

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL (EIA) DEL PARQUE SOLAR FOTOVOLTAICO GUAYEPO III 200 MW Y SU LÍNEA DE EVACUACIÓN 500KV

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

(VERSIÓN 5.0)

11/08/2022

INGENOSTRUM COLOMBIA

CARRERA 12 N. 79 - 50

BOGOTÁ D.C.

TEL: +57-3229914

DEPARTAMENTO DEL ATLÁNTICO MUNICIPIOS DE SABANALARGA Y PONEDERA

2022



ÍNDICE GENERAL

7	DEMANDA, USO Y APROVECHAMIENTO Y/O AFECTACION DE RECURSOS NATURALES.....	13
7.1	AGUAS SUPERFICIALES	13
7.1.1	Captación de aguas superficiales	13
7.2	AGUAS SUBTERRANEAS	14
7.2.1	Captación de aguas subterráneas.....	14
7.3	VERTIMIENTOS	14
7.3.1	Proveedores autorizados	18
7.4	OCUPACIONES DE CAUCES.....	19
7.4.1	Ubicación de los sitios de ocupación.....	20
7.4.2	Análisis de caudales - parque	24
7.4.2.1	Dinámica Fluvial.....	24
7.4.2.2	Análisis de Sedimentos en el área del proyecto	26
7.4.2.3	Curvas de intensidad duración frecuencia	27
7.4.2.4	Geomorfología de las cuencas de interés - Parque	32
7.4.2.5	Numero de curva – Zona Parque.....	38
7.4.2.6	Tiempo de concentración – Zona Parque	42
7.4.2.7	Hietograma de diseño	44
7.4.2.8	Estimación de los caudales de diseño	50
7.4.3	Análisis de caudales – línea de evacuación.....	52
7.4.3.1	Curvas de intensidad duración frecuencia – zona Línea de Transmisión 52	
7.4.3.2	Geomorfología de las cuencas de interés – Línea de Transmisión	60

7.4.3.3	Numero de curva – Zona Línea de Transmisión	64
7.4.3.4	Tiempo de concentración – cuencas Línea de Transmisión	71
7.4.3.5	Hietograma de diseño	72
7.4.3.6	Estimación caudal de diseño – Línea de Transmisión	79
7.4.4	Análisis hidráulico de sitios de ocupación de cauce.....	81
7.4.4.1	Zona Parque	82
7.4.4.2	Zona Línea de Evacuación	103
7.4.4.3	Proceso Constructivo Obras de Drenaje.....	115
7.5	APROVECHAMIENTO FORESTAL.....	118
7.5.1	Objetivos	121
7.5.2	Metodología	121
7.5.2.1	Fase de precampo	122
7.5.3	Área de aprovechamiento forestal	136
7.5.4	Volumen de aprovechamiento forestal	141
7.5.4.1	Volumen de aprovechamiento forestal para el área de parque solar..	142
7.5.4.2	Volumen de aprovechamiento forestal para el área de línea de evacuación	145
7.5.4.3	Solicitud volumen de aprovechamiento forestal total	146
7.5.4.4	Volumen de aprovechamiento por especie	148
7.5.5	Solicitud de poda de arboles	152
7.5.6	Especies en amenaza y/o endemismo en las áreas de intervención del proyecto	152
7.5.7	Especies en veda – flora epífita.	152
7.5.8	Justificación del tipo de aprovechamiento forestal	158

7.5.8.1	Sistema de aprovechamiento y extracción (labores de remoción de cobertura)	160
7.5.8.2	Recursos requeridos para el aprovechamiento.....	161
7.5.8.3	Planificación y orientación del aprovechamiento forestal.....	162
7.5.8.4	Destinación de residuos vegetales	167
7.6	PERMISO DE ESTUDIO PARA LA RECOLECCIÓN DE ESPECÍMENES DE ESPECIES SILVESTRES DE LA BIODIVERSIDAD	169
7.6.1	Flora.....	170
7.6.1.1	Flora arbórea	170
7.6.1.2	Flora de hábito epífita, terrestre y/o rupícola.....	172
7.6.2	Fauna silvestre.....	178
7.6.2.1	Metodologías de extracción temporal (captura) en campo	179
7.6.2.2	Metodologías de manejo de especímenes que requieran rescate y/o reubicación (ex - situ)	186
7.6.3	Perfil de los profesionales	192
7.7	EMISIONES ATMOSFERICAS	193
7.7.1	Estimación de la emisión atmosférica de fuentes del proyecto	193
7.7.2	Modelación de dispersión de contaminantes atmosféricos	193
7.7.3	Fuentes de generación de Ruido	193
7.7.3.1	Inventario de Fuentes potenciales y receptoras.....	194
7.7.3.2	Modelo de Ruido.....	194
7.8	MATERIALES DE CONSTRUCCION	196
7.9	BIBLIOGRAFÍA	205

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 7-1 Localización general sitios de ocupación de cauce – Área de Parque	21
Figura 7-2 Localización general sitios de ocupación de cauce – Línea de Transmisión.....	22
Figura 7-3 Drenajes área de Parque	25
Figura 7-4 Drenajes en sector de línea de evacuación	25
Figura 7-5 Curvas IDF – zona del Parque.....	32
Figura 7-6 Delimitación cuencas área de parque.....	33
Figura 7-7 Cuencas generales asociadas a la planta fotovoltaica.....	35
Figura 7-8 Localización Subcuencas.....	37
Figura 7-9 Hietograma de diseño Tr 2 – Zona Parque	47
Figura 7-10 Hietograma de diseño Tr 5 – Zona Parque	47
Figura 7-11 Hietograma de diseño Tr 10 – Zona Parque	48
Figura 7-12 Hietograma de diseño Tr 15 – Zona Parque	48
Figura 7-13 Hietograma de diseño Tr 25 – Zona Parque	49
Figura 7-14 Hietograma de diseño Tr 50 – Zona Parque	49
Figura 7-15 Hietograma de diseño Tr 100 – Zona Parque	50
Figura 7-16 Distribución de estaciones consideradas para el proyecto	54
Figura 7-17 Curvas IDF – área Línea de Transmisión	60
Figura 7-18 Delimitación de cuencas sector Línea de Transmisión	61
Figura 7-19 Hietograma de diseño Tr 2 – Línea de Transmisión	75
Figura 7-20 Hietograma de diseño Tr 5 – Línea de Transmisión	76
Figura 7-21 Hietograma de diseño Tr 10 – Línea de Transmisión	76
Figura 7-22 Hietograma de diseño Tr 15 – Línea de Transmisión	77
Figura 7-23 Hietograma de diseño Tr 25 – Línea de Transmisión	77
Figura 7-24 Hietograma Tr 50 años – Línea de Transmisión	78
Figura 7-25 Hietograma Tr 100 años – Línea de Transmisión	78

