 MIL VOLTIOS	
		Rev. No.: 5 2024-08-05

Figura 7-62. Curva de acumulación de especies de epífitas no vasculares en las coberturas de intervención en el proyecto

Fuente: SAG, 2024

7.5.4.2.4 Briófitos y líquenes de hábito terrestre

7.5.4.2.4.1 Composición de briófitos y líquenes de hábito terrestre

Para la caracterización de epífitas no vasculares se establecieron 24 parcelas donde se registraron 26 especies que se distribuyen en 21 géneros y 19 familias de briófitos y líquenes de hábito terrestre. De las 26 especies detectadas a lo largo del muestreo 12 corresponden a líquenes, 8 especies corresponden a musgos y seis (6) especies representan al grupo de las hepáticas. La especie *Sematophyllum galipense* registró cinco (5) ocurrencias, siendo esta la especie más frecuente en el muestreo de briófitos y líquenes terrestres. El resto de las especies detectadas presentaron un número igual o inferior a cuatro (4) ocurrencias (ver Tabla 7-35 y ANEXO_7_8_BD_EPINOVASCULARES).

 SERVICIOS AMBIENTALES Y GEOGRÁFICOS S.A.	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DEL PROYECTO INTERCONEXIÓN CARRIELES A 230 MIL VOLTIOS	 INTERCOLOMBIA	
		Rev. No.: 5	2024-08-05

Tabla 7-35. Composición, frecuencia y abundancia de las especies de briófitos y líquenes terrestres registradas en las coberturas de intervención en el proyecto

Familia	Especie	Bgr		Pa		Pe		PI	
		No. Reg	Área cm ²						
Ascomycota									
Caliciaceae	<i>Pyxine cocoos</i>			2	400	2	400		
Candelariaceae	<i>Candelaria concolor</i>			2	400				
Collemataceae	<i>Leptogium cyanescens</i>			2	300				
Graphidaceae	<i>Graphis glaucescens</i>					1	150		
Lecanoraceae	<i>Lecanora helva</i>					2	350		
Parmeliaceae	<i>Bulbothrix coronata</i>					2	300		
	<i>Parmotrema austrosinense</i>			1	300				
Pertusariaceae	<i>Pertusaria sp.</i>			1	4000				
Physciaceae	<i>Physcia aff. alba</i>			1	300				
	<i>Physcia solediosa</i>			2	2000				
Sphinctrinaceae	<i>Chaenothecopsis sp.1</i>					1	100		
Verrucariaceae	<i>Flakea papillata</i>			1	3000				
Bryophyta									
Bryaceae	<i>Bryum limbatum</i>	2	3500						
Fabroniaceae	<i>Fabronia ciliaris</i>			2	320				
Hypnaceae	<i>Vesicularia vesicularis</i>	2	430						
Meteoriaceae	<i>Meteorium nigrescens</i>	2	370						
Pottiaceae	<i>Hyophila involuta</i>					1	700	3	400
Sematophyllaceae	<i>Sematophyllum galipense</i>	1	500			2	300	2	300
Stereophyllaceae	<i>Entodontopsis leucostega</i>			2	220			1	100
	<i>Entodontopsis nitens</i>			4	520				
Marchantiophyta									
Frullaniaceae	<i>Frullania ericoides</i>			2	200	2	600		



ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DEL PROYECTO INTERCONEXIÓN
CARRIELES A 230 MIL VOLTIOS



Rev. No.: 5

2024-08-05

Familia	Especie	Bgr		Pa		Pe		PI	
		No. Reg	Área cm ²	No. Reg	Área cm ²	No. Reg	Área cm ²	No. Reg	Área cm ²
Lejeuneaceae	<i>Lejeunea cf. laeta</i>	2	4000	2	440				
	<i>Lejeunea laetevirens</i>			2	460				
	<i>Lejeunea phyllobola</i>			1	60				
	<i>Lejeunea trinitensis</i>			2	400				
	<i>Myriocoleopsis minutissima</i>			2	180				
Total		9	8.800	31	13.500	13	2.900	6	800

Convenciones: *Bgr*: Bosque de galería o ripario; *Pa*: Pasto arbolado; *Pe*: Pastos enmalezado; *PI*: Pastos limpio; *Rv*: Red vial y territorios asociados.

Fuente: SAG, 2024

Respecto las coberturas de la tierra evaluadas se tiene que los Pastos arbolados fue la cobertura que albergó el mayor riqueza y abundancia de especies con 17 especies y un área de colonización de 13.500 cm². Seguido de la cobertura de **Bosque de galería o ripario** y Pastos enmalezados. Para el proyecto las coberturas de Pastos limpios fue la cobertura que albergó menor riqueza y abundancia de especies de hábito terrestre de musgos hepáticas y líquenes.

7.5.4.2.4.2 Análisis de diversidad

- Diversidad alfa

Los resultados obtenidos para los índices de diversidad alfa calculados para briófitos y líquenes terrestres muestran que en la cobertura Pastos arbolados y Pastos enmalezados presentaron los valores más altos para el índice de Simpson; en este sentido, podemos establecer que la comunidad de briófitos y líquenes terrestres que se presenta en estas coberturas presenta mayor diversidad respecto al resto de las coberturas evaluadas. El resto de las coberturas evaluadas en el área de influencia del proyecto presentaron un menor número de especies como se muestra en la Tabla 7-36.

En cuanto al índice de Shannon, que mide diversidad de un lugar, se encontró que las coberturas Pastos arbolados y Pastos enmalezados presentaron un valor por encima de dos (2). Este valor permite afirmar que existe una mayor diversidad de briófitos y líquenes terrestres en estas coberturas, lo cual queda corroborado por el número de especies reportadas en cada cobertura evaluada.

Tabla 7-36. Índices de diversidad alfa para briófitos y líquenes terrestres presentes en el área de intervención del proyecto

Coberturas	No. Especies	No. Registros	Simpson (1-D)	Shannon (H)
Bgr	5	9	0,79	1,58
Pa	17	31	0,93	2,76
Pe	8	13	0,86	2,03
PI	3	6	0,61	1,01

Convenciones: Bgr: Bosque de galería; Pa: Pastos arbolados; Pe: Pastos enmalezados; PI: Pastos limpios; Rv: red vial y territorios asociados.

Fuente: SAG, 2024

- Diversidad beta

En la Tabla 7-37 se presenta el cálculo para el índice de similitud de Jaccard, el cual nos permitió evaluar la similitud, en cuanto a la composición de briófitos y líquenes de hábito terrestre, en las coberturas evaluadas. Los resultados obtenidos muestran que las **coberturas Pastos enmalezados y limpios comparten un 32%** de las especies en común.

Otra similitud importante, se presentó entre las coberturas de **Pastos limpios y el Bosque de galería o ripario las cuales comparten un 29%** de las especies en común.

De forma general, podemos afirmar que se presentó baja similitud, debido a que las coberturas evaluadas presentaron pocas especies en común. En la Figura 7-63 se muestra la similitud que comparten las coberturas evaluadas.

Tabla 7-37. Índice de similitud Jaccard para briófitos y líquenes terrestres en las coberturas evaluadas

Coberturas	Bgr	Pa	Pe	PI
Bgr	1			
Pa	0,16	1		
Pe	0,18	0,14	1	
PI	0,29	0,21	0,32	1

Convenciones: Bgr: Bosque de galería y/o ripario; Pa: Pastos arbolados; Pe: Pastos enmalezados; PI: Pastos limpios; Rv: red vial y territorios asociados.

Fuente: SAG, 2024

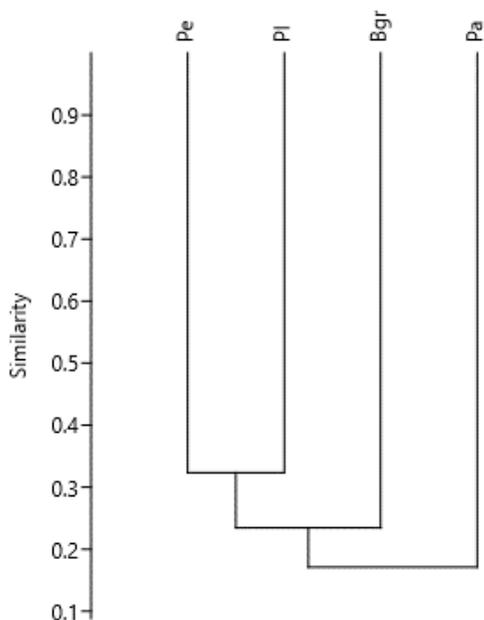


Figura 7-63. Dendrograma de similitud Jaccard para briófitos y líquenes terrestres en las coberturas vegetales evaluadas

Convenciones: Bgr: Bosque de galería y/o ripario; Pa: Pastos arbolados; Pe: Pastos enmalezados; PI: Pastos limpios; Rv: red vial y territorios asociados.

Fuente: SAG, 2024

7.5.4.2.4.3 Representatividad del muestreo

En la Tabla 7-38 se presenta el análisis de representatividad del muestreo para briófitos y líquenes de hábito terrestre en las coberturas de la tierra que presentan intervención en el área del proyecto. Como se observa allí, el muestreo realizado en las coberturas que presenten intervención en el proyecto tuviera una representatividad superior o igual al 85% indicando que se logró la caracterización de la mayor cantidad de especies en veda.

En la Figura 7-64 se puede observar las curvas de acumulación de especie realizadas para cada cobertura evaluada.

Tabla 7-38. Representatividad del muestreo para briófitos y líquenes de hábito terrestre en las coberturas vegetales evaluadas en el proyecto

Coberturas	No. Especies observadas	Estimador	No. Spp estimadas	Índice de completitud (IC)	Representatividad (%)	Representatividad promedio (%)
Bgr	5	ICE Mean	5,63	0,89	88,81	91,57
		Chao 2 Mean	5,1	0,98	98,04	
		Bootstrap Mean	5,69	0,88	87,87	
Pa	17	ICE Mean	20,27	0,84	83,87	88,38
		Chao 2 Mean	17,95	0,95	94,71	
		Bootstrap Mean	19,64	0,87	86,56	
Pe	8	ICE Mean	10,4	0,77	76,92	84,37
		Chao 2 Mean	8,75	0,91	91,43	
		Bootstrap Mean	9,44	0,85	84,75	
PI	3	ICE Mean	3,6	0,83	83,33	86,09
		Chao 2 Mean	3,42	0,88	87,72	
		Bootstrap Mean	3,44	0,87	87,21	

Convenciones: Bgr: Bosque de galería o ripario; Pa: Pasto arbolado; Pe: Pastos enmalezado; PI: Pastos limpio; Rv: Red vial y territorios asociados.

Fuente: SAG, 2024

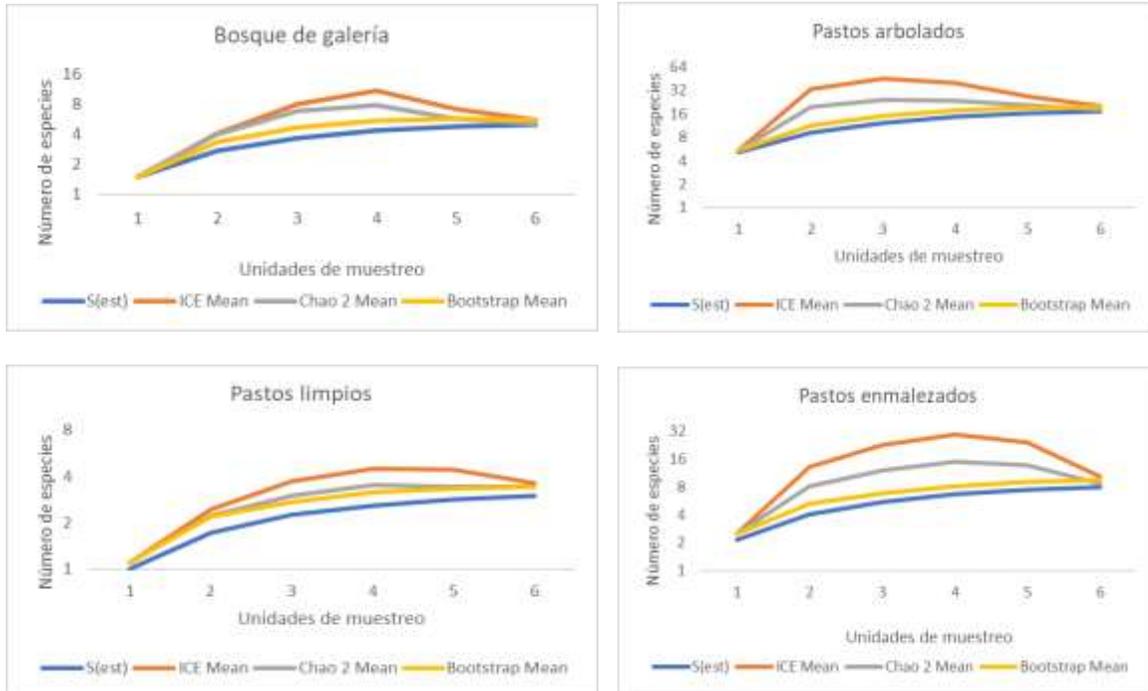


Figura 7-64. Curva de acumulación de especies para el muestro de briófitos y líquenes de hábito terrestre llevado a cabo en el área de intervención del proyecto

Fuente: SAG, 2024

7.6 RECOLECCIÓN DE ESPECÍMENES DE ESPECIES SILVESTRES DE LA BIODIVERSIDAD

Teniendo en cuenta la circular externa No. 00001 expedida por el Director General de la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA) el 18 de marzo de 2022, donde se menciona que para los Proyectos que se encuentren en elaboración de EIA y sus complementos, no se debe incluir la solicitud de un permiso, sino que se deben incluir las medidas de manejo correspondientes para la prevención, mitigación, corrección y/o compensación a las que haya lugar que se deriven de los procesos de captura, remoción o extracción temporal o definitiva del medio natural de especímenes de la diversidad biológica, durante la ejecución de un Proyecto, obra o actividad, no se incluye dicho permiso dentro del presente EIA.

No obstante, es importante indicar que tanto para el desarrollo del plan de compensación como para la implementación de los Planes de Manejo Ambiental (PMA) y Planes de Seguimiento y Monitoreo (PSM) a ser aprobados por la Autoridad Ambiental, que requieren procesos de captura, remoción o extracción temporal o definitiva del medio natural de

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DEL PROYECTO INTERCONEXIÓN CARRIELES A 230 MIL VOLTIOS	
		Rev. No.: 5 2024-08-05

especímenes de la diversidad biológica, durante la vida útil del proyecto, estos se ejecutarán mediante las metodologías para el muestreo de grupos biológicos presentadas en el Capítulo 10.1 Programas de Manejo Ambiental, en el ANEXO_10_3_4_METODOLOGIAS.

7.7 EMISIONES ATMOSFÉRICAS

En el proyecto Interconexión Carreles a 230 mil voltios no se emplazarán fuentes de emisión atmosférica que requieran permiso de emisiones según lo establecido en el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible (Decreto 1076 de 2015); en esta sección se presenta la información correspondiente a la cuantificación de las emisiones atmosféricas, así como la información de las fuentes de emisión y los niveles de incrementos de la concentración de contaminantes asociadas al proceso de construcción del proyecto, necesarios para establecer la magnitud del impacto en los factores calidad del aire.

7.7.1 Estimación de la emisión atmosférica

Teniendo en cuenta la información contenida en el Capítulo 3 Descripción del proyecto, durante la etapa de construcción del proyecto de Interconexión Carreles a 230 mil voltios, las principales fuentes de emisión corresponden a los lugares donde debido a la construcción del proyecto se presentarán procesos de resuspensión, erosión eólica, bulldozing y emisiones de exhosto en vías a usar por el proyecto. También se tuvieron en cuenta actividades de transporte de materiales que entran y salen del proyecto, ya sea por sobrantes de procesos de excavación, descapote y/o materiales necesarios para la construcción.

Para la estimación de las emisiones en la etapa de construcción del proyecto, según la metodología descrita en el Capítulo 2 Generalidades, se realizó un inventario de emisiones atmosféricas con el objetivo de realizar la modelación de dispersión de contaminantes. El inventario de emisiones representa un período aproximado de 11 meses donde tienen lugar las actividades de construcción de obras civiles, construcción de vía de ingreso a la subestación y transporte de materiales a los diferentes sitios de interés del proyecto.

En el inventario se encuentran los factores de emisión de las fuentes donde se incluyeron los procesos susceptibles de generar emisiones atmosféricas y, además, fueron clasificadas según su geometría y/o naturaleza de construcción para el proceso de modelación.

En el ANEXO_7_9_MOD_CA se adjunta el informe del modelo de dispersión de contaminantes, donde se incluyen las memorias de cálculo para la estimación de emisiones. Los contaminantes considerados, atendiendo los términos de referencia TdR-17 y la Resolución MADS 2254 de 2017 son: PM10, PM2.5, **SO2 y NO2** según la definición de escenarios realizada y acorde a las suposiciones e idealización de fuentes que se presentan a continuación.

Cabe aclarar que las posibles emisiones por CO no fueron inventariadas ni modeladas considerando que el manual de diseño del protocolo para el monitoreo y seguimiento de la

calidad del aire reconoce que para la mayoría de casos no es necesario medir este parámetro debido a su baja incidencia incluso menor a la de los dos gases modelados.

7.7.1.1 Idealización de fuentes

Para el escenario modelado se crearon diferentes fuentes según su geometría así:

- Fuentes de área polígono para la zona en la cual se llevará a cabo todo el proyecto Interconexión Carreiles a 230 mil voltios como: patios de tendido, zonas de torre y zona de Subestación.
- Fuentes volumen lineales representadas por volúmenes para la vía que será adecuada para el ingreso de personal y materiales a la zona de subestación y otras vías que serán usadas para transporte hacia zonas de torres y patios de tendido.

El resultado de la idealización para cada tipo de fuente se presenta en la Tabla 7-39 y la Tabla 7-40 donde se presentan las coordenadas correspondientes al primer vértice de cada geometría de la fuente en el modelo.