Figura 7-26 Ubicación de los sitios de ocupación de cauce en la zona de parque 82	
Figura 7-27 Geometría modelo 2D de la zona del parque – Hec Ras.....	84
Figura 7-28 Sitio de ocupación de cauce OCP1- Drenaje - Parque NN2 (cuerpo lótico).....	85
Figura 7-29 Sitio de ocupación de Cauce OCP2- Drenaje Parque NN2(cuerpo lótico).....	86
Figura 7-30 Sitio de ocupación de cauce OCP3- Drenaje Parque NN2 (cuerpo lótico).....	87
Figura 7-31 Sitio de ocupación de cauce OCP4- Drenaje Parque NN2 (cuerpo lótico).....	88
Figura 7-32 Sitio de ocupación de Cauce OCP5- Drenaje Parque NN2 (cuerpo lótico).....	89
Figura 7-33 Sitio de ocupación de cauce OCP6- Drenaje Parque NN2 (cuerpo lótico).....	90
Figura 7-34 Sitio de ocupación de cauce OCP7- Drenaje Parque NN2 (cuerpo lótico).....	91
Figura 7-35 Sitio de ocupación de cauce OCP8- Drenaje Parque NN2 (cuerpo lótico).....	92
Figura 7-36 Sitio de ocupación de cauce OCP9- Drenaje Parque NN2 (cuerpo lótico).....	93
Figura 7-37 Sitio de ocupación de cauce OCP10- Drenaje Parque NN2 (cuerpo lótico).....	94
Figura 7-38 Mancha de inundación Tr 100 años	95
Figura 7-39 Características y perfil hidráulico obras OC1, OC2 y OC4.....	98
Figura 7-40 Características y perfil hidráulico obras OC5	99
Figura 7-41 Características y perfil hidráulico obras OC3, OC6, OC7, OC8, OC9 y OC10.....	100
Figura 7-42 Implantación planta perfil típico de las alcantarillas	101
Figura 7-43 Detalle cerca – cruce de corrientes de agua.....	101

Figura 7-44 Tipos De Trinchos	102
Figura 7-45 Protección de taludes con enrocado	102
Figura 7-46 Ubicación de los sitios de ocupación de cauce en la línea de evacuación	104
Figura 7-47 Geometría modelo 2D del sector de la línea de transmisión – Hec Ras	105
Figura 7-48 Sitio de ocupación de cauce OCLN 1- Drenaje NN 2 (Cuerpo lótico)	106
Figura 7-49 Sitio de ocupación de cauce OCLN2- Drenaje NN1 (Cuerpo lótico)	107
Figura 7-50 Sitio de ocupación de cauce OCLN 3- Afluente Arroyo El Cojo 2 (Cuerpo Lótico).....	108
Figura 7-51 Sitio de ocupación de cauce OCLN 4- Afluente Arroyo El Cojo 1 (cuerpo lotico).....	109
Figura 7-52 Distribución de inundación Tr 50 años – Línea de transmisión	110
Figura 7-53 Características y perfil hidráulico obras OCLN1 y OCLN2.....	112
Figura 7-54 Características y perfil hidráulico obras OCLN3.....	113
Figura 7-55 Características y perfil hidráulico obras OCLN4.....	114
Figura 7-56 Esquema tipo de implantación alcantarillas Box Culvert – Línea de Transmisión.....	115
Figura 7-57 Localización parcelas de muestreo inventario estadístico	126
Figura 7-58 Esquema representativo para la toma del CAP en árboles bifurcados	127
Figura 7-59 Medición diámetros arboles con defectos	128
Figura 7-60 Esquema para medición alturas.....	128
Figura 7-61 Localización individuos susceptibles a aprovechamiento forestal de censo al 100%.....	132
Figura 7-62 Distribución de alturas de individuos forestales con respecto a la línea entre torres 4 y 5.	135

Figura 7-63 Distribución de alturas de individuos forestales con respecto a la línea entre torres 12 y 13.	136
Figura 7-64 Área de intervención del proyecto (área donde se realizó inventario forestal) en el Parque Solar.....	140
Figura 7-65 Ubicación de los forófitos caracterizados en el área de intervención del proyecto	154
Figura 7-66 Esquema de cortes para apeo con motosierra.	166
Figura 7-67 Ubicación de las canteras autorizadas por la CRA	204

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 7-1 Empresas de suministro de agua potable en carrotanque	14
Tabla 7-2 Tipo de vertimiento según actividad del proyecto	16
Tabla 7-3 Empresas autorizadas para el manejo de aguas residuales domésticas e industriales	19
Tabla 7-4 Localización geográfica de sitios de ocupación de cauce del proyecto	23
Tabla 7-5 Serie de precipitación máxima anual – Estación Puerto Giraldo (PM) ..	29
Tabla 7-6 Valores de Intensidades, duraciones y periodo de retorno	31
Tabla 7-7 Características morfométricas de las cuencas en estudio	34
Tabla 7-8 Valores de número de curva CN	41
Tabla 7-9 Valores de numero de curva CN en función de uso- Parque	42
Tabla 7-10 Numero de curvas por subcuencas en el área del Parque.....	42
Tabla 7-11 Tiempo de concentración de las subcuencas analizadas – Parque	43
Tabla 7-12 Curva de masa de aguaceros para distintos periodos de retorno	45
Tabla 7-13 Datos de entrada al modelo Hec-Hms - Parque.....	51
Tabla 7-14 Caudales Tr 100 años - Parque	51
Tabla 7-15 Caudales Tr 50 años - Parque	51
Tabla 7-16 Caudales Tr 10 años - Parque	51
Tabla 7-17 Datos estación Datos estación Ponedera complementados	55
Tabla 7-18 Áreas de influencias de las estaciones – zona Línea de Transmisión	56
Tabla 7-19 Serie de precipitaciones máximas – área Línea de Transmisión	57
Tabla 7-20 Valores de intensidad duración frecuencia – área línea de Transmisión	59
Tabla 7-21 Características morfométricas de las cuencas – Línea de Transmisión	62
Tabla 7-22 Valores CN en función del tipo de cobertura y condición hidrológica en zona de la Línea de Transmisión	68

Tabla 7-23 Valores de número de curva para el tipo de suelo identificado en la zona de la línea de Transmisión.....	70
Tabla 7-24 Numero de curva CN en las cuencas de la zona de la Línea de Transmisión.....	70
Tabla 7-25 Tiempos de concentración cuencas en zona de la Línea de Transmisión.....	71
Tabla 7-26 Curva de masas de aguacero para distintos periodos de retorno Línea de Transmisión.....	73
Tabla 7-27 Datos de entrada al modelo Hec-Hms – Línea de Transmisión	79
Tabla 7-28 Caudales Tr 100 años – Línea de Transmisión.....	80
Tabla 7-29 Caudales Tr 50 años – Línea de Transmisión.....	80
Tabla 7-30 Caudales Tr 10 años – Línea de Transmisión.....	80
Tabla 7-31 Caudales de diseño sitios de ocupación de cauce – Zona del Parque	96
Tabla 7-32 Características hidráulicas de los sitios de ocupación de cauce a solicitar – Zona Parque	97
Tabla 7-33 Caudales de diseño en sitios de ocupación de cauce – Zona Línea de Transmisión.....	111
Tabla 7-34 Características hidráulicas de los sitios de ocupación de cauce a solicitar – Zona Línea de Transmisión.....	111
Tabla 7-35 Técnicas empleadas para el cálculo del volumen de aprovechamiento	122
Tabla 7-36 Parámetros estadísticos.....	124
Tabla 7-37 Número de parcelas por unidad de cobertura para el inventario estadístico	126
Tabla 7-38 Ecosistemas naturales, seminaturales y antrópicos con muestreo estadístico en parque solar	129
Tabla 7-39 Cálculo del error del muestreo en ecosistemas naturales y seminaturales.....	131
Tabla 7-40 Ecosistemas con censo al 100% en el área del parque solar	132

Tabla 7-41 Coberturas con censo al 100% en la servidumbre de la Línea de evacuación.....	133
Tabla 7-42 Discriminación del área de aprovechamiento forestal.....	137
Tabla 7-43 Discriminación del área de intervención del proyecto	138
Tabla 7-44 Discriminación del área de aprovechamiento forestal en la línea de evacuación	139
Tabla 7-45 Volumen de aprovechamiento forestal solicitado	141
Tabla 7-46 Volumen de aprovechamiento forestal calculado para el área de intervención del Parque por muestreo estadístico.....	142
Tabla 7-47 Volumen de aprovechamiento por muestreo estadístico para el área de intervención del Parque solar por tipo de infraestructura	143
Tabla 7-48 Volumen de aprovechamiento forestal calculado por censo forestal al 100% para el área de intervención del parque solar	144
Tabla 7-49 Volumen de aprovechamiento forestal calculado por censo forestal al 100% para el área de intervención del parque solar y su infraestructura asociada	144
Tabla 7-50 Volumen de aprovechamiento forestal al 100% por cobertura para el área de intervención de la línea de evacuación	145
Tabla 7-51 Volumen de aprovechamiento forestal al 100% por tipo de infraestructura para el área de intervención de la línea de evacuación.....	146
Tabla 7-52 Volumen de aprovechamiento forestal solicitado	147
Tabla 7-53 Volumen total de aprovechamiento por cobertura.....	147
Tabla 7-54 Volumen total de aprovechamiento por especie para el censo al 100%	148
Tabla 7-55 Volumen de aprovechamiento aproximado por especie para árboles levantados en inventario forestal estadístico.....	150
Tabla 7-56 Listado de especies de tipo vascular registradas en el área de intervención del proyecto de acuerdo con el sustrato de crecimiento	155

Tabla 7-57 Listado de especies de tipo no vasculares registradas en el área de intervención del proyecto de acuerdo con el sustrato de crecimiento	156
Tabla 7-58 Perfil profesionales.....	192
Tabla 7-59 Volumen De Agregados Para Adecuación Y Construcción.....	196
Tabla 7-60 Volumen De Concreto Para Cimentación De Estructuras	196
Tabla 7-61 Estimación consumo de agua	197
Tabla 7-62 Canteras autorizadas por la CRA.....	198

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

A continuación, se describe lo concerniente a los recursos naturales que demandará el PARQUE SOLAR FOTOVOLTAICO GUAYEPO III 200 MW y SU LÍNEA DE EVACUACIÓN 500 kV, y que serán utilizados, aprovechados o afectados por el proyecto en las fases de construcción y operación. Los Formularios Únicos Nacionales FUN, se presentan en el Anexo 7.1. Ocupaciones de cauce y Anexo 7.2. Aprovechamiento Forestal. A su vez, para la elaboración del presente capítulo se tuvo en cuenta los términos de referencia TdR-015, para la elaboración de Estudio de Impacto Ambiental en proyectos de uso de energía solar fotovoltaica y los términos de referencia TdR-17 para la elaboración de estudio de impacto ambiental en proyectos de transmisión de energía eléctrica, la metodología ambiental general de estudios de impacto ambiental 2018 y los FUN, formato Único Nacional de solicitud de aprovechamiento forestal (ley 2811 de 1974 y decreto 1791 de 1996) y formato único nacional de solicitud de ocupación de cauce y lechos (Ley 99 de 1993, ley 2811 de 1974 y Decreto 1541 de 1978 del sistema de información nacional ambiental).

7.1 AGUAS SUPERFICIALES

7.1.1 Captación de aguas superficiales

El proyecto PARQUE SOLAR FOTOVOLTAICO GUAYEPO III 200 MW Y SU LÍNEA DE EVACUACIÓN 500 kV, no requiere de captación de aguas superficiales, ya que el agua para construcción y operación se adquirirá en carrotanques por medio de proveedores o empresas contratistas que cuenten con los permisos necesarios para realizar esta actividad. En los frentes de trabajo, se proveerá de agua potable envasada para consumo del personal contratista y a cargo de las actividades de construcción y operación del proyecto. En la ficha de

manejo ambiental referente al manejo del recurso hídrico y residuos líquidos se encuentra en el capítulo 10. 1 PLAN DE MANEJO AMBIENTAL (GIII-PMA-AB-04). En la Tabla 7-1 se muestran algunos proveedores de empresas que suministran agua en carrotanque. La información de dichas empresas fue obtenida por medio de una búsqueda por parte del equipo INGENOSTRUM Colombia. En el capítulo 3. se describen con mayor detalle los requerimientos de agua del proyecto para cada etapa (Constructiva, operativa y post operativa).

Tabla 7-1 Empresas de suministro de agua potable en carrotanque

Nombre	Nit	Municipio	Dirección	Teléfonos
Transkasan	901160563-9	Galapa	Calle 5 #27a-28	321 3090863 – 321 3498410
James Galvis	72335450-1	Barranquilla	Carrera 13D #44-75	310 7404523

Ingenostrum Colombia S.A.S., 2021

7.2 AGUAS SUBTERRANEAS

7.2.1 Captación de aguas subterráneas

El proyecto PARQUE SOLAR FOTOVOLTAICO GUAYEPO III 200 MW Y SU LÍNEA DE EVACUACIÓN 500KV no requiere de captación de aguas subterráneas, ya que el agua requerida para las actividades de construcción y operación será abastecida por terceros con los permisos necesarios en la Tabla 7-1, se relacionan las empresas de suministro de agua consultadas en la región.