Tabla 7-39. Idealización de fuentes de área

Type	ID	Desc	Base_Elev	Num_Coords	Coordenadas Magna Sirgas Origen Nacional*	
					X1	Y1
AREA_POLY	PATALM	Patio Almacenamiento	607,84	4	4702483,38	2201055,21
	PT1	Plaza de Tendido 1	800,86	4	4708220,43	2201131,40
	PT2	Plaza de Tendido 2	586,07	9	4705655,04	2201193,72
	PT3	Plaza de Tendido 3	601,46	4	4705444,09	2201168,78
	PT4	Plaza de Tendido 4	602,85	4	4702584,48	2201009,23
	PT5	Plaza de Tendido 5	830,75	4	4708263,45	2201416,70
	SUBE	Área interna SUBE	598,19	661	4702600,92	2201114,74
	T1M	Torre 1M	827,29	4	4708229,38	2201416,17
	T3M	Torre 3M	812,36	10	4707811,77	2201456,68
	T5M	Torre 5M	692,09	11	4707060,80	2201813,07
	T6X	Torre 6M	637,7	4	4706513,60	2202022,72
	T8M	Torre 8M	596,03	9	4706026,07	2201337,98
	T9M	Torre 9M	596,6	9	4705547,82	2201141,01
	T10M	Torre 10M	598,97	9	4705087,08	2201128,69
	T12M	Torre 12M	588,34	12	4704293,24	2201195,04
	T13M	Torre 13M	564,69	8	4703507,90	2201139,00
	T14M	Torre 14M	581,07	8	4703188,47	2201229,22
T15M	Torre 15M	577,04	8	4702872,12	2201290,62	
T17M	Torre 17M	595,07	7	4702658,66	2201088,77	

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DEL PROYECTO INTERCONEXIÓN CARRIELES A 230 MIL VOLTIOS		
		Rev. No.: 5	2024-08-05

* corresponden al primer vértice de cada geometría de la fuente en el modelo y no al centroide del sitio de la obra

Fuente: SAG,2024

Tabla 7-40. Idealización fuentes de vías

Type	ID	Desc	Num_Coords	Coordenadas Magna Sirgas Origen Nacional*	
				X1	Y1
LINE	SLINE15	Vía a Torre 8	2	4706046,38	2201351,16
LINE_VOLUME	SLINE10	Ruta De Agrotunez-PT1	285	4706592,05	2199564,96
	SLINE11	Tahiti-T5	163	4705849,92	2201043,49
	SLINE14	Vía a Torre 6	4	4706513,04	2202033,94
	SLINE16	Acceso T12,10,9,8,6 OBT24	113	4706513,04	2202033,94
	SLINE3	Acceso T12,10,9,8,6 OBT20	610	4705693,32	2201098,37
	SLINE7	Acceso T5-T1	157	4705841,23	2201046,23
	SLINE9	Pte Avispas a la "Y"	36	4706005,64	2200941,40
	VS1	VS1	16	4702434,76	2201031,52
	VS2	VS2	3	4702491,82	2201084,11
	VS3	VS3	5	4702744,95	2201253,55

* corresponden al primer vértice de cada geometría de la fuente en el modelo y no al centroide del sitio de la obra

Fuente: SAG,2024

En la Figura 7-65 se presentan las fuentes idealizadas en el escenario de modelación, las líneas de color **violeta** representan los volúmenes sucesivos y las líneas de color **naranja** las fuentes de área.

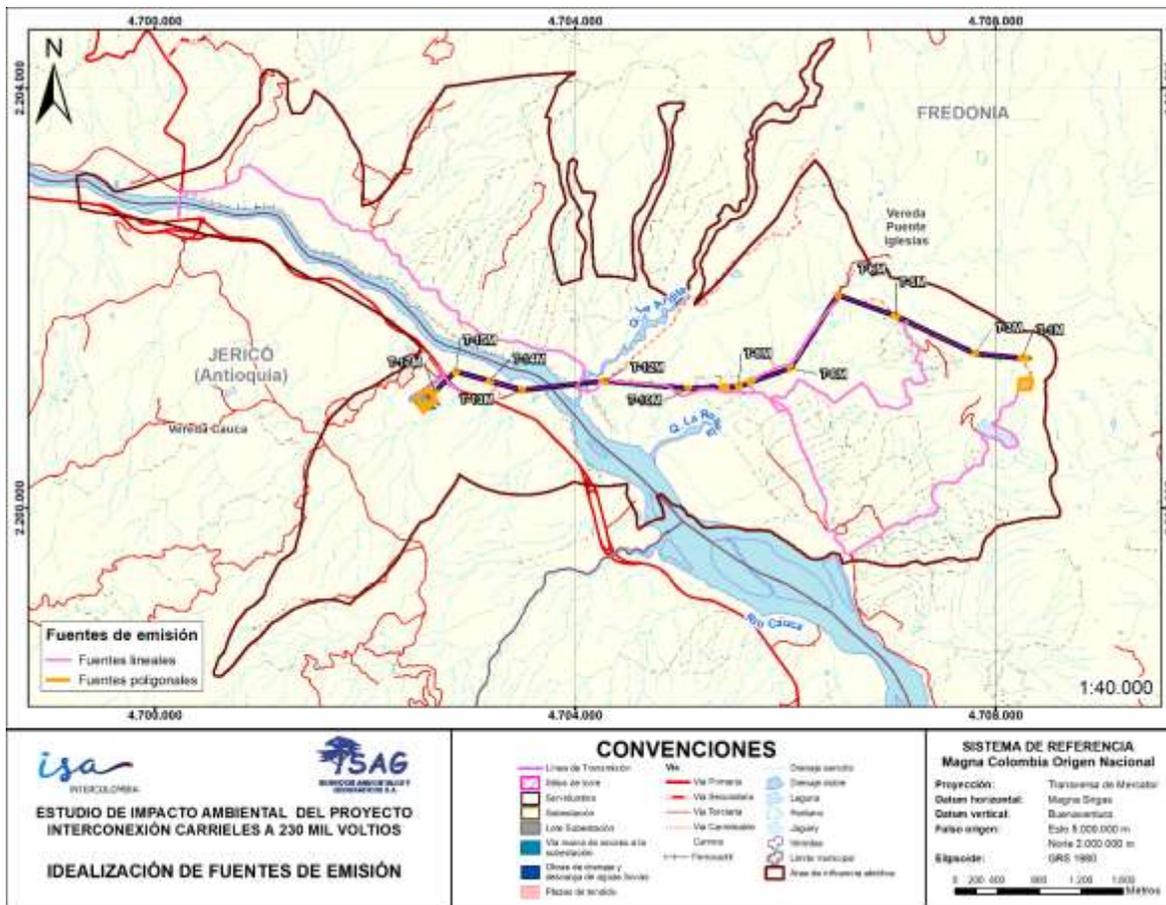


Figura 7-65. Idealización de fuentes de emisión

Fuente: SAG, 2024

7.7.1.2 Suposiciones

La estimación de los niveles de actividad para el inventario de emisiones se realizó con base en la información del proyecto presentada en el Capítulo 3, además, con objeto de completar los datos mínimos requeridos algunas suposiciones fueron realizadas, Las suposiciones se listan a continuación:

1. Dado que la construcción del proyecto se estima en un turno de ocho (8) horas en jornada laboral diurna, se supone un horario 7:00 a,m, a 4:00 p,m, de lunes a viernes, con media jornada el sábado, Los domingos no se incluyen y las horas de descanso se da un factor de **0,76 %** que representa la erosión eólica del proyecto.
2. La dispersión de los contaminantes se calculó para un año de operaciones de construcción.

3. La emisión de las obras, sitios de torre, pórtico y sitios de acopio se calcula por diferentes procesos.
4. La emisión en vías se calcula por procesos como resuspensión y exhosto debido al paso de los vehículos para cargue, descargue, suministro de materiales, entre otros y por procesos naturales como la erosión eólica, la cual aplica más que todo para las vías internas, debido a que no son pavimentadas.
5. En el *Compilation of Air Pollutant Emissions Factors* de la EPA (AP42) se encuentran los diferentes factores de emisiones, algunos fueron estimados abarcando diferentes procesos, teniendo como ejemplo el factor de emisión para construcción “13,2,3 Heavy Construction Operation”, este involucra diferentes procesos como la limpieza del terreno, excavaciones del suelo, operaciones de corte y relleno, y la construcción como tal, También se encuentran factores de emisión para procesos individuales tales como la resuspensión, y exhosto (emisiones de los vehículos de transporte involucrados en el proyecto).
6. Se consideran los contaminantes PM10, PM2,5, **NO2** y **SO2** para el análisis de la dispersión de contaminantes, ya que al verificar los factores de emisión se encontró que las emisiones de otros contaminantes criterio son muy bajos, por lo tanto, no se consideran contaminantes que afecten la calidad del aire en la zona de influencia.
7. Se incluyó un factor de proporcionalidad que relaciona la longitud donde se desarrollan los procesos de transporte de materiales, es decir en las vías de acceso a los sitios de construcción, en las que se realizan dichos procedimientos, buscando establecer una emisión proporcional al movimiento de materiales en cada volumen de emisión sucesivo.
8. Para la modelación de los contaminantes **de material particulado** se tuvieron en cuenta los factores de emisión calculados sin sistema de control (SC) **y un escenario con control (CC) con una eficiencia de 50% para actividades constructivas por riego (de acuerdo a EMEP 2,A,5,b).**

Los procesos incluidos en la estimación de emisiones, así como los factores de emisión calculados, se presentan en la Tabla 7-41, En el ANEXO_7_9_MOD_CA se muestra el modelo de cálculo y el inventario de las fuentes de emisión que se tuvieron en cuenta para la estimación de las emisiones.

Tabla 7-41, Procesos y factores de emisión incluidos en la estimación de emisiones

Proceso	FE PM10	FE PM2,5	FE NO2	FE SO2	Unidades	Comentarios
Bulldozing	396,43	232,42	0,48	3,30E-04	g/h	AP-42 Tabla 11,9- 2
Erosión eólica	1,68E-06	2,36E-07			g/m ² -s	Ecuación erodabilidad (ARBWEQ)
Construcción	1,04E-04	1,56E-05			g/m ² -s	13,2,3,3_EPA
Combustión	1,94	1,88	1,03	0,15	g/VKT	IVE Model
Resuspensión	342,29	34,23			g/VKT	AP-42 13,2,2 unpaved Roads

Fuente: SAG, 2024

7.7.1.3 Resultado inventario de emisiones

La Figura 7-66 presenta el resultado global del inventario de emisiones, donde se observa que **sin control** se emiten aproximadamente **145,48 kg/h** de contaminantes (**con control se reducen a 125,66 kg/h**), de estos el PM10 representa aproximadamente **el 52% con 76,05 kg/h**, seguido del PM2,5 que representa aproximadamente **el 31% con 44,5 kg/h**. Estos valores son calculados durante el período de construcción.

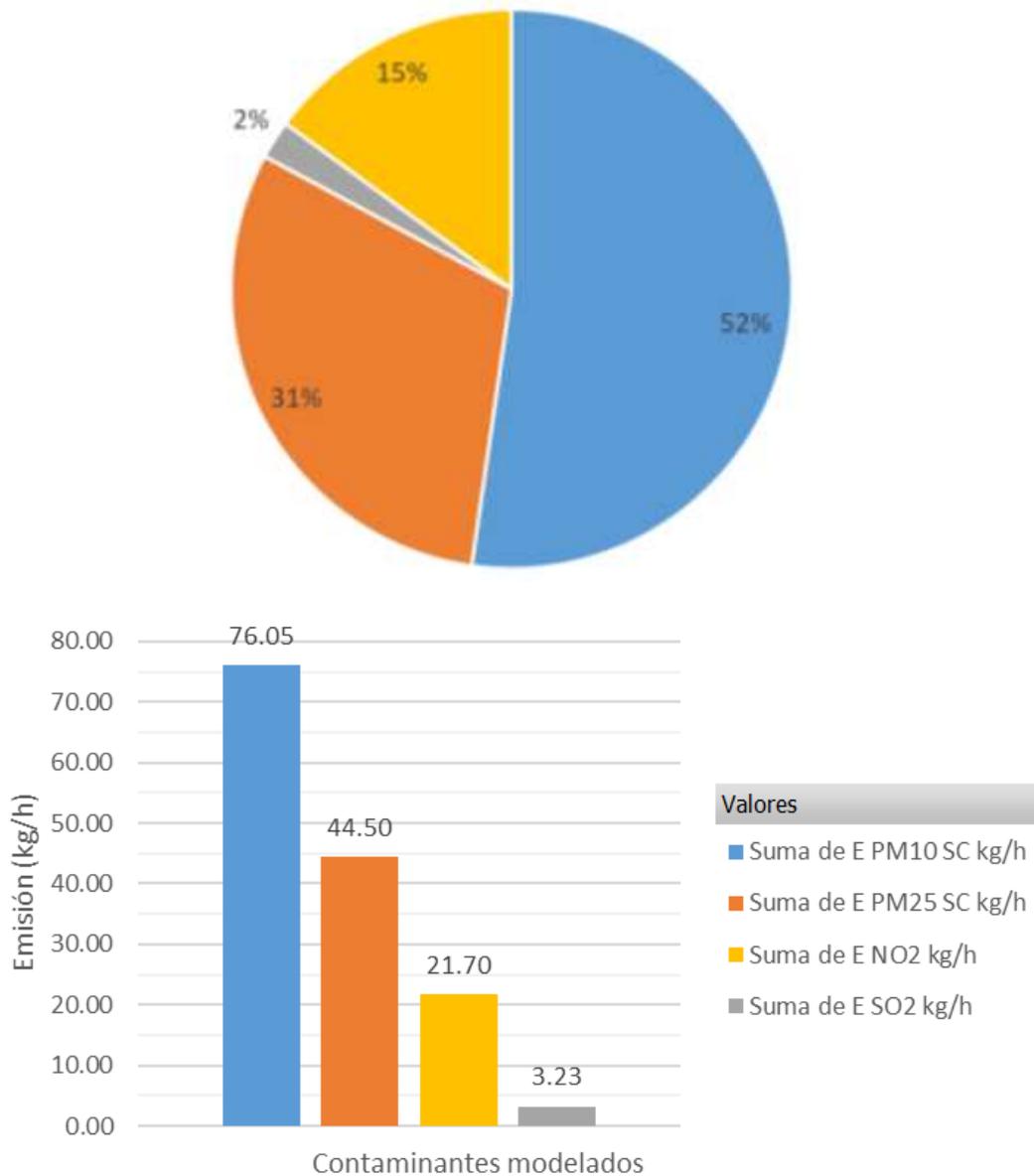


Figura 7-66. Emisiones Totales de construcción

Fuente: SAG, 2024

En la Figura 7-67 se muestran las emisiones agrupadas por tipo de fuente, donde se presentan los valores de emisión de en las categorías: Transporte vías, Plazas de tendido, Patio de almacenamiento, subestación, sitios de torre y vía a la subestación. De estas fuentes la que más emite contaminantes, especialmente de PM10 y PM2,5 es el transporte por las vías, seguido de las plazas de tendido mientras que la fuente que menos emisiones presenta corresponde a la vía contigua a la subestación.

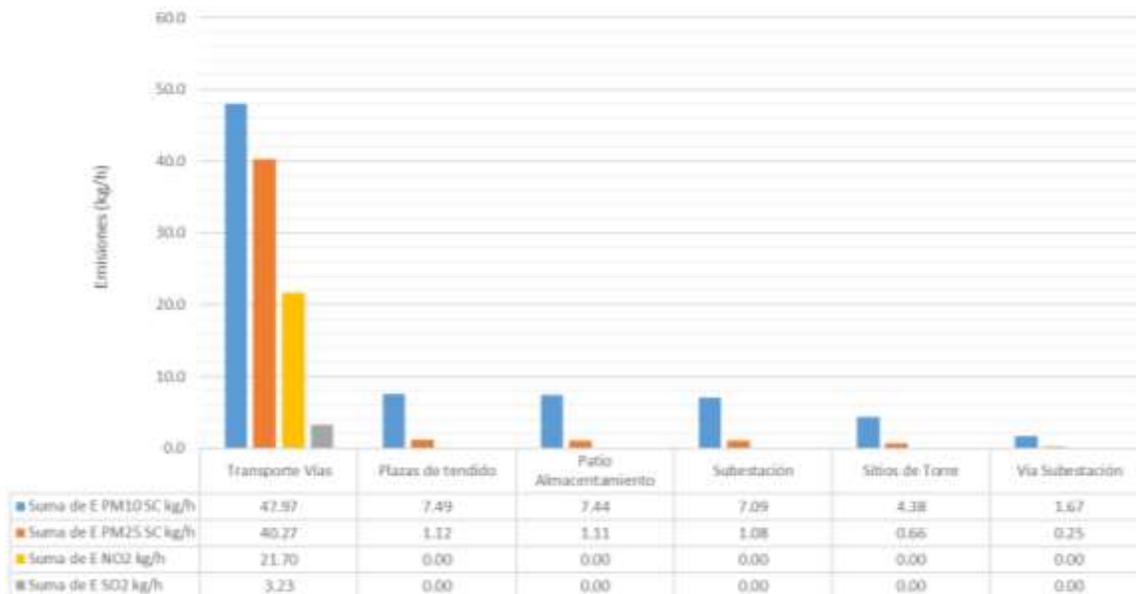


Figura 7-67. Emisión por proceso PM10 -PM2,5

Fuente: SAG, 2024

Es importante resaltar que este análisis y la definición de área de influencia se realizó basado en escenario sin control, teniendo en cuenta que es el escenario más crítico y que ya se observa que las emisiones son bajas, por lo que se podría dar cumplimiento de la normativa; no obstante, además de evaluar el escenario con control por medio de la modelación, el proyecto dispondrá dentro de su Plan de Manejo Ambiental de medidas direccionadas al control de las emisiones atmosféricas como es el caso de riego en vías durante época seca.

7.7.2 Modelación de dispersión de contaminantes atmosféricos

7.7.2.1 Formulación del Problema – Objetivos

El problema que se pretende resolver con el siguiente modelo y las principales preguntas que motivan este documento son:

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DEL PROYECTO INTERCONEXIÓN CARRIELES A 230 MIL VOLTIOS	
		Rev. No.: 5 2024-08-05

- ¿Cuál es la magnitud del impacto en calidad del aire producto de la etapa de construcción del proyecto Interconexión Carrieles a 230 mil voltios? Esto también se puede interpretar como ¿Qué tanto aumentarían las concentraciones de línea base para los contaminantes PM10 y PM2,5? durante la etapa de construcción del proyecto?
- ¿Dónde y cuándo se generarán las mayores concentraciones de los contaminantes de PM10 y PM2,5?, en la etapa de construcción del proyecto?
- ¿Qué fuentes producen las mayores contribuciones, a nivel de inventario y de calidad del aire, de los contaminantes PM10 y PM2,5?, en receptores sensibles?

7.7.2.2 Descripción del modelo

El modelo usado fue AERMOD versión 19191 del 10 julio 2019, modelo recomendado por la Agencia de Protección Ambiental (EPA por sus siglas en inglés) de los Estados Unidos de América, el cual introdujo la dispersión del aire incorporada en el modelo y basada en la estructura de turbulencia de la capa límite planetaria y los conceptos de escalamiento; el modelo incluye el tratamiento de las fuentes superficiales y elevadas, así como la dispersión en terreno simple y complejo. La estructura general del modelo se presenta en la Figura 7-68.

En el documento oficial de Formulación y Evaluación del Modelo AERMOD² se describe el proceso de validación surtido por el modelo, el cual consta de siete (7) etapas:

- Formulación inicial del modelo
- Evaluación del desarrollo
- Revisión interna de pares y pruebas beta
- Formulación revisada del modelo
- Evaluación del rendimiento y pruebas de sensibilidad
- Revisión externa por pares
- Presentación a la Oficina de Planificación y Estándares de Calidad del Aire de la EPA (OAQPS por sus siglas en inglés) para su consideración como un modelo regulatorio.

² EPA. AERMOD Model Formulation and Evaluation. [en línea] [North Carolina, EE. UU] abril 2018 [citado 30 de marzo de 2020] Disponible en Internet: < <https://nepis.epa.gov/Exe/ZyPDF.cgi/P100UT95.PDF?Dockey=P100UT95.PDF> >

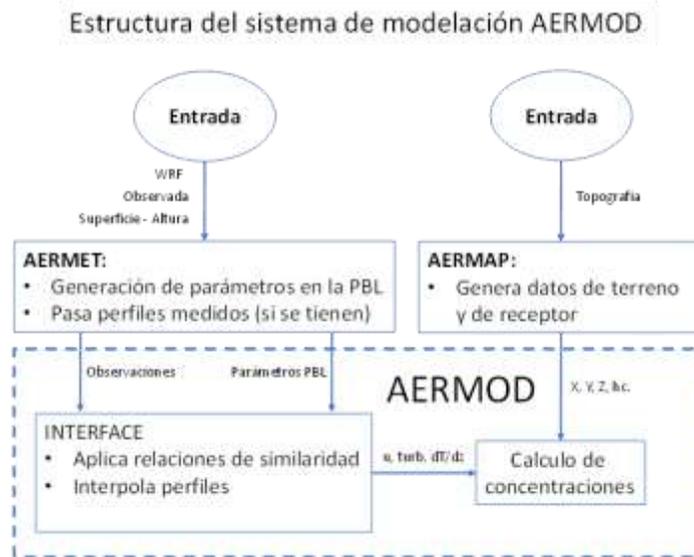


Figura 7-68. Estructura del sistema de modelación AERMOD

Fuente: (EPA, 2018) modificado por SAG, 2024

Como se puede identificar en la amplia literatura existente y mencionada en el mismo documento de formulación, el modelo AERMOD ha sido validado por el organismo desarrollador usando 14 bases de datos contra las cuales reportó un adecuado desempeño, de forma que, hoy en día es usado por la EPA para asuntos regulatorios como estimar los impactos en el campo cercano de diferentes tipos de fuentes industriales, tanto en terreno plano como complejo².

La formulación detallada del modelo puede encontrarse en el documento oficial de formulación y evaluación²; en adelante se presenta un breve resumen de los aspectos más relevantes del modelo.

En resumen, AERMOD es un modelo de pluma en estado estacionario para un tiempo de una hora, que asume que la dispersión tiene forma de distribución gaussiana en el eje horizontal, y bi-gaussiana en el eje vertical para el caso de la capa de mezcla convectiva; dichas distribuciones fueron demostradas por Willis y Deardorff (1981) and Briggs (1993), como se menciona en el documento de formulación.

Como se observa en la Figura 7-68, el sistema de modelación cuenta con dos (2) preprocesadores, AERMET y AERMAP, los cuales pasan información en los formatos requeridos a AERMOD, AERMAP es el preprocesador de terreno, encargado de definir los receptores discretos y las mallas de receptores, así como calcular, a partir de datos de topografía en formato DEM, las alturas de cada receptor y la altura de la línea de visión aerodinámica H_c (Altura de escalamiento), el cual es un concepto usado en AERMOD para incorporar la dispersión en terreno complejo, AERMET se puede interpretar como un modelo micro-meteorológico que lee, valida, organiza y calcula las variables meteorológicas de superficie y altura, en los formatos requeridos por AERMOD, AERMOD cuenta con un

subsistema denominado INTERFAZ el cual, con las variables observadas y expresiones de similitud, construye los perfiles verticales de la atmósfera y calcula los coeficientes de dispersión, Finalmente, se podría decir que AERMOD es el sistema que clasifica el tipo de estructura de la capa limite, según las mediciones meteorológicas, para calcular las concentraciones cada hora de estudio; el sistema recorre hora a hora la meteorología ingresada y promedia según el tipo de configuración y regulación elegida para producir generalmente dos (2) tipos de resultados: 1) máximos horarios y sus estadísticos (percentiles) y 2) promedios cortos (2, 3, 4, 6, 8, 12 y 24 horas) o largos (mensuales y anuales) basados en los valores horarios máximos o estadísticos.

AERMOD calcula la concentración en función del tipo de terreno como la contribución de dos (2) estados, una concentración con una pluma en estado horizontal y la concentración de una pluma con el terreno respondiendo, la ponderación depende de la relación existente entre la altura del receptor y la altura H_c que es una función de la altura de escalamiento h_c calculada en AERMAP, La Figura 7-69 presenta dicho tratamiento.

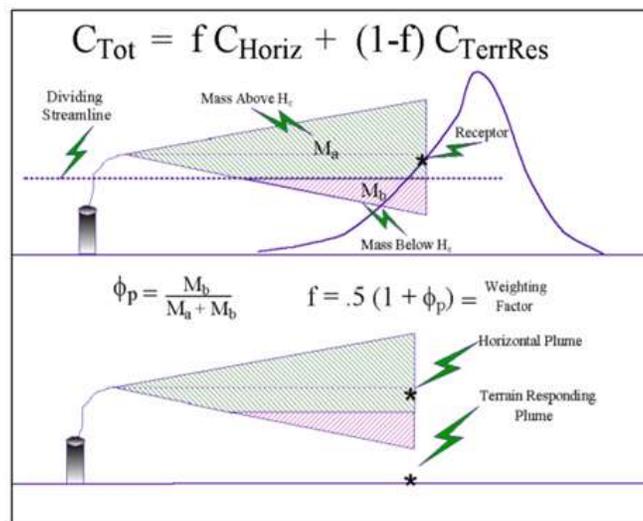


Figura 7-69. Tratamiento de terreno complejo en AERMOD

Fuente: EPA, 2018

En la capa de mezcla estable (SBL), AERMOD calcula la concentración como una distribución gaussiana, al igual que otros modelos de pluma en estado estacionario como HPDM (Hanna and Paine, 1989).

$$C_s(x, y, z) = \frac{Q}{\sqrt{2\pi}\tilde{u}\sigma_z} \cdot F_y \cdot \sum_{n=-\infty}^{\infty} \left[\exp\left(-\frac{(z - h_{es} - 2nz_{ieff})^2}{2\sigma_z^2}\right) + \exp\left(-\frac{(z + h_{es} + 2nz_{ieff})^2}{2\sigma_z^2}\right) \right]$$

$$F_y \left(= \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_y} \exp\left(\frac{-y^2}{2\sigma_y^2}\right) \right)$$

Fuente: EPA, 2018

En esta ecuación Q representa la tasa de emisión, Fy representa la distribución en el eje horizontal, $\sigma_{x,y}$ son los coeficientes de dispersión horizontal y vertical, μ es la velocidad del viento promedio, z es la altura del receptor, h_{es} la altura de la fuente más la sobreelevación de la pluma y z_{ieff} es la altura de capa de mezcla efectiva, la cual es tratada como un límite reflectante definido como:

$$z_{ieff} = \text{MAX}\left[\left(h_{es} + 2.15\sigma_{zs}(h_{es}); z_{im}\right)\right].$$

Fuente: EPA, 2018

En la capa de mezcla convectiva (CBL) AERMOD calcula la concentración diferenciada, si la altura de capa de mezcla es baja y la pluma logra penetrar en ella o no, para el primer caso la concentración es calculada como la contribución de tres (3) fuentes idealizadas de forma ponderada, una fuente directa, una fuente indirecta y una fuente penetrada, cada una de ellas está diseñada para predecir un comportamiento específico según el comportamiento de la capa de mezcla. La Figura 7-70 presenta dicha idealización.

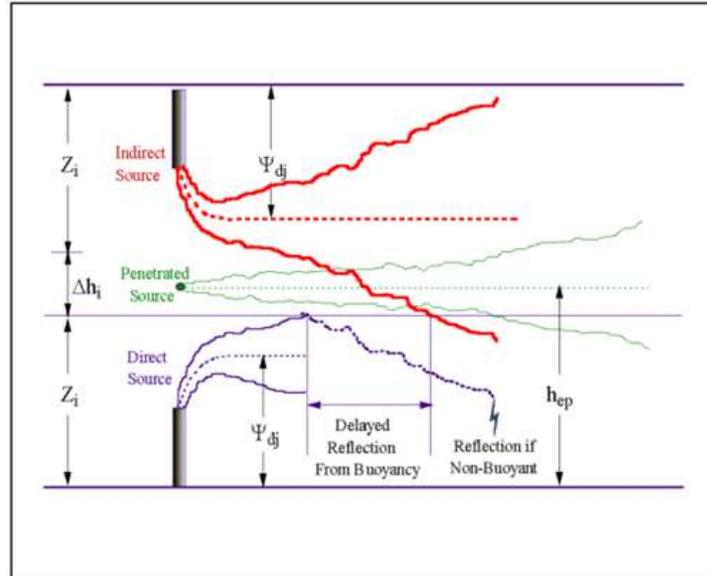
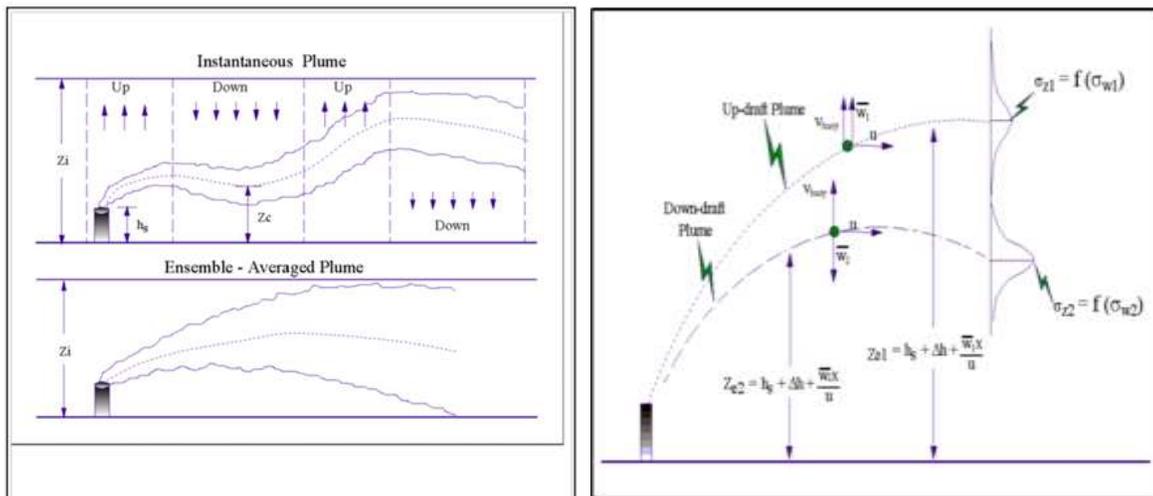


Figura 7-70. Idealización de plumas directa, indirecta y penetrada en la CBL

Fuente: EPA, 2018

Para el segundo caso se tiene en cuenta el zigzagueo de la pluma instantánea, el cual es representado por una función bi-gaussiana cuya representación se presenta en la Figura 7-71.



Esquema de zigzagueo de la pluma

Representación matemática

Figura 7-71. Pluma instantánea y representación promedio en la CBL

Fuente: EPA, 2018

El cálculo para la concentración se hace con la siguiente ecuación de concentración en la CBL.

$$C_c \{x_r, y_r, z_r\} = C_d \{x_r, y_r, z_r\} + C_r \{x_r, y_r, z_r\} + C_p \{x_r, y_r, z_r\}$$

Fuente: EPA, 2018

Donde C_d corresponde a la contribución de la fuente directa, C_r la indirecta y C_p la penetrada, según las siguientes ecuaciones respectivamente.

$$C_d \{x_r, y_r, z\} = \frac{Qf_p}{\sqrt{2\pi\tilde{u}}} F_y \cdot \sum_{j=1}^2 \sum_{m=0}^{\infty} \frac{\lambda_j}{\sigma_{zj}} \left[\exp\left(-\frac{(z - \Psi_{dj} - 2mz_l)^2}{2\sigma_{zj}^2}\right) + \exp\left(-\frac{(z + \Psi_{dj} + 2mz_l)^2}{2\sigma_{zj}^2}\right) \right]$$

$$\Psi_{dj} = h_s + \Delta h_d + \frac{\bar{w}_j x}{u}, \quad F_y \left(= \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_y} \exp\left(-\frac{y^2}{2\sigma_y^2}\right) \right)$$

Fuente: EPA, 2018

$$C_r \{x_r, y_r, z\} = \frac{Qf_p}{\sqrt{2\pi\tilde{u}}} F_y \cdot \sum_{j=1}^2 \sum_{m=1}^{\infty} \frac{\lambda_j}{\sigma_{zj}} \left[\exp\left(-\frac{(z + \Psi_{rj} - 2mz_l)^2}{2\sigma_{zj}^2}\right) + \exp\left(-\frac{(z - \Psi_{rj} + 2mz_l)^2}{2\sigma_{zj}^2}\right) \right]$$

$$\Psi_{rj} = \Psi_{dj} - \Delta h_i$$

Fuente: EPA, 2018

$$C_p \{x_r, y_r, z\} = \frac{Q(1-f_p)}{\sqrt{2\pi\tilde{u}\sigma_{zp}}} F_y \cdot \sum_{m=-\infty}^{\infty} \left[\exp\left(-\frac{(z - h_{ep} + 2mz_{ieff})^2}{2\sigma_{zp}^2}\right) + \exp\left(-\frac{(z + h_{ep} + 2mz_{ieff})^2}{2\sigma_{zp}^2}\right) \right]$$

Fuente: EPA, 2018

Todos los términos que hacen parte de cada ecuación se encuentran detallados en el documento de formulación, de especial interés es el parámetro σ_{zp} el cual corresponde a la fracción de la pluma que permanece atrapada en la CBL el cual depende de la altura que alcanza la pluma en estado estable según un balance de energía, el cual se representa en el set de cálculo de la proporción de la pluma atrapada en la CBL de la siguiente ecuación.

$$\begin{aligned}
 f_p &= 0 & \text{if } \Delta h_h < 0.5\Delta h_{eq} & & \Delta h_{eq} &= \left(2.6^3 P_s + (2/3)^3\right)^{1/3} \Delta h_h \\
 f_p &= 1 & \text{if } \Delta h_h > 1.5\Delta h_{eq} & & & \\
 f_p &= \frac{\Delta h_h}{\Delta h_{eq}} - 0.5 & \text{if } 0.5\Delta h_{eq} < \Delta h_h < 1.5\Delta h_{eq} & & N_h &= \left[\frac{g}{\theta\{z_i\}} \frac{\partial \theta}{\partial z} \Big|_{z>z_i} \right]^{1/2} \cdot F_b = g w_s r_s^2 \frac{\Delta T}{T_s}
 \end{aligned}$$

Fuente: EPA, 2018

En general, puede resumirse que la concentración en AERMOD es directamente proporcional a la tasa de emisión del contaminante e inversamente proporcional a la velocidad el viento y que su distribución según la distancia (y o z) presenta una determinada forma que depende del comportamiento de la atmósfera (CBL o SBL), siendo más complejo el comportamiento en la CBL. Estas funciones de distribución contienen parámetros que dependen del nivel de turbulencia y de la altura de la capa de mezcla, así como de algunas parametrizaciones que son detalladas en el documento de formulación.

Otros aspectos importantes que son tratados en el documento de formulación son las ecuaciones de cálculo de los coeficientes de dispersión, los cuales son funciones de la distancia y de parámetros micro-meteorológicos que son pasados de AERMET a AERMOD y calculados en INTERFACE. En el caso del coeficiente de dispersión lateral (eje y) la ecuación corresponde a un ajuste de los datos del experimento de Prairie Grass descrito en (Barad, 1958) y para el coeficiente de dispersión vertical (eje z) se compone de dos (2) contribuciones, elevada y cerca al suelo; el modelo calcula de forma diferente los coeficientes de distribución vertical para la CBL y la SBL y tiene en cuenta la diferencia entre las plumas penetradas directa e indirectas ya explicadas.

Por último, AERMOD también incorpora la dispersión a bajas velocidades la cual es denominada *meandering* a través de la opción LOWWIND, incorpora un modelo para los efectos de estructuras sobre fuentes fijas denominado PRIME y contiene los modelos de cálculo de sobre elevación de la pluma según la estructura de la capa de mezcla².

7.7.2.3 Información de entrada

El éxito en el cumplimiento de los objetivos del modelo, sobre todo el de proveer información técnica para la toma de decisiones, depende de la información de entrada; dicha información comprende dentro del dominio: la cartografía, la topografía, la meteorología y el inventario de emisiones; el inventario de emisiones a su vez depende de la conceptualización que se realice del escenario; cada uno de estos elementos se describe a continuación.

La información cartográfica de este informe se encuentra en el sistema de referencia MAGNA Colombia / Origen Nacional, sin embargo, los datos del estudio fueron incluidos al software de modelación AERMODView en el sistema de referencia MAGNA-Colombia Origen Bogotá EPSG:3116 y luego convertidos al sistema de Origen Nacional mediante Herramientas SIG.

7.7.2.3.1 Dominio de la modelación

El dominio de modelación se presenta en la Figura 7-72 este se definió de acuerdo al ajuste mínimo que establece por defecto AERMODView® de acuerdo con la malla de modelación, receptores y fuentes incluidas, de forma que abarca la totalidad de objetos incluidos al modelo, El dominio también muestra las coordenadas (x,y) de los puntos suroeste y noreste del rectángulo que delimita el dominio así como su extensión.