7.3 VERTIMIENTOS

El proyecto PARQUE SOLAR FOTOVOLTAICO GUAYEPO III 200 MW Y SU LÍNEA DE EVACUACIÓN 500 kV, no requiere permiso de vertimientos puesto que las actividades no generan aguas residuales de tipo industrial, solo existirán aguas residuales asociadas a desechos domésticos por el uso de unidades sanitarias, y las cuales serán manejados por un tercero licenciado a través de la utilización de baños portátiles, localizados en sitios estratégicos dentro de la servidumbre, dentro del área del parque y frentes de obra para la etapa constructiva y operativa.

Para el tanque de almacenamiento de aguas residuales se estima una dotación según el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS - 2000 de 50 litros diarios por persona correspondiente a una oficina, el tanque aproximadamente deberá tener una capacidad para 33 metros cúbicos y su mantenimiento se deberá hacer mensual. A su vez, es importante mencionar que por cada 15 trabajadores se contará con una unidad sanitaria portátil y estará diferenciada por género y dichas unidades tendrán un mantenimiento periódico. Por otro lado, en la Tabla 7-2 se presenta el tipo de vertimiento que se generará por cada una de las actividades que constituyen las fases del proyecto.

Tabla 7-2 Tipo de vertimiento según actividad del proyecto

FASE		SUBACTIVIDAD	TIPO DE VERTIMIENTO
PREOPERATIVA, GESTIÓN Y PREPARACIÓN - GESTIÓN SOCIAL Y DE TIERRAS		Socialización del proyecto con autoridades y comunidades.	N/A
		Negociación de tierras, predios y servidumbres.	
		Adquisición de bienes y servicios.	
		Gestión humana	
FASE CONSTRUCTIVA	ACTIVIDADES TRANSVERSALES FASE CONSTRUCTIVA	Señalización y demarcación del área de trabajo	Vertimiento domestico manejado a través de baños portátiles de acuerdo con la ficha de manejo GIII-PMA-AB-04 (Manejo del recurso hídrico y residuos líquidos). Este vertimiento se genera por parte de los trabajadores que intervienen en las labores constructivas y se adecuara según los frentes de obra correspondientes
		Localización y Replanteo de construcción	
		Adecuación y funcionamiento de sitios de acopio y de uso temporal	
		Adecuación de vías de acceso	
		Remoción de la cobertura vegetal, descapote y aprovechamiento forestal.	
		Desmantelamiento de instalaciones temporales.	
		Transporte de los recursos para la construcción, de residuos y excedentes de excavación a sitios de acopio o de disposición final.	
		Construcción Zona de Manejo de Escombros y Material de Excavación - ZODME	
	Pruebas del sistema		
	FASE CONSTRUCTIVA PARQUE SOLAR FOTOVOLTAICO GUAYEPO III -200MW.	Explanación, movimiento de tierra y nivelación del terreno	
		Adecuación y construcción de obras de drenaje del parque y de la ZODME	
		Construcción carriles de cambio de velocidad	
		Conformación de corredores internos y perimetral.	
		Construcción del cerramiento perimetral	
		Apertura de zanjas e instalación de cableado de media tensión.	
		Construcción Edificio de Administración y operación	
		Instalación de estructuras de soporte y seguidores	
		Montaje de paneles	
		Montaje de los centros de transformación	
	Conexionado		
	Reconformación de áreas intervenidas en el Parque y la ZODME		
	FASE CONSTRUCTIVA SUBESTACIÓN ELEVADORA SANTA RITA	Excavaciones estructurales	
		Adecuación y construcción de obras de Drenaje	
		Rellenos estructurales	
		Fundaciones Para Pórticos Y Soporte De Equipos	
		Estructuras metálicas	
		Pavimentos, sardineles y acabado de patio	
		Caseta de control	
	Instalaciones eléctricas		
	FASE CONSTRUCTIVA DE LA LÍNEA DE EVACUACIÓN	Despeje de servidumbre y plazas de tendido	
		Adecuación de los sitios de torres	
		Actividades de explanación y excavación en sitios de torre	

FASE		SUBACTIVIDAD	TIPO DE VERTIMIENTO
	FASE CONSTRUCTIVA DE LA LÍNEA DE EVACUACIÓN	Cimentación torres	
		Montaje de torres: ensamblaje y levantamiento	
		Instalación de puesta a tierra	
		Tendido e instalación de conductores, aisladores, cables y fibra óptica	
FASE OPERATIVA	ACTIVIDADES TRANSVERSALES FASE OPERATIVA	Manejo y disposición final de residuos líquidos y sólidos	Vertimiento domestico manejado a través de baños portátiles de acuerdo con la ficha de manejo GIII-PMA-AB-04 (Manejo del recurso hídrico y residuos líquidos). Este vertimiento se genera por parte de los trabajadores permanentes en la fase de operación.
	FASE OPERATIVA PARQUE SOLAR FOTOVOLTAICO GUAYEPO	Puesta en marcha y operación Parque Solar Fotovoltaico (Generación de energía)	
		Mantenimiento electromecánico	
		Limpieza y mantenimientos de estructuras y paneles	
		Mantenimiento del parque, (limpieza y poda)	
	FASE OPERATIVA SUBESTACION	Puesta en marcha y operación Subestación	
		Mantenimiento electromecánico	
	FASE OPERATIVA DE LA LÍNEA DE EVACUACIÓN	Puesta en marcha y operación de la línea de Evacuación (Transporte de energía)	
		Mantenimiento electromecánico	
		Control de estabilidad de sitios de torre	
		Mantenimiento zona de servidumbre	
	FASE POSTOPERATIVA	ACTIVIDADES TRANSVERSALES FASE POSTOPERATIVA	
Reconformación de las áreas intervenidas			
Manejo y Disposición Final de Residuos líquidos y sólidos			
FASE POSTOPERATIVA PARQUE SOLAR FOTOVOLTAICO GUAYEPO Y SUBESTACION ELEVADORA EL UVERO		Desmantelamiento y demolición de obras y estructuras	
		Desmonte y retiro de los paneles y estructuras de soporte de los módulos	
		Desmonte de las cabinas de conversión	
		Apertura de zanjas para el retiro del cableado de media tensión	
		Desmantelamiento Subestación elevadora El Uvero	
FASE POSTOPERATIVA DE LA LÍNEA DE EVACUACIÓN		Desconexión de líneas de Evacuación y equipos.	
		Desmantelamiento de los conductores y Torres	
		Retiro de obras civiles	

Ingenostrum Colombia S.A.S., 2021

Así mismo, para el manejo de las aguas lluvias en el Parque Solar Fotovoltaico Guayepo III 200 MW y su línea de evacuación 500 kV, se plantea durante las actividades de nivelación conservar la pendiente del terreno en la mayor parte del área, la pendiente promedio es de 2 a 3%. Adicional a la evacuación que permite la pendiente natural del terreno se conformará una red de cunetas laterales en los corredores de mantenimiento que ayuden a canalizar los flujos de agua y los

lleven a los cauces existentes, evitando de esta forma los daños prematuros por estancamientos de agua. El sistema de drenaje de agua lluvia, se realizará mediante un sistema de drenaje que se ha dimensionado a nivel conceptual teniendo en cuenta el estudio hidrológico basado en eventos de lluvia, en el capítulo 3, Numeral **3.2.4.9.4. Infraestructura de drenaje**, se puede consultar el detalle de esta infraestructura. En el capítulo 3. Descripción del proyecto en el numeral 3.2.7 Residuos Peligrosos y no peligrosos se describe con mayor detalle el manejo de residuos líquidos peligrosos y no peligrosos. Así mismo, en la ficha de manejo GIII-PMA-AB-04 Manejo del recurso hídrico y residuos líquidos, se encuentra la información más a detalle el manejo de los residuos líquidos que se generan en el proyecto.

7.3.1 Proveedores autorizados

La empresa consultada para la prestación del servicio de baños portátiles en la región es “*SolMed, Soluciones Medioambientales*”, y la información más detallada de la empresa con su respectiva certificación se encuentra en el Anexo 7. Uso y aprovechamiento de recurso/ 7.3 Manejo de aguas industriales/ domesticas.

Así mismo, las empresas especializadas en la recolección, transporte y tratamiento de aguas residuales domésticas e industriales, provenientes de unidades sanitarias portátiles se presentan en la Tabla 7-3.

Tabla 7-3 Empresas autorizadas para el manejo de aguas residuales domésticas e industriales

Empresa	Representante Legal	Teléfono	Dirección
ASICOL S.A.S	Juan José Ayerbe	3183588832	Carrera 11 # 35-22, Barranquilla
ECOBANO S.A.S	Inés Elvira Brigard Rivas	3755099	Calle 30 #26-12 Bodega 7, Soledad
MAKEN S.A.S	Arturo Garay	3852955	Av circunvalar # 10-427 Bodega 33 Parque Industrial Europark
MAPREINCO LTDA	Esperanza del Giudice	3688998	Calle 73 # 39-68 Barranquilla
SANIPUBLIC S.A.S	John Palacio de Kom	7282887	Calle 22 A #1-129, Riohacha
SEPPSA FUMIESPECIAL S.A.S	Roberto Pérez	3600856	Calle 69 # 46-39, Barranquilla
SEPTICLEAN S.A.S E.S. P	Sandra Gómez	3103099106	Calle 77B #57-141 oficina 907, Barranquilla
SERVICIOS ESPECIALES SMIT	Frank Smith	3135458370	Calle 85 #82-261, L1, Barranquilla

Ingenostrum Colombia S.A.S., 2021

7.4 OCUPACIONES DE CAUCES

En el presente numeral, se describen los análisis efectuados para la definición de las ocupaciones de cauce tanto de la línea de transmisión eléctrica como del parque solar, con el fin de atender lo solicitado en los términos de referencia correspondientes (Términos de referencia para la Elaboración del estudio de Impacto Ambiental – EIA en proyectos de uso de energía solar fotovoltaica Tdr-015 y Términos De Referencia para la elaboración del estudio de impacto ambiental – EIA Proyectos De Sistemas De Transmisión De Energía Eléctrica Tdr-17).

Las ocupaciones se han definido de acuerdo con la interferencia que causaría el proyecto, en sus diferentes fases, con la hidrografía del área de interés. Por lo anterior, en los siguientes numerales se describe el proceso de obtención de los caudales característicos del área, la ubicación de las ocupaciones, obtención de las secciones topobatimétricas, el tránsito hidráulico del caudal seleccionado para el dimensionamiento de las obras y la descripción de la obra de ocupación.

Con base en la información de campo, se procedió a ubicar los sitios de posible ocupación. Para la definición de ocupación o no, se plantearon 3 criterios técnicos,

estos se basaron en el tipo de cobertura, las condiciones hidrológicas/hidráulica y las implicaciones para la construcción de la infraestructura del proyecto.

Con respecto a la cobertura, se tomó como base la información de cobertura de la zona, y se priorizó aquella que fuese clasificada como bosque ripario o que mostrase un ecosistema asociado que sugiriese la presencia frecuente de agua. Ver Capítulo 5.2 Caracterización Medio Biótico/ 5.2.1.1.1.3 Coberturas de la tierra.