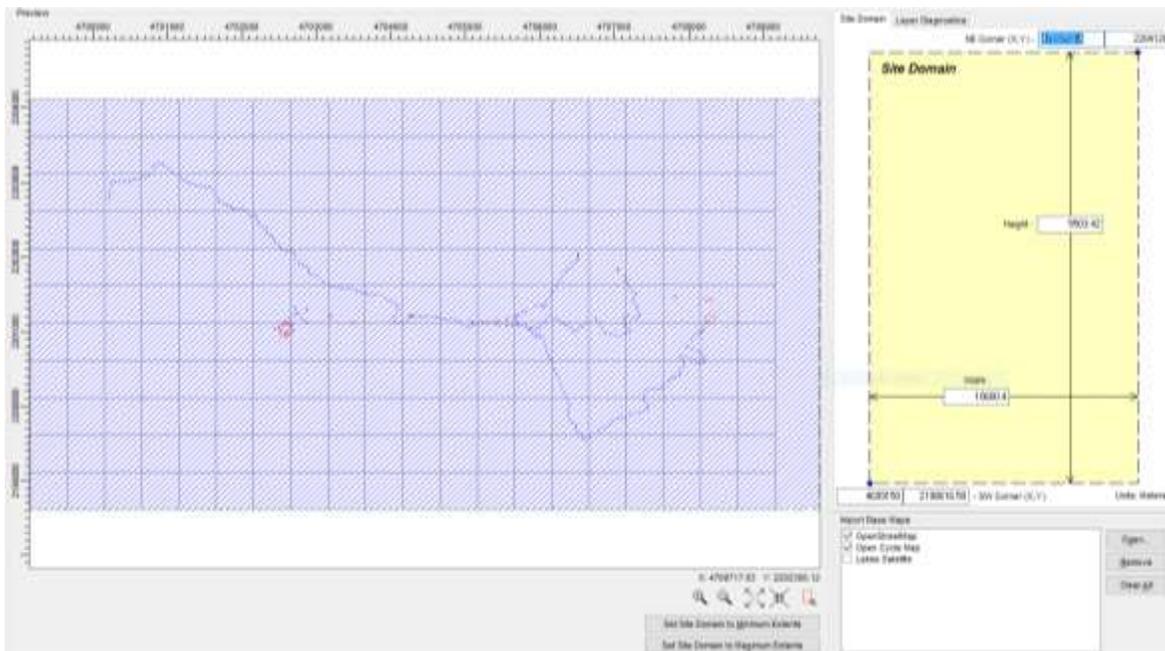


Figura 7-72. Dominio de simulación

Fuente: SAG, 2024

7.7.2.3.2 Cartografía

La cartografía para el modelo fue tomada de la GDB del proyecto, la cual se encuentra georreferenciada en sistema *MAGNA Colombia / Origen Nacional*, de esta se usaron las capas correspondientes a los equipamientos, patios de tendido, torres, subestación y vía proyectada y actuales, las cuales fueron útiles para definir los receptores sensibles, vías actuales, la localización de las obras a construir y por ende la localización de fuentes del proyecto,

7.7.2.3.3 Topografía

La topografía del modelo fue tomada de la información del proyecto SRTM versión 3 en resolución de 30 metros, la cual es proveída con la licencia del Software AERMODView, Una representación gráfica de dicha topografía se muestra en la Figura 7-73, En esta, el

eje z altura sobre el nivel del mar (msnm) indica las cotas de mayor y menor elevación apreciándose que el área de construcción del proyecto, en general, se encuentra a una altura que varía de 549 m a 850 m snm.

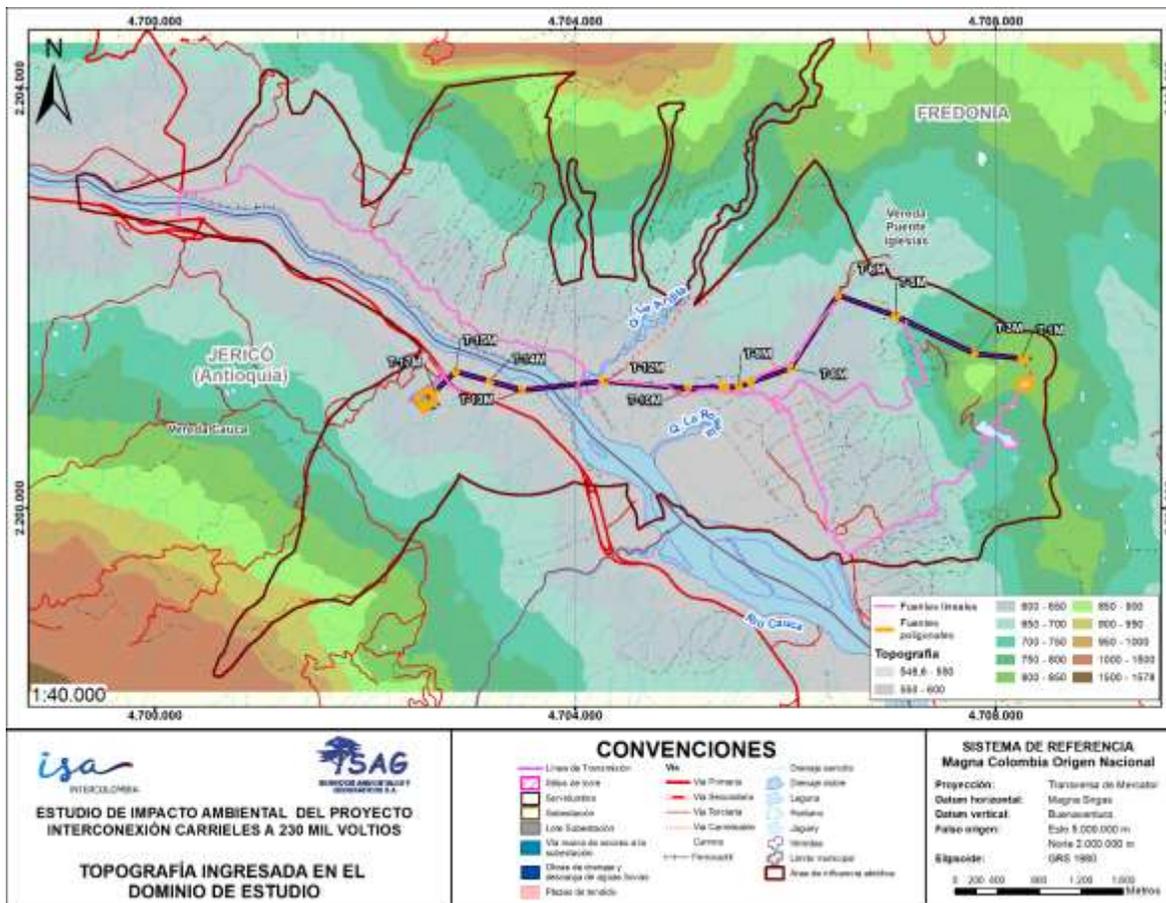


Figura 7-73. Topografía

Fuente: SAG, 2024

7.7.2.3.4 Caracterización meteorológica

El Modelo AERMOD y su preprocesador meteorológico AERMET requieren el ingreso de información de superficie y altura hora a hora para los 365 días del año; el país cuenta con buena información histórica para datos promedios anuales y multianuales en resolución mensual; sin embargo, los datos horarios son escasos, al igual que los datos de meteorología de altura, Para superar esta limitación, los datos meteorológicos a ingresar al modelo fueron adquiridos a la empresa Meteocolombia SAS, quienes utilizan el programa de interfaz del modelo de mesoescala (MMIF) para convertir los datos de salida generados

por el modelo WRF (Weather Research and Forecasting), en resolución de 6 km, para el periodo: 01-ene-2022 al 31-dic-2022 obtenidos de las coordenadas 4705252,85 E, 2202009,08 N (5°49'03,19"N, 75°39'45,29"W), cerca de la cabecera municipal de la Pintada, Antioquia, Dentro de los parámetros considerados en los análisis meteorológicos se incluyen: Radiación solar, temperatura, presión, humedad relativa, precipitación, nubosidad, velocidad y dirección del viento.

La Figura 7-74 y Figura 7-75 muestran parte de la configuración de los datos de entrada suministrados por MMIF e incluidos en AERMET; cuando se usa MMIF AERMET no requiere una caracterización de uso de suelo (coberturas) por medio de AERSURFACE ya que las variaciones de rugosidad superficial, razón de Bowen y albedo son extraídas directamente por MMIF usando los datos de uso de suelo que son utilizados por el modelo WRF configurado por Meteocolombia SAS.

En el ANEXO_7_9_MOD_CA se presentan los archivos de entrada y salida del preprocesador AERMET en los formatos entregados por MMIF, Los parámetros de uso del suelo ingresados en AERMET son presentados en la Tabla 7-42, estos corresponden a los valores promedio de la celda de modelación de tamaño 6 km x 6 km del modelo meteorológico WRF.

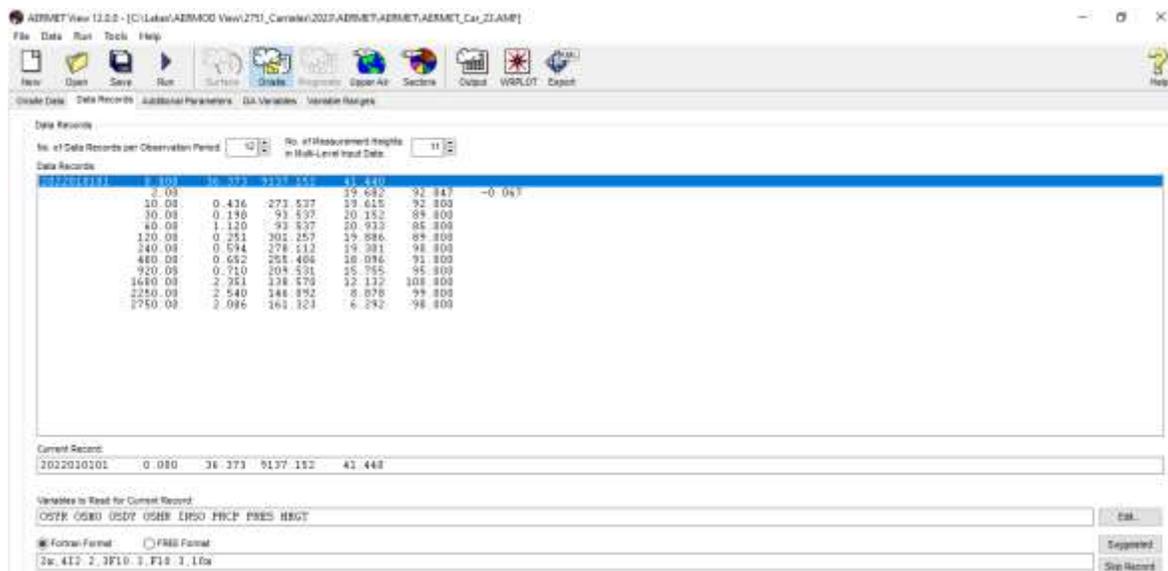


Figura 7-74. Configuración de Meteorología de superficie – MMIF – AERMET

Fuente: SAG, 2024

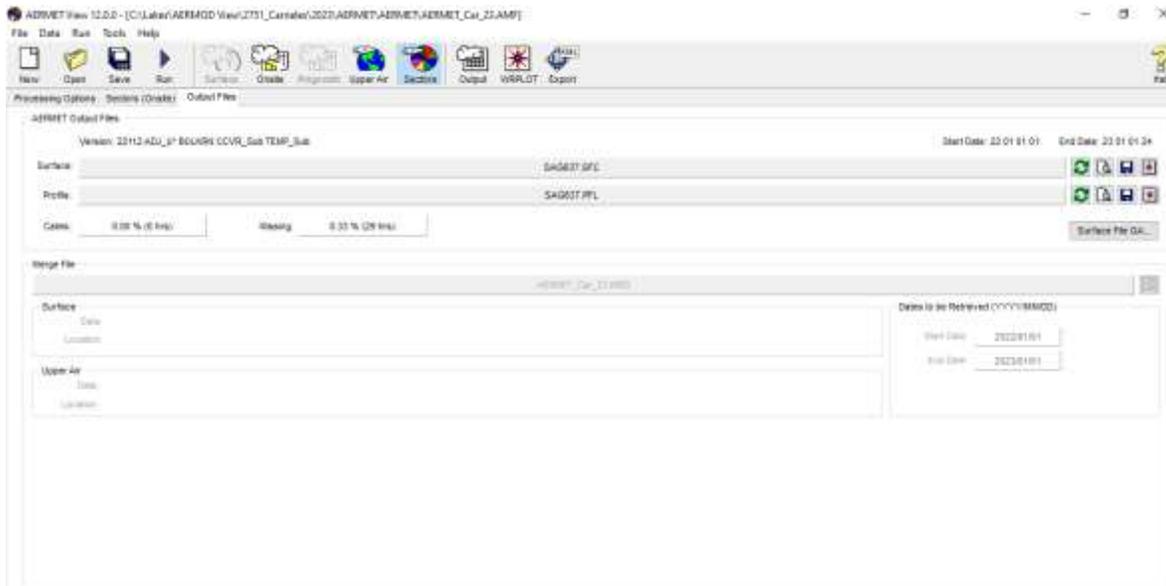


Figura 7-75. Opciones de procesamiento – MMIF – AERMET

Fuente: SAG, 2024

Tabla 7-42. Valores de Albedo (α), Razón de Bowen (Bo) y Rugosidad superficial

Mes	Albedo (α)	Bowen (Bo)	Rugosidad superficial (Zo)
1	0,22	0,14	0,1
2	0,23	0,27	0,1
3	0,22	0,17	0,1
4	0,21	0,13	0,11069
5	0,2	0,09	0,12
6	0,19	0,11	0,12
7	0,2	0,17	0,12
8	0,21	0,11	0,12
9	0,21	0,43	0,12
10	0,2	0,18	0,109
11	0,2	0,14	0,1
12	0,2	0,17	0,1

Fuente: SAG, 2024 a partir de AERSURFACE

Para la configuración de AERMET se siguieron las opciones por defecto y se procesaron datos completos (Año 2022), se incluyó la opción “*ADJ_U***”, la cual es regulatoria desde la versión 16216 cuando se procesan datos que no incluyen mediciones de turbulencia

(sigma-theta y/o sigma-w), esta opción es usada para ajustar la velocidad de fricción en bajas velocidades del viento en condiciones estables.

El detalle de la caracterización de la meteorología para los parámetros temperatura, precipitación, presión atmosférica, radiación, velocidad y dirección del viento, nubosidad, humedad relativa, estabilidad atmosférica y altura de capa de mezcla mecánica y convectiva se pueden encontrar en el ANEXO_7_9_MOD_CA.

7.7.2.3.5 Concentraciones de fondo

Para los modelos de PM10 y PM2,5 desarrollados se tomó como concentración de fondo el promedio de la concentración de monitoreo de calidad del aire desarrollado para el levantamiento de la línea base de este Estudio de Impacto Ambiental. En la Tabla 7-43 se presentan las concentraciones de fondo tenidas en cuenta para los contaminantes PM10 y PM2,5.

Tabla 7-43. Concentraciones de fondo PM10 y PM2,5

Concentración de Fondo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	PM10	PM2,5
		12,7

Fuente: SAG, 2024

7.7.2.3.6 Receptores

Para la optimización de los tiempos de modelación se tomaron receptores discretos separados a **75m** en un buffer determinado alrededor de cada tipo de fuente, En la Figura 7-76 se muestra una representación gráfica de estos puntos, Igualmente es importante resaltar que para las modelizaciones se usó una malla gruesa de **220** receptores ubicados en un área de 10 km x 5,5 km cuya separación se definió cada 500 m.

Finalmente se definieron receptores sensibles para verificar el cumplimiento de la norma de calidad del aire desde **las capas de equipamientos y sitios de interés de la GDB del proyecto**, comparando las concentraciones de inmisión con los estándares máximos permisible de la Resolución 2254 del 2010 del MADS, estos se encuentran tabulados en la Tabla 7-44.

Tabla 7-44. Ubicación de los receptores sensibles

ID	Descripción	Coordenadas Origen Nacional	
		X	Y
RS-1	Vivero Miramontes	4700131,26	2203514,66
RS-2	Finca La Piñera	4699705,66	2203369,38
RS-3	C,E,R Alfonso Palacio Arango	4699989,68	2203194,01
RS-4	Parque infantil C,E,R Alfonso Palacio	4700006,59	2203177,07
RS-5	Cancha C,E,R Alfonso Palacio	4700011,89	2203173,63
RS-6	Estación Jericó (ferrocarril de Antioquia)	4699995,76	2203140,47



**ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DEL PROYECTO
INTERCONEXIÓN CARRIELES A 230 MIL VOLTIOS**



Rev. No.: 5 2024-08-05

ID	Descripción	Coordenadas Origen Nacional	
		X	Y
RS-7	Hacienda La Tuntuna	4701572,40	2203098,74
RS-8	Hacienda La Granja	4699754,45	2203085,11
RS-9	Estación de policía	4700286,19	2203035,48
RS-10	Tienda Donde Angela	4700265,52	2203013,94
RS-11	Tapias	4700564,62	2202999,41
RS-12	Tienda Donde El Negro	4700248,93	2202994,53
RS-13	Cabañas La Bolivariana	4700443,31	2202963,78
RS-14	Puente sobre el río Cauca Puente Iglesias	4700235,92	2202925,67
RS-15	Garrucha	4700495,35	2202910,99
RS-16	Casa Delgado JAC	4700537,88	2202910,12
RS-17	Cancha Taravera	4700009,93	2202777,64
RS-18	Estadero Las Cabañas	4700231,35	2202766,34
RS-19	Acopio Mototaxi	4700218,17	2202760,66
RS-20	Tienda	4700218,43	2202758,44
RS-21	Capilla Santa María de Piedras	4700153,26	2202750,80
RS-22	Comidas rápidas Donde Caliche	4700249,18	2202749,00
RS-23	Expendio de carnes	4700237,27	2202747,55
RS-24	Hacienda Toreadero	4700247,76	2202732,28
RS-25	Tienda Río Cauca	4700248,38	2202729,2
RS-26	Bomba Texaco	4700265,30	2202726,22
RS-27	Restaurante Puente Iglesias	4700236,57	2202724,36
RS-28	Vivienda Puente Iglesias	4700251,41	2202705,74
RS-29	Canoas	4702067,66	2202695,70
RS-30	Parcelación Botero Alta	4699589,39	2202693,07
RS-31	Hacienda La Botero	4701091,98	2202681,19
RS-32	Estadero Brisas del Cauca	4701408,59	2202528,73
RS-33	Estadero El Indian	4701451,94	2202490,8
RS-34	Vivero Uchaco	4701666,57	2202428,93
RS-35	Estadero El Zarco	4701724,40	2202407,64
RS-36	Hacienda La Soledad	4706964,89	2202363,58
RS-37	Parcelación Botero	4700228,97	2202299,64
RS-38	Casa de Oración El Nazareno	4702168,66	2202201,2
RS-39	Iglesia Pentecostal Unida de Colombia	4702259,33	2202183,49
RS-40	Oficina del Acueducto	4702276,51	2202168,94
RS-41	Tienda y billares El Desvare	4702342,67	2202130,78



ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DEL PROYECTO
INTERCONEXIÓN CARRIELES A 230 MIL VOLTIOS



Rev. No.: 5 2024-08-05

ID	Descripción	Coordenadas Origen Nacional	
		X	Y
RS-42	Planta de Acopio Naranjas La Blanquita	4702797,43	2201855,91
RS-43	Cancha Los Martinez	4702679,18	2201722,97
RS-44	Estatua Sagrado Corazón	4703104,61	2201654,49
RS-45	Hacienda La Blanquita	4702993,61	2201618,61
RS-46	Hotel Tahití	4707179,68	2201516,11
RS-46-1	Sitio aterrizaje helicóptero (Hotel Tahití)	4707027,45	2201431,23
RS-47	Finca El Tajos de Son del Cauca	4707334,17	2201495,73
RS-48	Casa Manantiales	4704065,91	2201462
RS-49	Hacienda Palmeras	4702410,66	2201378,98
RS-50	Venta de arepas	4703854,43	2201249,2
RS-51	Casa Granadas	4704571,76	2201228,38
RS-52	Hacienda Bariloche	4702816,67	2201112,83
RS-53	Tienda Oscar Marín	4704098,30	2201109,19
RS-54	Hacienda Rompederos	4709750,40	2201093,26
RS-55	La Ye	4701147,72	2201090,45
RS-56	Cancha La Guajira	4704147,42	2200951,28
RS-57	Peaje La Pintada	4703409,11	2200930,3
RS-58	San Antonio	4701216,95	2200739,57
RS-59	Báscula	4703832,07	2200698,97
RS-60	Hacienda San Antonio	4701600,72	2200590,3
RS-61	Báscula	4703823,21	2200589,45
RS-62	La Guamo	4704602,38	2200130,05
RS-63	Hacienda El Guamo	4704438,53	2200093,54
RS-64	Centro de control de operaciones CCO La Pintada	4704216,68	2199932,19
RS-65	Planta de Beneficio Agrotúnez S,A,	4706558,93	2199651,18
RS-66	Hacienda Túnez	4706629,19	2199627,62
RS-67	Cancha Trabajadores Túnez	4706676,13	2199264,76
RS-68	Sevilla	4707032,63	2198616,58
CA-1	Estación 1 monitoreo de calidad del aire 2022	4699989,68	2203194,01
CA-2	Estación 2 monitoreo de calidad del aire 2022	4700153,26	2202750,80
CA-3	Estación 3 monitoreo de calidad del aire 2022	4702260,38	2202178,20

Fuente: SAG, 2024

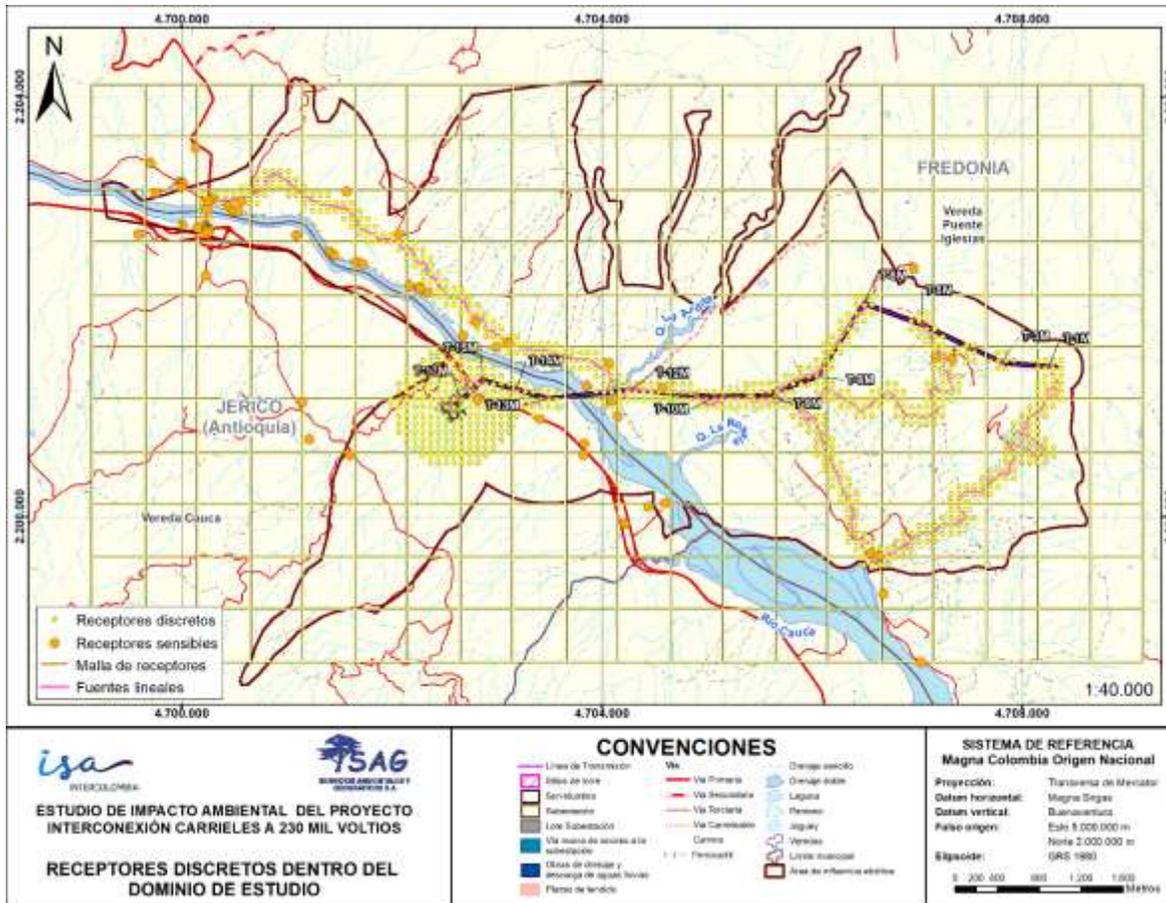


Figura 7-76. Receptores discretos dentro del dominio de estudio

Fuente: SAG, 2024

7.7.2.3.7 Configuración

El modelo se configuró en forma estándar con adición de concentración de fondo, para producir para producir las concentraciones de cada contaminante en los tiempos de exposición requeridos por la normatividad para cada contaminante como se presenta en la Tabla 7-45.

Tabla 7-45. Configuración de salida para cada contaminante

Contaminante	Configuración de salida
PM10	Promedio de la concentración anual
	4to máximo de la concentración promedio 24 horas
PM25	Promedio de la concentración anual
	4to máximo de la concentración promedio 24 horas
SO₂	Máximo de la concentración promedio 24 horas
	Máximo de la concentración promedio horaria
NO₂	Promedio de la concentración anual
	Máximo de la concentración promedio horaria

Fuente: SAG, 2024

Similarmente, se estableció que el modelo produciría como resultado la concentración sin incluir efectos de deposición seca o húmeda y para tratar los vientos bajos según la opción ADJ_U* en AERMET la cual es una opción regulatoria desde la versión 16216 cuando se usan datos que no contienen información sobre turbulencia.

El perfil de emisión para el escenario de modelación puede ser variable de forma horaria, diaria y mensual, donde las fuentes pueden ser encendidas (factor multiplicador mayor que 0) o apagadas (factor multiplicador igual a 0 o el valor proporcional a la erosión eólica); el perfil diario y horario fue creado con unos y el factor de erosión eólica que para este estudio se calculó como 0,0076, tanto para el PM10 como para el PM2,5, a manera de ejemplo para el mes de enero se presenta en la Figura 7-77.



Figura 7-77. Perfil emisión horario – Enero

Fuente: SAG, 2024

7.7.2.4 Información de salida

El modelo de calidad del aire configurado predice los resultados de concentración de contaminantes a partir de: 1) Los datos de meteorología ingresados, los cuales determinan el transporte y su dispersión para un año; 2) El inventario de emisiones, que relaciona la carga emitida por cada tipo de fuente para el escenario; y 3) La topografía, que caracteriza si el terreno crea o no una interferencia en la dispersión.

Los resultados arrojados para tiempos de exposición de **1 hora**, 24 horas y anuales son los estadísticamente más probables a presentarse durante un año, no deben interpretarse los resultados como valores absolutos, se recomienda mantener la interpretación en el nivel de probabilidad de ocurrencia de incumplimientos de la norma en cada tiempo de exposición y lugares donde es más probable que esto suceda.

Los resultados presentados para el tiempo de exposición anual corresponden al promedio de todos los valores diarios calculados por el modelo, al estar combinados con la concentración de fondo del lugar se debe interpretar como el valor medio más probable esperado en la zona, Debe tenerse en cuenta que existe una mayor incertidumbre del modelo dentro de la zona de exclusión (10 metros cerca de las vías), donde los desarrolladores del modelo recomiendan no incluir receptores, sin embargo, algunos de los receptores se ubican dentro de dicha zona, considerando que los resultados predichos por el modelo deben leerse cuidadosamente.

Esta sección presenta los resultados predichos por el modelo en los receptores discretos, y las distribuciones espaciales de las concentraciones, en cada caso se realiza el análisis

de la concentración de contaminantes en los tiempos de exposición fijados por la Resolución 2254 de 2017 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

7.7.2.4.1 Resultados receptores sensibles

De la Figura 7-78 a la Figura 7-85 se presentan los resultados de concentración de PM10 y PM2,5 con y sin medidas de control para el tiempo de exposición de Anual y 24h respectivamente en los receptores sensibles. En estas se observa que en la mayoría de los receptores la concentración está por debajo de los criterios normativos, sin embargo, se encuentran excedencias para los contaminantes relacionados al material particulado en diferentes ubicaciones y periodos de evaluación, en magnitudes que exceden el límite respectivo de 75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en PM10 - 24 horas hasta por 34,67 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en RS-52 Hacienda Bariloche. Otro receptor que para varios descriptores supera los criterios normativos es la estación de monitoreo de línea base CA-3 la cuál no se relaciona a ningún receptor sensible ni ecosistema si no a una referencia para la evaluación del proyecto.

Las concentraciones para PM2,5 sin control estuvieron entre 0,026 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y 64,78 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en receptores sensibles para tiempo de exposición de 24 horas, y para tiempo de exposición anual se tuvieron valores entre 0,001 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y 39,07 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

En cuanto a PM10 sin control, para tiempo de exposición de 24 horas, los valores estuvieron entre 0,17 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y 109,68 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y para tiempo de exposición anual estuvieron entre 0,01 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y 51,00 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