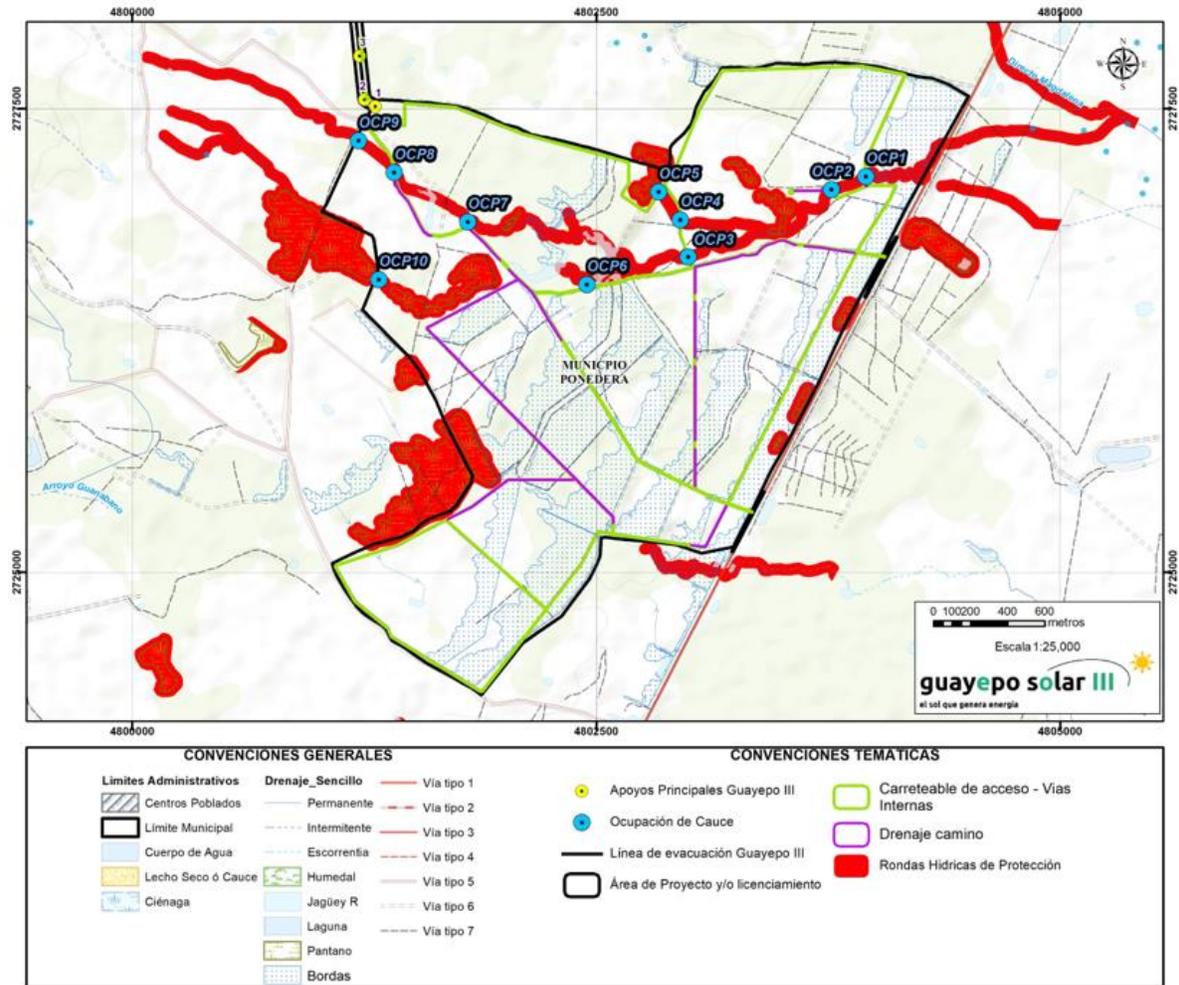
Con base en las fotografías suministradas de la visita de campo el 15 de mayo de 2021, se determinó si la posible ocupación estaba situada sobre un cauce definido, es decir, uno donde se diferencia tanto bancas y lecho del resto de la topografía, puesto que hay puntos en donde se observa que la topografía no corresponde a una geoforma derivada de la presencia frecuente de flujo, sino de un área de drenaje por donde se evacua el agua de exceso proveniente de un evento de precipitación.

Finalmente, para definir el número de ocupaciones se tomó en cuenta la infraestructura asociada al proyecto para determinar cuáles de las intersecciones hidrografía-infraestructura, era necesario ocupar.

7.4.1 Ubicación de los sitios de ocupación

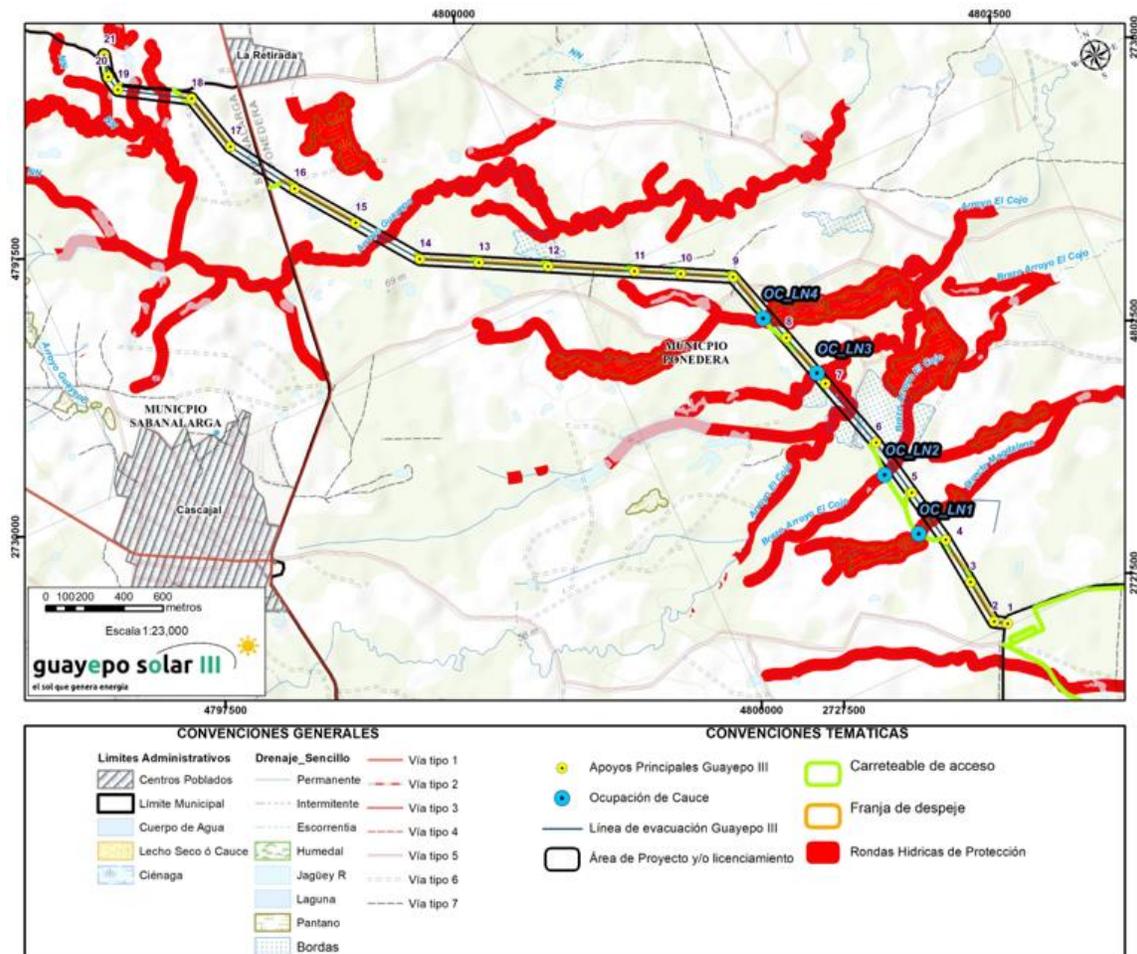
La definición de los sitios de cauce se realizó identificando las intersecciones de la infraestructura del parque y la línea con los cuerpos de agua existente en la zona de proyecto identificados en el numeral 5.1 del estudio, y aplicando los criterios anteriormente indicados. En la Figura 7-1 se muestra la ubicación general de los sitios de ocupación de la zona del parque, en la Figura 7-2 los sitios de ocupación de la línea de evacuación y en la Tabla 7-4 se presentan las coordenadas de las ocupaciones de cauce tanto del parque como de la línea de evacuación.