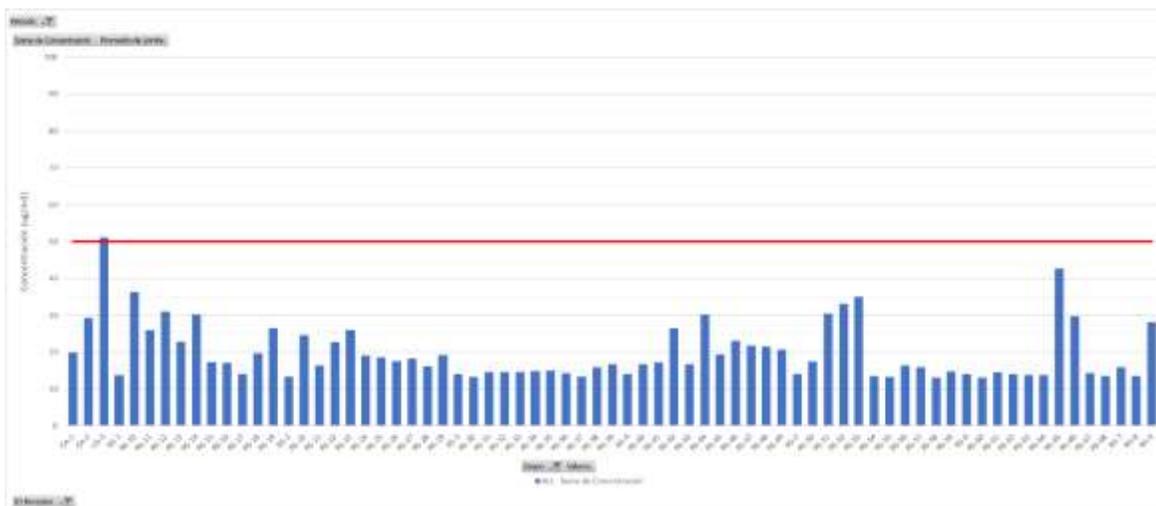


Figura 7-78. Resultados en Receptores sensibles PM10 – Anual Sin Control

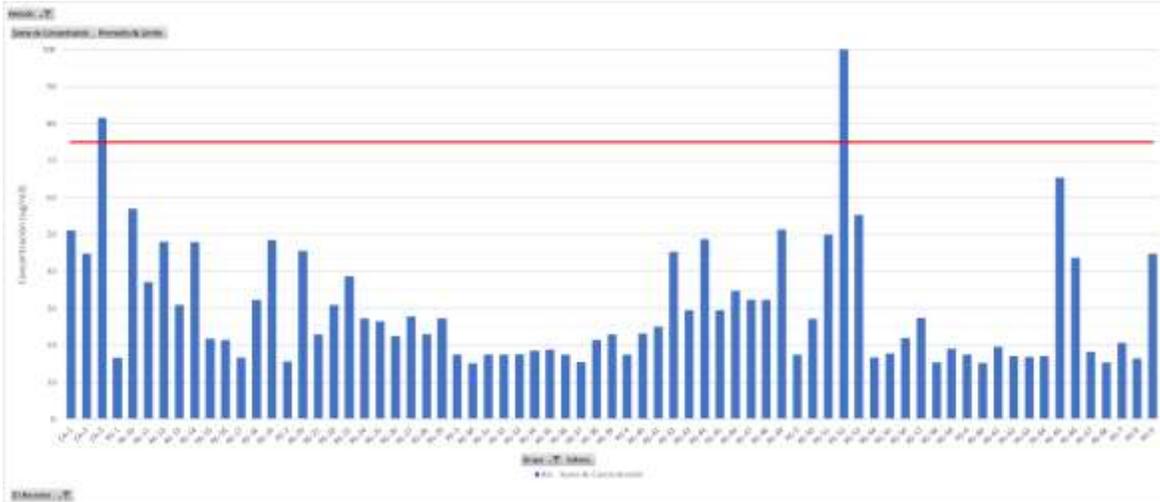


Figura 7-79. Resultados en Receptores sensibles PM10 - 24h Sin Control

Fuente: SAG,2024

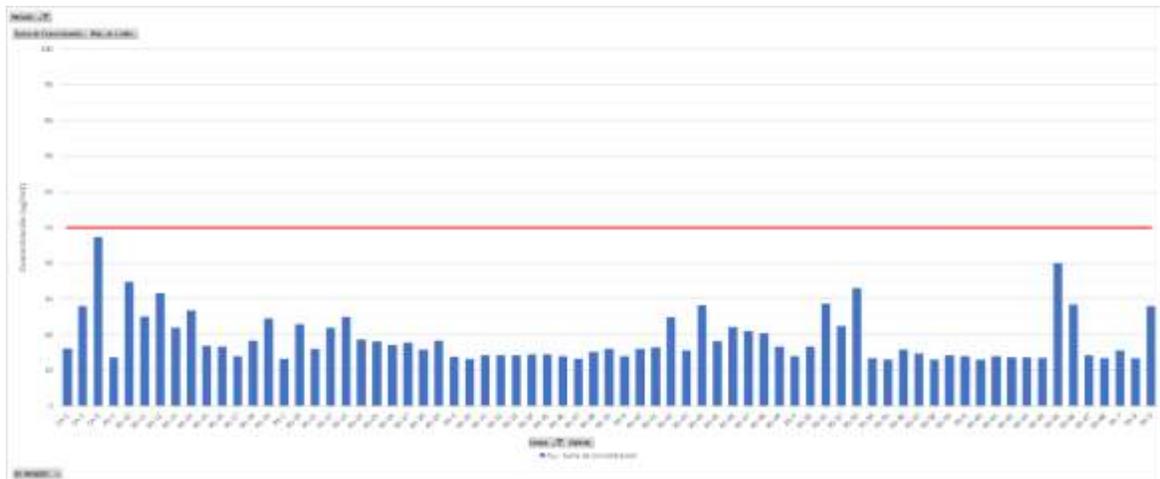


Figura 7-80. Resultados en Receptores sensibles PM10 – Anual Con Control

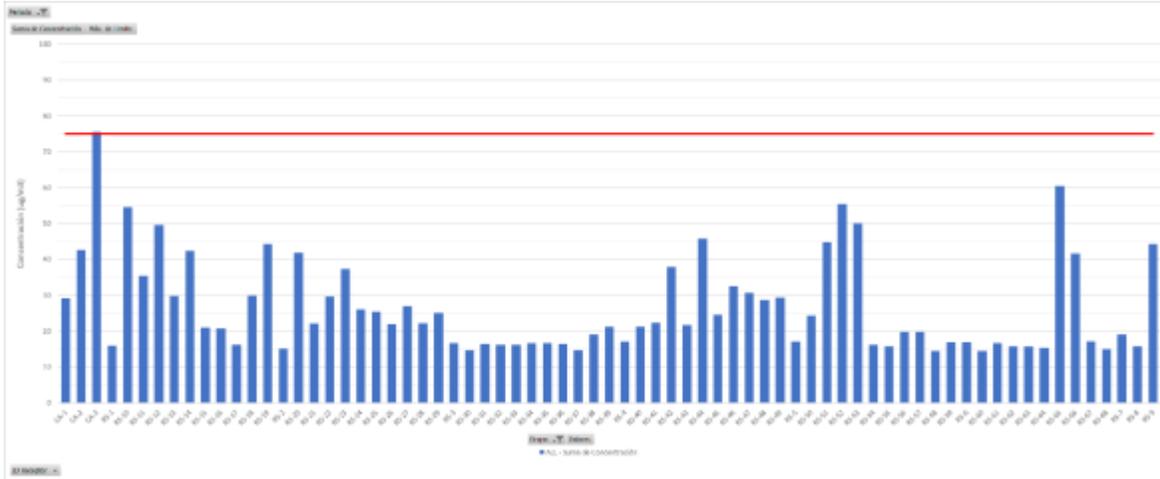


Figura 7-81. Resultados en Receptores sensibles - 24h Con Control

Fuente: SAG,2024

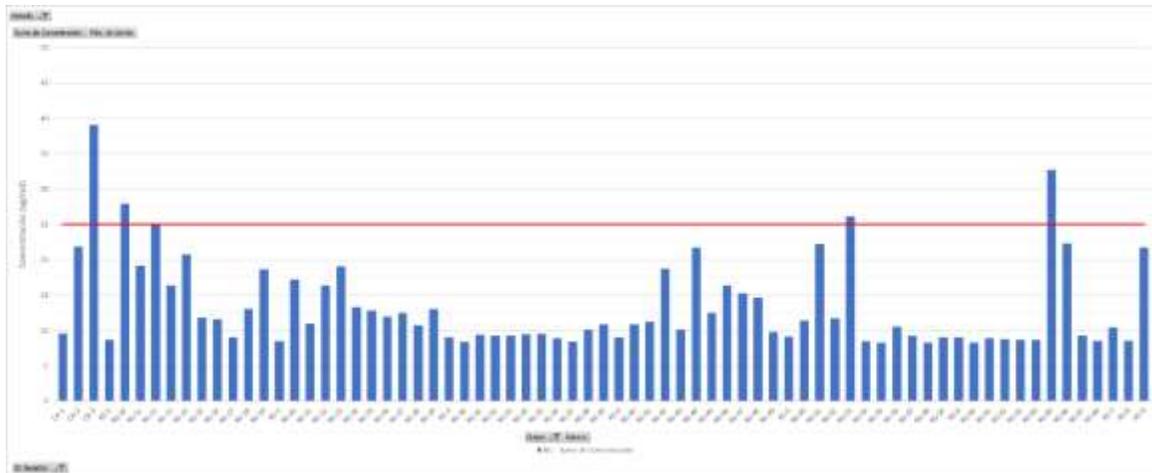


Figura 7-82. Resultados en Receptores sensibles PM2,5 - Anual Sin Control

Fuente: SAG,2024

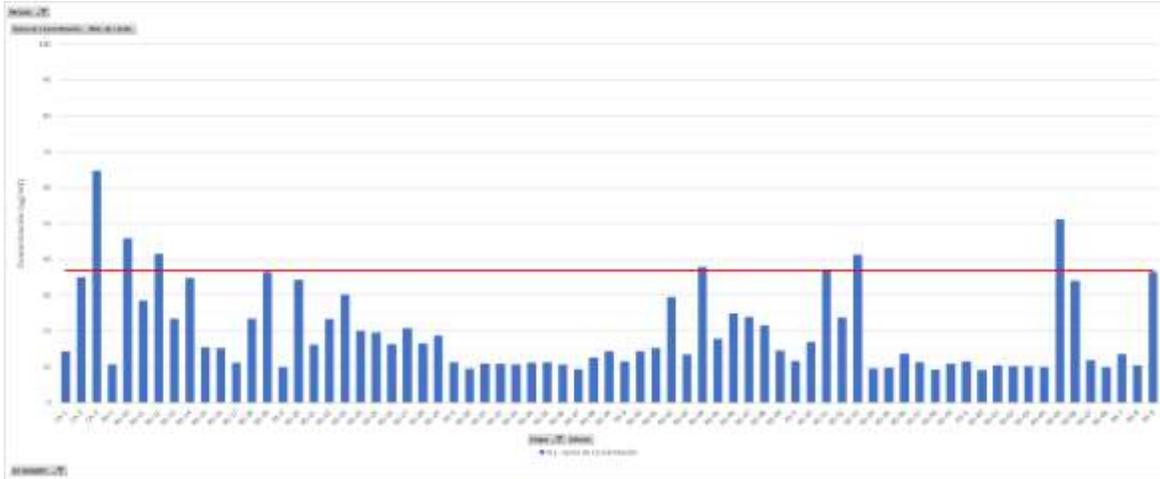


Figura 7-83. Resultados en Receptores sensibles PM2,5 – 24H Sin Control

Fuente: SAG,2024

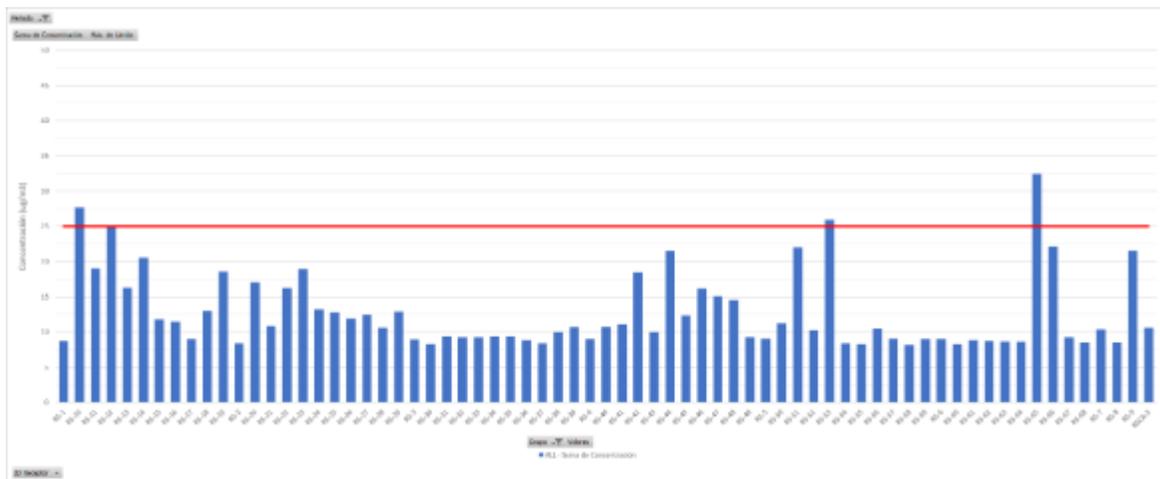


Figura 7-84. Resultados en Receptores sensibles PM2,5 - Anual Con Control

Fuente: SAG,2024

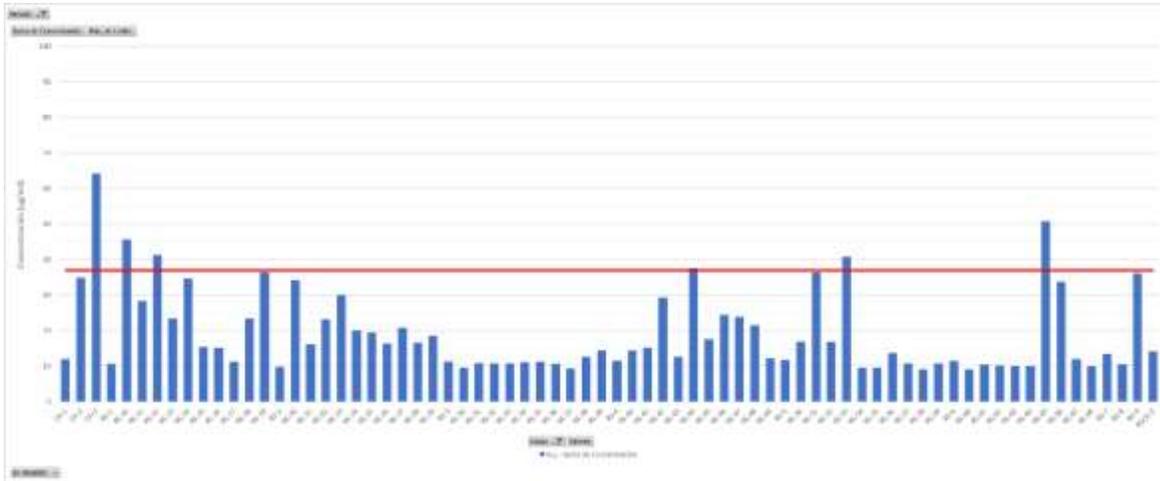


Figura 7-85. Resultados en Receptores sensibles PM2,5 – 24H Con Control

Fuente: SAG,2024

De la Figura 7-86 a Figura 7-89 se presentan los resultados de concentración de SO₂ y NO₂ para sus tiempos de exposición correspondientes a los criterios de la Resolución 2254 (diario-horario para SO₂ y anual-horario para NO₂). En estas se evidencia que en todos los receptores evaluados la concentración de estos contaminantes se espera por debajo de los límites normativos.

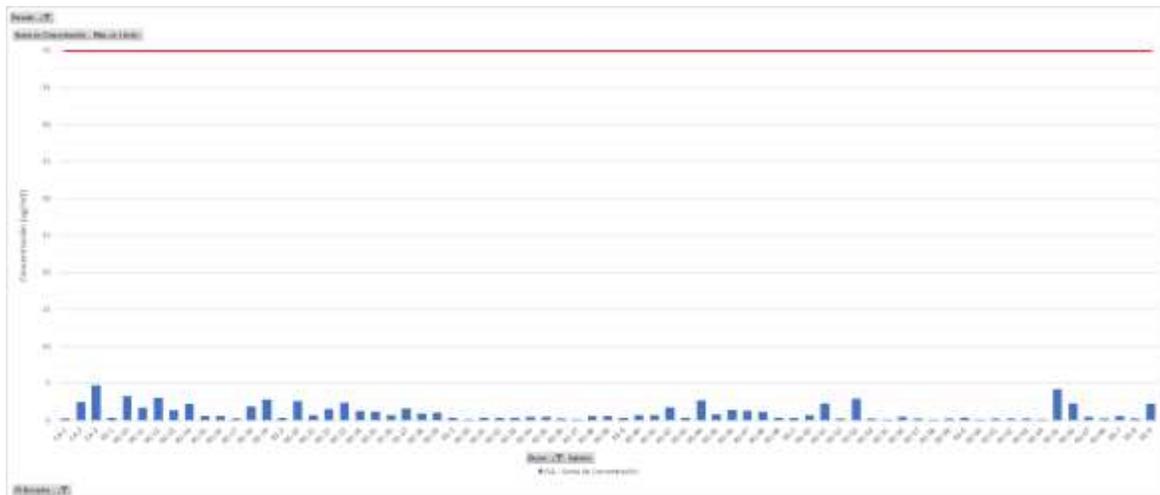


Figura 7-86. Resultados en Receptores sensibles SO2 - 24H

Fuente: SAG,2024

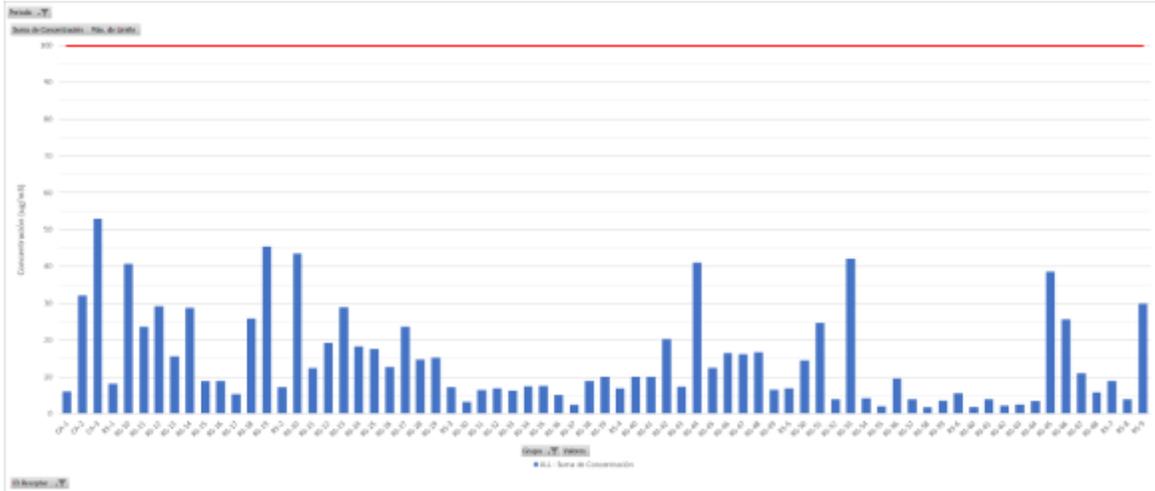


Figura 7-87. Resultados en Receptores sensibles SO2 - 1H

Fuente: SAG,2024

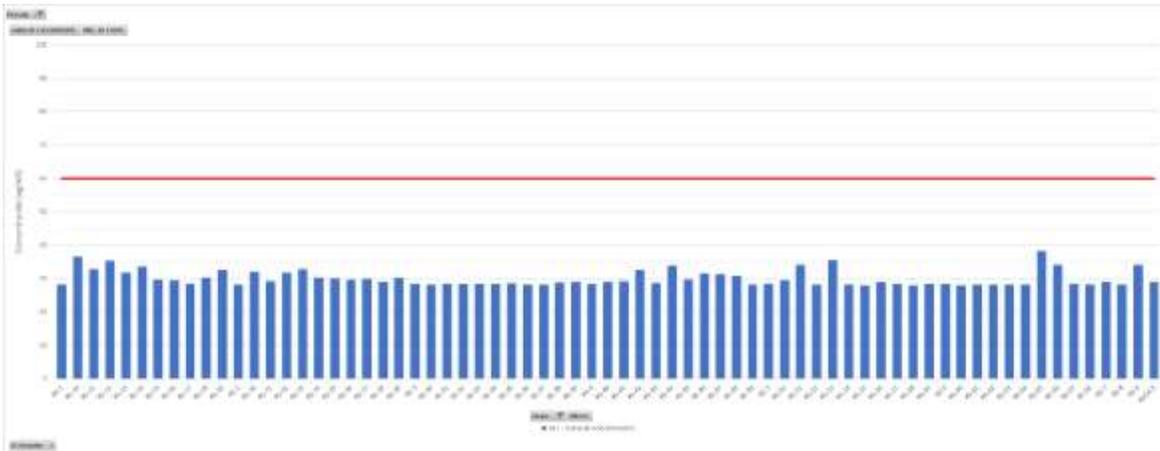


Figura 7-88. Resultados en Receptores sensibles NO2 - Anual

Fuente: SAG,2024

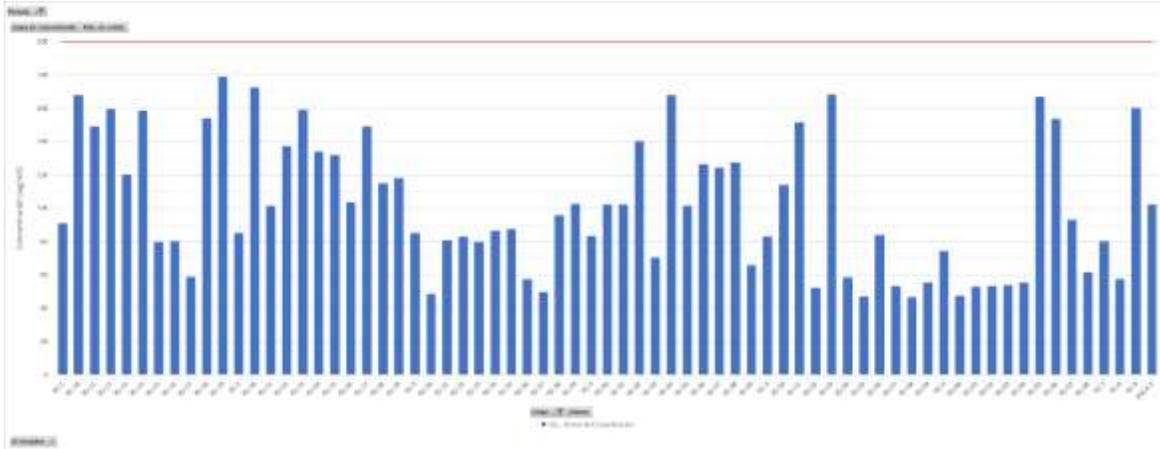


Figura 7-89. Resultados en Receptores sensibles NO2 – 1H

Fuente: SAG,2024

Por lo general los receptores RS-10, RS-52, RS-53, RS-65, CA-3, presentan los niveles más altos de concentraciones de sus respectivos contaminantes al encontrarse cerca de vías o en puntos de confluencia de obras, Si se evalúa los aportes a la calidad del aire por medio de promedios a partir de las actividades de construcción, se pudo evidenciar que el PM10 anual reporta un aporte promedio de $19,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$, mientras que el PM2,5, en este mismo periodo hace un aporte de $13,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Los aportes promedio para un periodo de evaluación de 24 horas se encontraron de $30,14 \mu\text{g}/\text{m}^3$, para el contaminante PM10 y de $19,72$ para el PM2,5.

Para realizar el análisis de aportes se toma como referencia la concentración de PM10, la Figura 7-90 presenta la concentración promedio anual predicha por el modelo para cada grupo de fuentes, el grupo ÁREAS corresponde a las obras de las plazoletas de tendido y la subestación, el grupo TORRES corresponde a las obras en las patas de torre y el grupo VÍAS a las vías tanto a construir como a usar, *se puede identificar que el grupo de vías (naranja) representa los mayores aportes*, así como la construcción de la subestación cerca del receptor RS-52 denominado Hacienda Bariloche, este puede ser el único receptor que sería impactado de forma apreciable por *áreas de construcción* del proyecto.



Figura 7-90. Análisis de aportes por grupos de fuentes

Fuente: SAG,2024

7.7.2.4.2 Resultados dispersión

De la Figura 7-92 a la [Figura 7-102](#), se presentan las distribuciones espaciales o mapas de dispersión para PM10, PM2,5, con y sin control, SO2 y NO2, con concentración de fondo incluida, Estas distribuciones espaciales muestran que:

- Los mayores niveles de concentración se encuentran en la zona de la subestación y la vía de ingreso a esta debido al movimiento de los materiales y la construcción de las mismas, Es de recordar que los procesos que generan emisiones son cargue, descargue y el transporte de materiales.

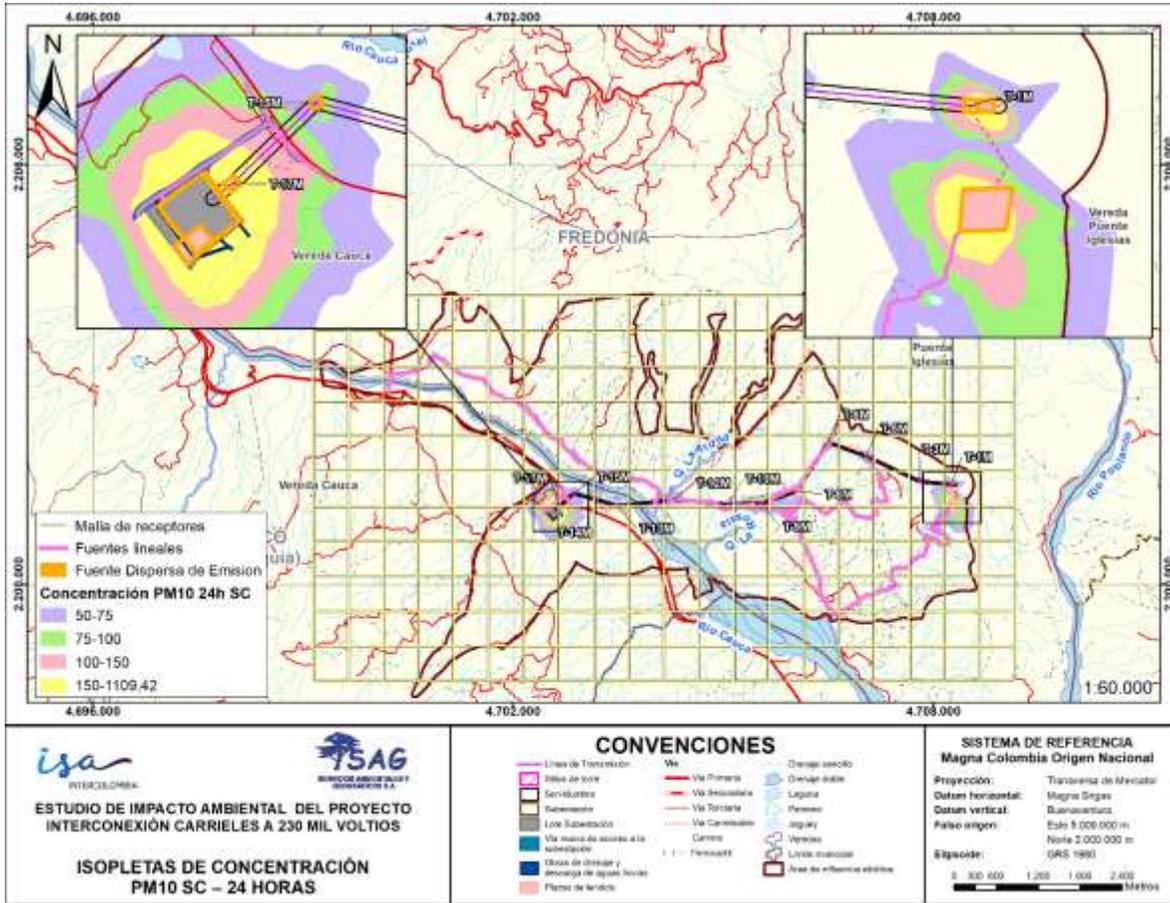


Figura 7-92. Isoplethas PM10 SC – 24 Horas

Fuente: SAG, 2024

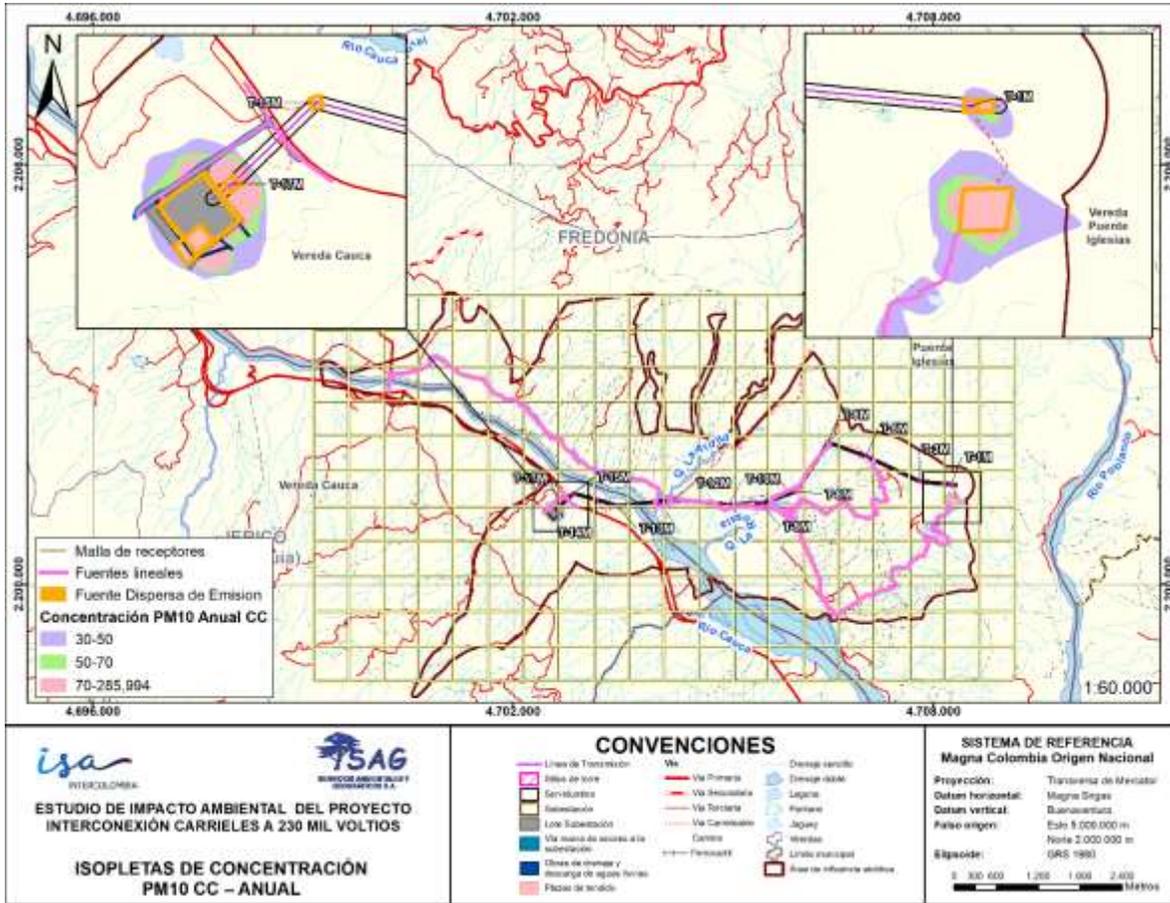


Figura 7-93. Isopletras PM10 CC – Anual

Fuente: SAG, 2024

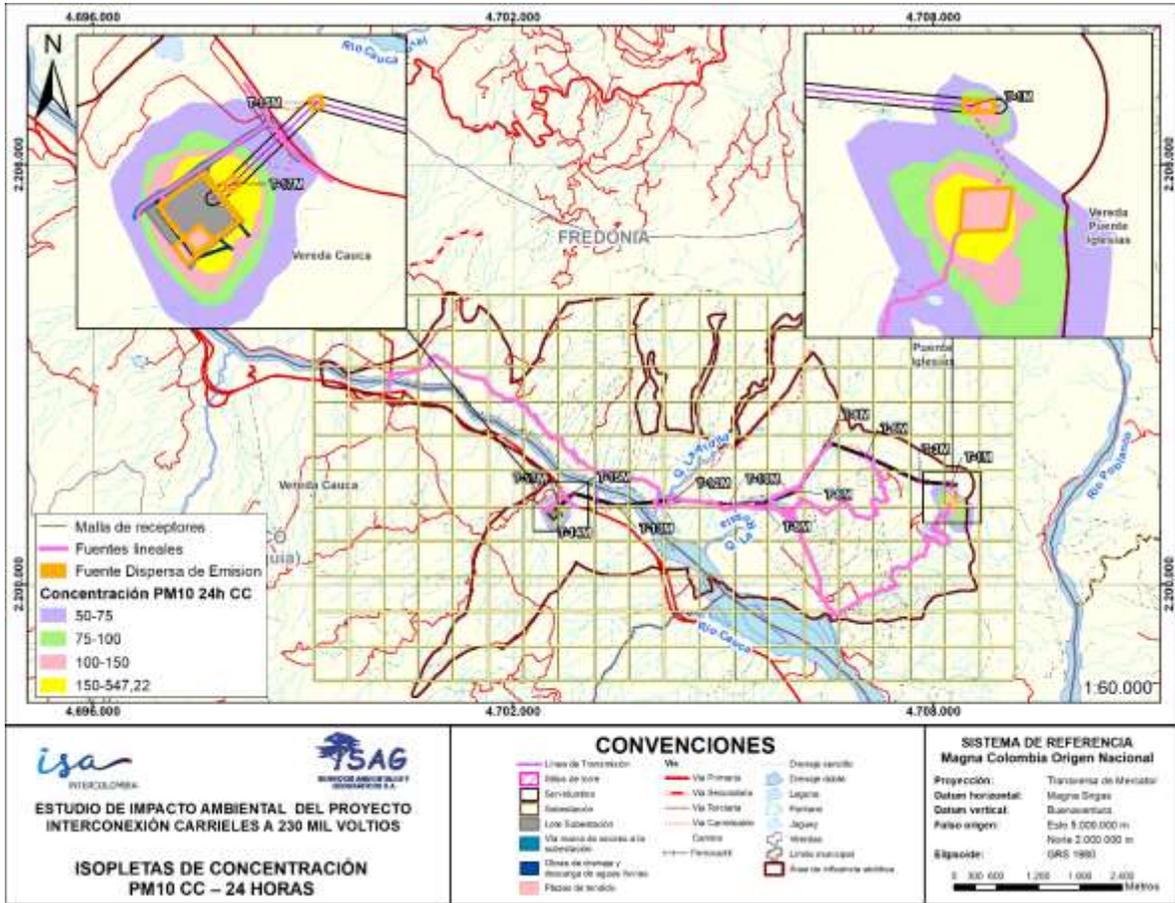


Figura 7-94. Isoplethas PM10 CC – 24 Horas

Fuente: SAG, 2024

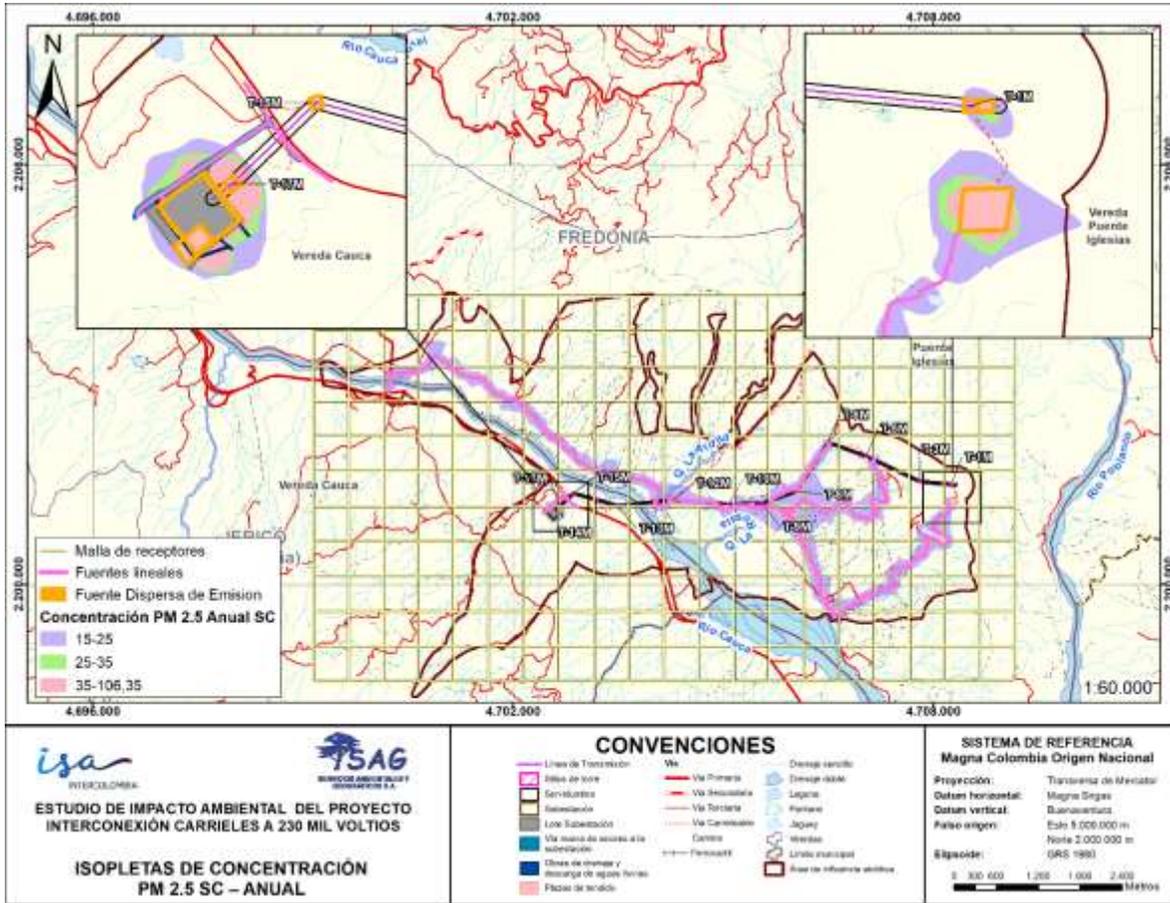


Figura 7-95. Isopletas PM 2,5 SC – Anual

Fuente: SAG, 2024

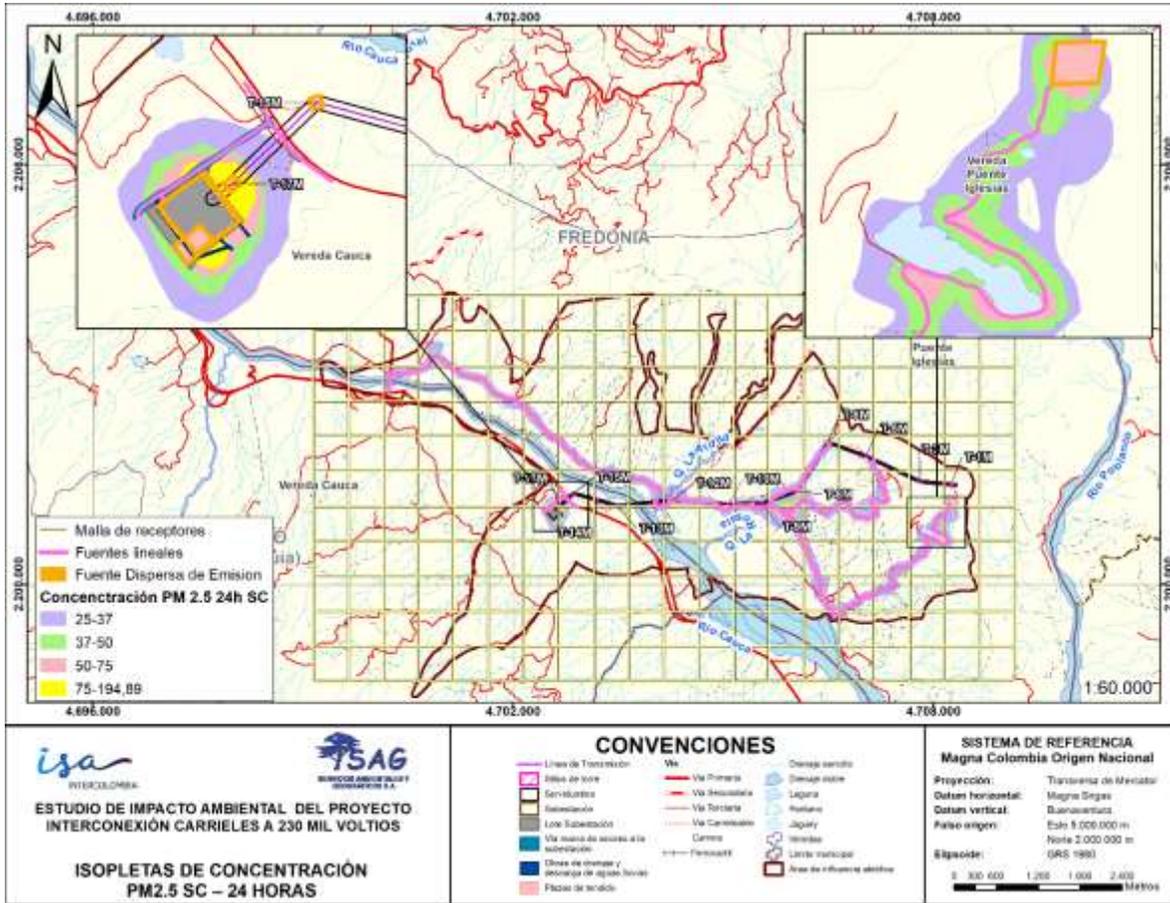


Figura 7-96. Isopletras PM_{2.5} SC – 24 Horas

Fuente: SAG, 2024

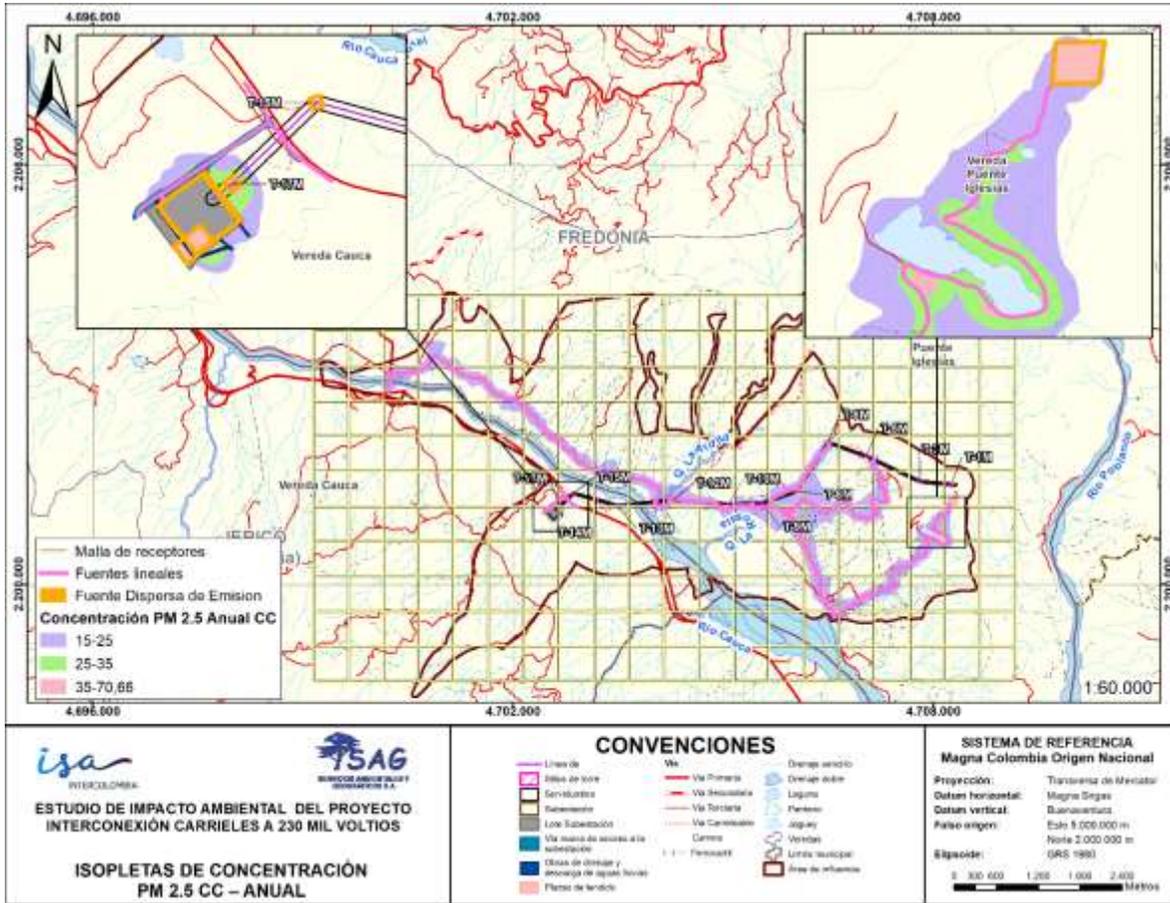


Figura 7-97. Isoplethas PM 2,5 CC – Anual

Fuente: SAG,2024

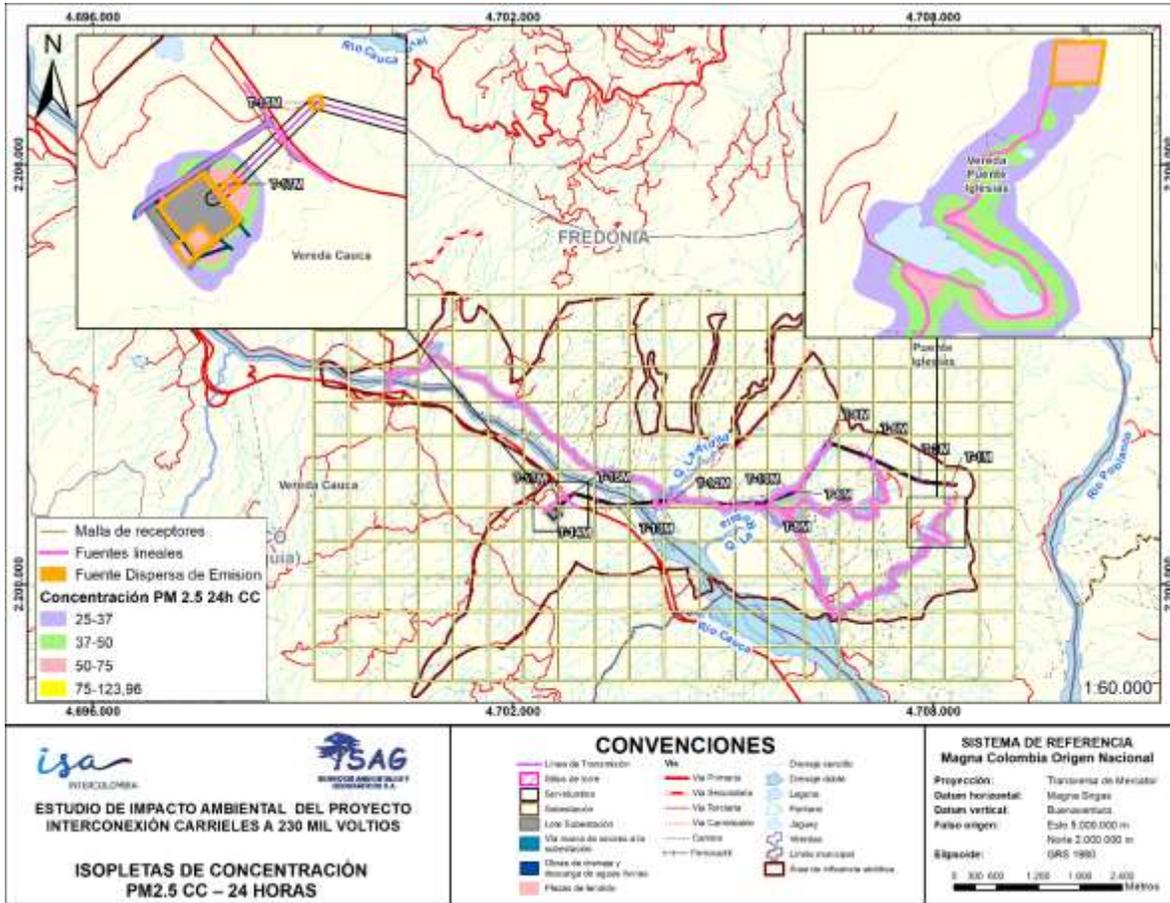


Figura 7-98. Isoplethas PM_{2,5} CC – 24 Horas

Fuente: SAG, 2024

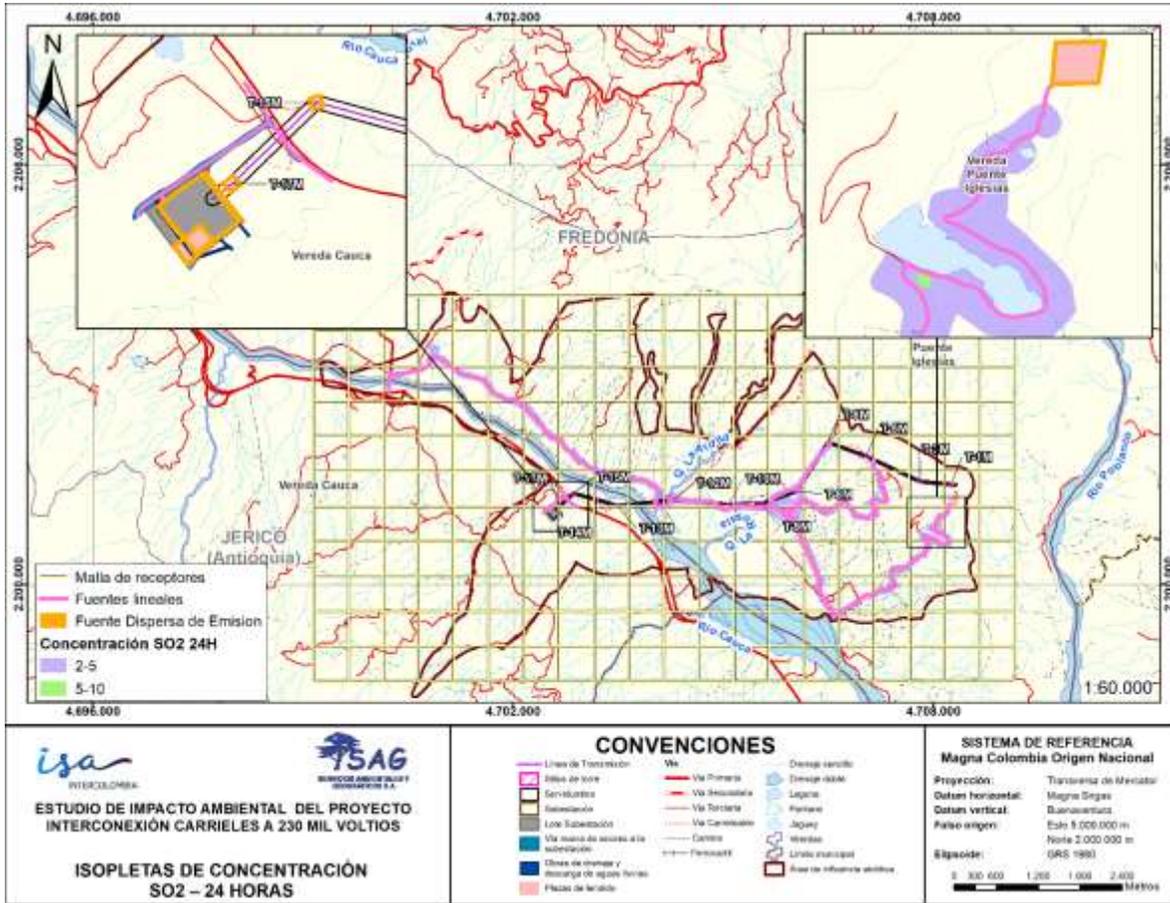


Figura 7-99. Isopletas SO₂ – 24 Horas

Fuente: SAG,2024

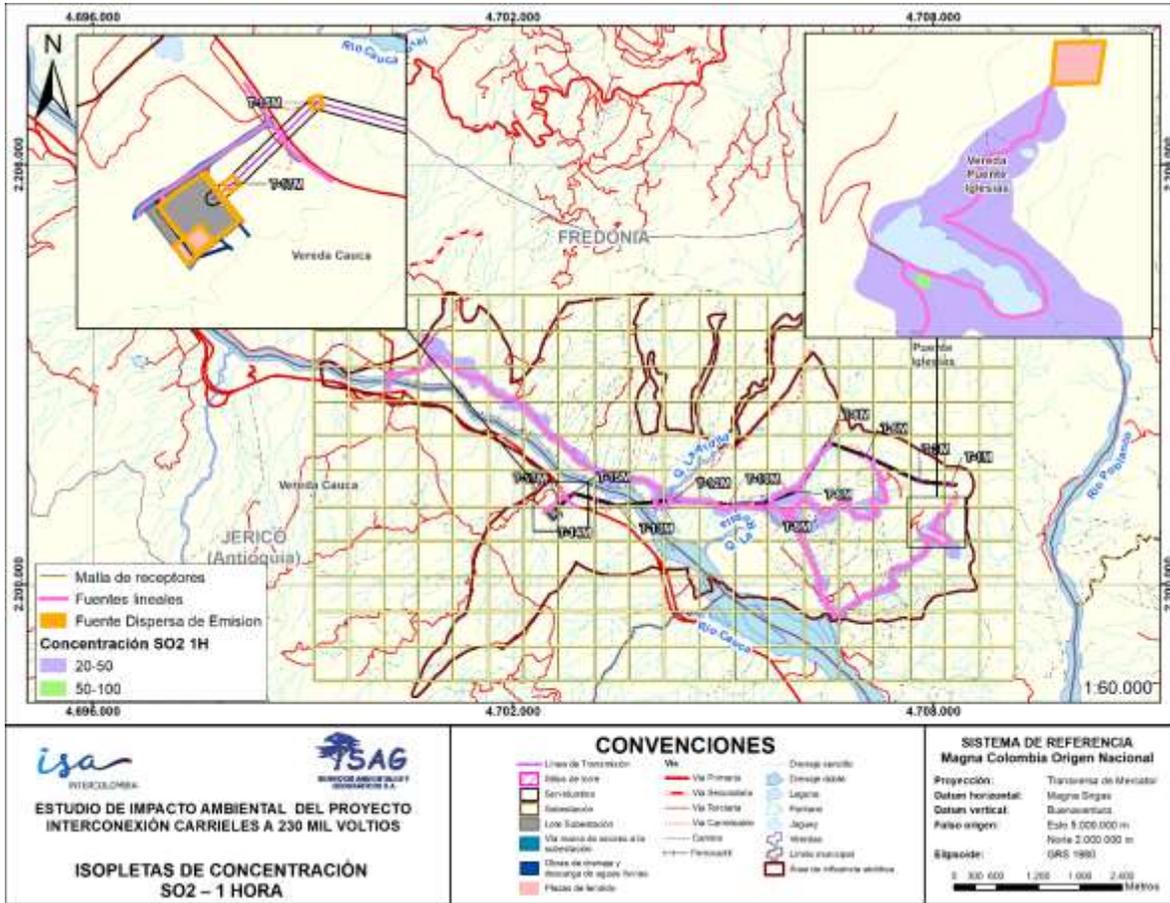


Figura 7-100. Isopletas SO₂ – 1 Hora

Fuente: SAG, 2024

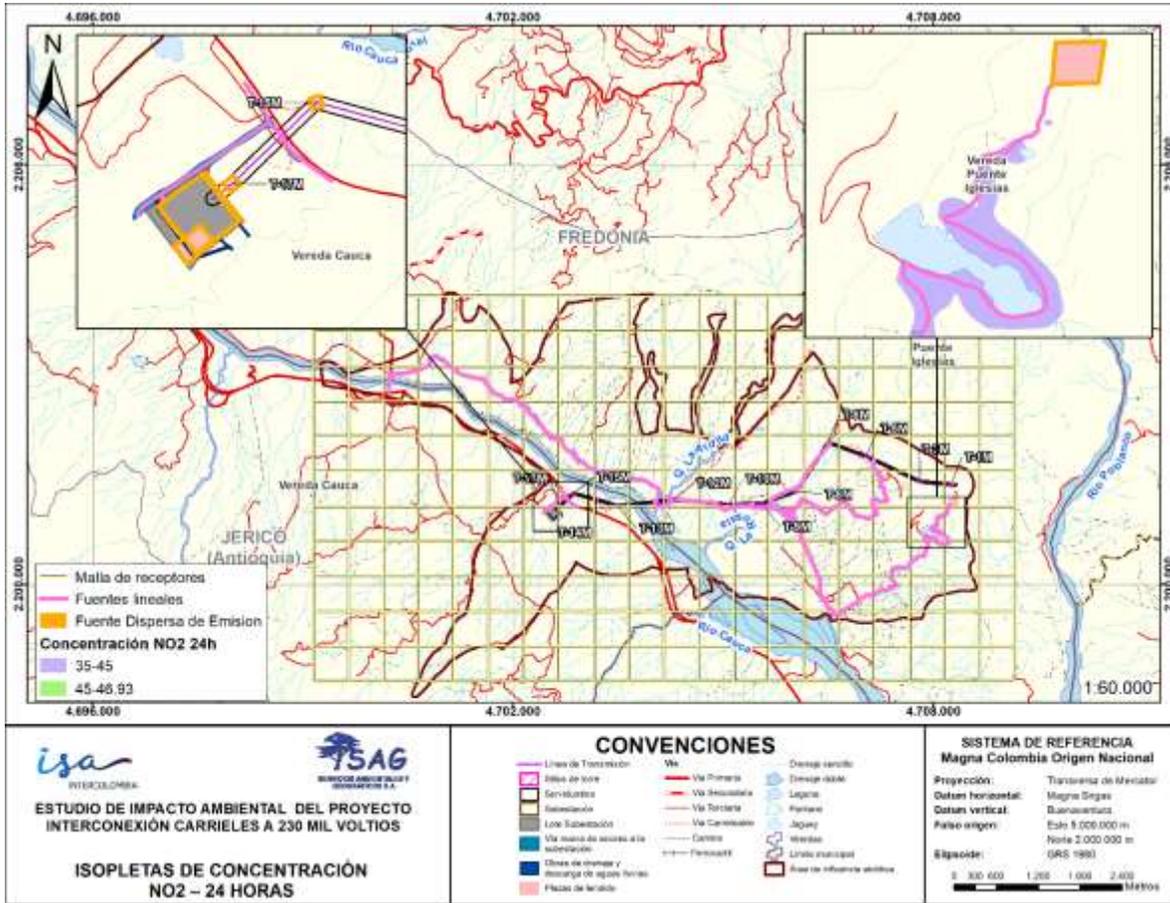


Figura 7-101. Isoplethas NO₂ – Anual

Fuente: SAG,2024

generadas por las vías que se encuentran sin pavimentar, son las que mayores aportes hacen de los contaminantes de material particulado.

Los resultados del modelo en receptores identificados muestran que en la mayoría de ellos no se sobrepasa los límites normativos para tiempo de exposición anual y de 24 horas en contaminantes PM10 y PM2,5 (En los escenarios sin control, se presentan 14 sobrepasos de 288 combinaciones de contaminante y tiempos de exposición) y ninguno en gases SO2 y NO2, Entre las excedencias presentadas el mayor se da por PM10 promediado 24 horas en RS-52 Hacienda Bariloche. Es de resaltar que este se refiere al escenario sin tener en cuenta medidas de control, por lo que la concentración en este receptor y otros que presentan excedencias disminuirá una vez estas sean aplicadas a los procesos que generan las emisiones contaminantes.

Respecto a la distribución espacial, los mayores niveles de concentración de material particulado tienen lugar en la zona donde se construirá la subestación y su vía de ingreso, debido a las operaciones de construcción que allí se realizaran; como, por ejemplo, procesos de cargue, descargue y el transporte en dichas zonas por vías sin pavimentar, los mapas de dispersión muestran una pluma baja en concentración en la zona de torres y patios de tendido. Para los mapas de gases se evidencia concentraciones bajas pero mayores sobre las vías, en especial en intersecciones de estas.