Figura 7-1 Localización general sitios de ocupación de cauce – Área de Parque



Ingenostrum Colombia S.A.S., 2021

Figura 7-2 Localización general sitios de ocupación de cauce – Línea de Transmisión



Ingenostrum Colombia S.A.S., 2021

A continuación, en la Tabla 7-4 se presentan los sitios de ocupación de cauce, identificados y solicitados dentro del objetivo de uso y aprovechamiento de este capítulo. El detalle de los sitios se puede evidenciar en la geodatabase correspondiente / dataset hidrología y de la misma manera el área correspondiente se incluye en el dataset InfraproyectoPG, donde se muestra que para la zona de parque se incluye de instalación de la infraestructura de la ocupación de cauce. Para la línea de evacuación se toma la misma franja de

despeje¹ y 5 metros a cada lado de la ocupación de cauce para formar un área específica de instalación de infraestructura. Así mismo, se incluyen en la zona de parque las ocupaciones OCP7 y OCP6 teniendo en cuenta que se generan obras y movimiento de tierras dentro de la ronda de protección del arroyo, pero sin intervenir o cruzar el cauce.

Las coordenadas de los vértices del área de cada ocupación en formato Excel y shapefile se encuentran en el Anexo 7. Uso y aprovechamiento de recursos / 4. CoordenadasAreasOcupación.

Tabla 7-4 Localización geográfica de sitios de ocupación de cauce del proyecto

(ID)	COORDENADAS CTM-12		Tipo de Ocupación
	E	N	
SITIOS EN ÁREA DEL PARQUE			
OCP1	4803954,22	2727133,60	Cerramiento + vial + zanja + cuneta
OCP2	4803768,70	2727063,44	Vial + Cuneta
OCP3	4802996,64	2726699,67	Zanja + vial + Cuneta
OCP4	4802952,79	2726900,20	Zanja + vial + Cuneta
OCP5	4802837,91	2727051,02	Cerramiento + vial + zanja + cuenta
OCP6 ²	4802449,33	2726551,06	Vial, cuneta y zanja. Ocupación en la ronda de protección de 30 metros de arroyo
OCP7	4801808,24	2726889,65	Vial, cuneta y zanja. Ocupación en la ronda de protección de 30 metros de arroyo
OCP8	4801411,83	2727155,58	Zanja + vial+ Cuneta
OCP9	4801218,90	2727326,83	Cerramiento
OCP10	4801328,34	2726577,96	Cerramiento
SITIOS EN LA LÍNEA DE EVACUACIÓN			
OCLN1	4801087,44	2728117,24	Vial
OCLN2	4801052,98	2728466,47	Vial
OCLN3	4800953,62	2729083,52	Vial
OCLN4	4800818,32	2729453.97	Vial

Ingenostrum Colombia S.A.S., 2022

¹ Franja de despeje estudiada en el numeral 7.5.2.1.1.1.3 Censo forestal 100% y capítulo 3 numeral 3.2.4.9.1.5 Franja de despeje para tendido

² Se refiere a la ocupación de cauce que solo interviene la ronda de protección sin ingresar al cauce.

7.4.2 Análisis de caudales - parque

Tomando en cuenta que los cauces existentes en la zona del proyecto no se encuentran monitoreados por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia (IDEAM), la estimación de caudales máximos se realizará a través de metodología indirecta, como lo es un modelo lluvia – escorrentía.

En la zona de estudio no se cuenta con estaciones pluviográficas que permitan tener registros continuos de aguaceros, por lo que, una vez analizados los datos y estudiada la ubicación de las estaciones, se ha optado por utilizar en el presente estudio la estación de Puerto Giraldo (PM), ya que prácticamente la totalidad del área de estudio está en la zona de influencia de esta estación.

Por lo anterior, los aguaceros de diseño se obtuvieron mediante la metodología de los Bloques Alternos, que toma como base las curvas de intensidad duración frecuencia.

7.4.2.1 Dinámica Fluvial

Por otro lado, el área del proyecto del parque Solar Guayepo III 200 MW y su línea de evacuación de 500 kV, están marcadas diferencialmente en su patrón de drenaje, mientras el área de parque se proyecta emplazar en una zona donde se encuentran bordas de origen antrópico y arroyos intermitentes (Ver Figura 7-3), la línea de evacuación los cuerpos de agua existente son intermitentes y permanentes (Ver Figura 7-4).

Figura 7-3 Drenajes área de Parque

	
<p>Borda -Tape sobre drenaje NN2: (Origen de Proyección Cartográfica CTM-12) E 4.802.640 N 2.726.772</p>	<p>Cauce intermitente drenaje NN2: (Origen de Proyección Cartográfica CTM-12) E: 4.802.951,831 N:2.726.902,704</p>

Figura 7-4 Drenajes en sector de línea de evacuación

	
<p>Cauce permanente Arroyo Guayepo: (Origen de Proyección Cartográfica CTM-12) E:4.799.206,381 N:2.730.643,390</p>	<p>Cauce intermitente - Borda (Directos al Magdalena) (Origen de Proyección Cartográfica CTM-12) E: 4.801.176,57 N:2.728.175,43</p>

La fluviomorfología estudia las formas fluviales y el mecanismo mediante el cual el río ha llegado a ella, así se puede inferir el comportamiento futuro del río; las formas que puede adoptar pueden originarse o ser una consecuencia de determinadas acciones internas propias del río o externas, principalmente de la intervención antrópica, o una combinación de las dos. En general, los cuerpos del agua existentes en el área del proyecto se caracterizan por ser de baja sinuosidad y tramos rectos, lo que refleja la estabilidad de su dinámica, como se pudo evidenciar con las imágenes satelitales analizadas para el periodo de registro (1969 – 2021) presentadas en el capítulo 5.1 Caracterización del medio abiótico en el numeral 5.1.4.6 Dinámica Fluvial.

7.4.2.2 Análisis de Sedimentos en el área del proyecto

En cuanto a los sedimentos en la zona del proyecto, se caracterizan por ser depósitos fluviolacustres asociados al río Magdalena, Canal del Dique y ciénaga del Guájaro. Están constituidos principalmente por materiales finos tipo arcilla o limo, producto de las fluctuaciones de temporadas secas y lluviosas, que influyen en el aporte de sedimentos a estas zonas de inundación.