7.8 MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

En la En la Tabla 7-46 se relacionan los requerimientos de materiales pétreos para la fabricación de concretos.

Tabla 7-46. Materiales pétreos requeridos

	Material pétreo	Volumen requerido (m ³)
Línea de transmisión	Grava diámetro ¾" para concreto	970
	Arena para concretos	736
Subestación	Grava diámetro 1 ½" para acabado de patio	31
	Grava diámetro ¾" para concreto	1150
	Arena para concretos y morteros	1,085
Total		3,972

Fuente: SAG, 2023

Como se menciona en el capítulo 3, Descripción del Proyecto, el material granular necesario para la construcción del proyecto Interconexión Carrieles a 230 mil voltios, será adquirido en canteras que posean títulos mineros expedidos por la Agencia Nacional de Minería (ANM) y los permisos exigidos por la Autoridad Ambiental, (ver ANEXO_3_4_TITULOS_MINEROS).

Se podrá hacer uso de la Cantera San Lorenzo, ubicada en el km 2,3 vía La Pintada – Aguadas, a 20 minutos aproximadamente del lote de la Subestación Carrieles a 230 mil voltios donde se contará con el patio de almacenamiento, además, también se podrá utilizar la Cantera Peñalisa S.A. (ver ANEXO_7_10_CANTERAS_AUT).

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DEL PROYECTO INTERCONEXIÓN CARRIELES A 230 MIL VOLTIOS	
		Rev. No.: 5 2024-08-05

No obstante, antes del inicio de la etapa de construcción, el contratista actualizará la información de las canteras que puedan ser útiles para el Proyecto con el fin de establecer sus reservas y que puedan suplir las necesidades del material para el desarrollo del Proyecto, así como la posibilidad de contar con nuevas fuentes de material que tengan sus respectivos permisos y licencias, El manejo de los materiales de construcción se realizará conforme la ficha del Plan de Manejo Ambiental correspondiente.

Adicionalmente, no se permitirá la extracción de materiales del cauce de los cuerpos de agua para utilizarlos en las actividades del proyecto.