En cuanto al área del parque se observa que la creación de las bordas como obras de almacenamiento de agua, han causado un impacto positivo en el fenómeno sedimentológico del área, ya que por la misma dinámica de las actividades de ganadería este contribuye en cierta medida al crecimiento de la vegetación.

Para el área de la línea de evacuación, la dinámica estacional de periodos secos y húmedos genera un proceso erosivo que, aunque se evidencia que son menores, producen la generación de sedimentos. Para mayor detalle de la geomorfología ver capítulo 5.1 Caracterización medio abiótico en el numeral 5.1.2 Geomorfología.

Las cuencas en general cuentan con una gran cobertura vegetal en gran parte del año, lo que hace que el proceso de denudación de estas aportando al proceso de generación sea de baja competencia.

En síntesis, no fue necesario generar una campaña de análisis sedimentológico de campo teniendo en cuenta las características descritas y que los tipos de obra propuestos de ocupación de cauce no representan un cambio drástico en el cambio de la morfología de los arroyos. De la misma manera y cómo se explicó en el capítulo 5.1 numerales 5.1.4.2 Identificación de sistemas lenticos y lóticos y 5.1.4.6 Dinámica Fluvial actualmente los arroyos son intermitentes y la mayor parte del año permanecen secos, lo cual indica que el aporte de sedimentos es mínimo teniendo en cuenta el los caudales promedio calculados.

7.4.2.3 Curvas de intensidad duración frecuencia

Al no disponer de datos de caudales en las cuencas objeto del estudio se ha optado por utilizar para el cálculo del caudal un modelo lluvia-escorrentía.

De esta manera, a través de datos históricos de lluvias en la estación meteorológica de Puerto Giraldo, se calculará el caudal máximo instantáneo de escorrentía superficial sobre la cuenca.

La ausencia de datos pluviográficos hace que no se pueda disponer de las lluvias de duración inferior al día, por lo tanto, se han tenido que construir las curvas Intensidad-Duración-Frecuencia a partir de las precipitaciones máximas diarias disponibles.

No obstante, existen diferentes trabajos en los que se estudian las curvas IDF de diversas estaciones pluviográficas de Colombia.

Uno de estos trabajos es “VARGAS M.R., DÍAZ-GRANADOS O.M., Universidad de los Andes, “Curvas Sintéticas Regionalizadas de Intensidad-Duración-Frecuencia para Colombia”, Santafé de Bogotá, 1998”.

Otro trabajo es “Curvas IDF, Hietogramas de diseño de obras de infraestructuras e impacto económico del periodo de retorno. Eduard Alexander Cadavid Cartagena. Universidad de Los Andes. Santafé de Bogotá, 2007”

Es a través de los datos y recomendaciones contenidos en estos estudios, y de las precipitaciones de la estación meteorológica de Puerto Giraldo, como se han construido las curvas IDF para las cuencas del área de estudio.

Los datos de precipitación máxima diaria se presentan en un registro mensual, en el que se indica el valor máximo que ocurrió en cada mes del año, en la Figura 7-5 se presentan los valores de precipitación máximas de la estación puerto Giraldo.

Estos datos así obtenidos formarán una serie estadística anual de máximos.

Tabla 7-5 Serie de precipitación máxima anual – Estación Puerto Giraldo (PM)

Nº	Año	Mes Max. Precip.	Precipitación (mm)	
			x_i	$(x_i - \bar{x})^2$
1	1978	OCTUBRE	95.00	51.99
2	1979	OCTUBRE	160.00	5214.36
3	1980	JUNIO	94.00	38.57
4	1981	FEBRERO	87.00	0.62
5	1982	OCTUBRE	109.00	449.89
6	1983	OCTUBRE	83.00	22.94
7	1984	NOVIEMBRE	171.00	6923.99
8	1985	ABRIL	62.00	665.10
9	1986	ABRIL	103.00	231.36
10	1987	OCTUBRE	73.00	218.73
11	1990	AGOSTO	80.00	60.68
12	1991	AGOSTO	72.00	249.31
13	1992	AGOSTO	85.00	7.78
14	1993	MAYO	94.00	38.57
15	1994	AGOSTO	57.00	947.99
16	1995	OCTUBRE	107.00	369.04
17	1996	JUNIO	100.00	149.10
18	1997	DICIEMBRE	135.00	2228.83
19	1998	AGOSTO	160.00	5214.36
20	1999	JULIO	61.00	717.68
21	2000	MAYO	90.00	4.89
22	2001	ABRIL	81.00	46.10
23	2002	ABRIL	70.00	316.47
24	2003	OCTUBRE	100.00	149.10
25	2004	OCTUBRE	60.00	772.25
26	2005	MAYO	80.00	60.68
27	2006	NOVIEMBRE	72.00	249.31
28	2007	OCTUBRE	60.00	772.25
29	2008	MAYO	84.00	14.36
30	2009	OCTUBRE	105.00	296.20
31	2010	OCTUBRE	90.00	4.89
32	2011	JUNIO	93.00	27.15
33	2012	JUNIO	44.00	1917.52
34	2013	MAYO	59.00	828.83
35	2014	NOVIEMBRE	75.00	163.57
36	2015	JUNIO	30.00	3339.62
37	2016	NOVIEMBRE	85.00	7.78
38	2017	MAYO	70.00	316.47
38		Suma	3336.0	33088.3

Ingenostrum Colombia S.A.S., 2021

Para la representación matemática de las curvas IDF se ha utilizado la fórmula de Merrill Bernard, que tiene la siguiente expresión:

$$i = \frac{K \times T^m}{D^n}$$

Siendo:

i: intensidad, en mm/hora

T: Periodo de retorno en años

D: Duración de la lluvia en minutos

K,m,n: parámetros de ajuste.

Para resolverlo y calcular los parámetros de ajuste se han tomado logaritmos quedando la expresión:

$$\log \log i = \log K + m \times \log T - n \times \log D$$

Esta igualdad se puede expresar como:

$$Y = b_0 + b_1 X_1 - b_2 X_2$$

En esta expresión en que la variable dependiente está relacionada con varias variables a la vez y no depende significativamente de una sola, se ha resuelto como una regresión lineal múltiple.

De ahí se han obtenido los siguientes parámetros

K	178.7910435
m	0.184124567
n	0.526826849

Por lo tanto, con estos parámetros la ecuación válida para la cuenca de estudio sería

$$i = \frac{178,7910435 \times T^{0.18412457}}{D^{0.52682685}}$$

En la Figura 7-6 se presentan los valores de Intensidades, duraciones y periodo de retorno estimados.

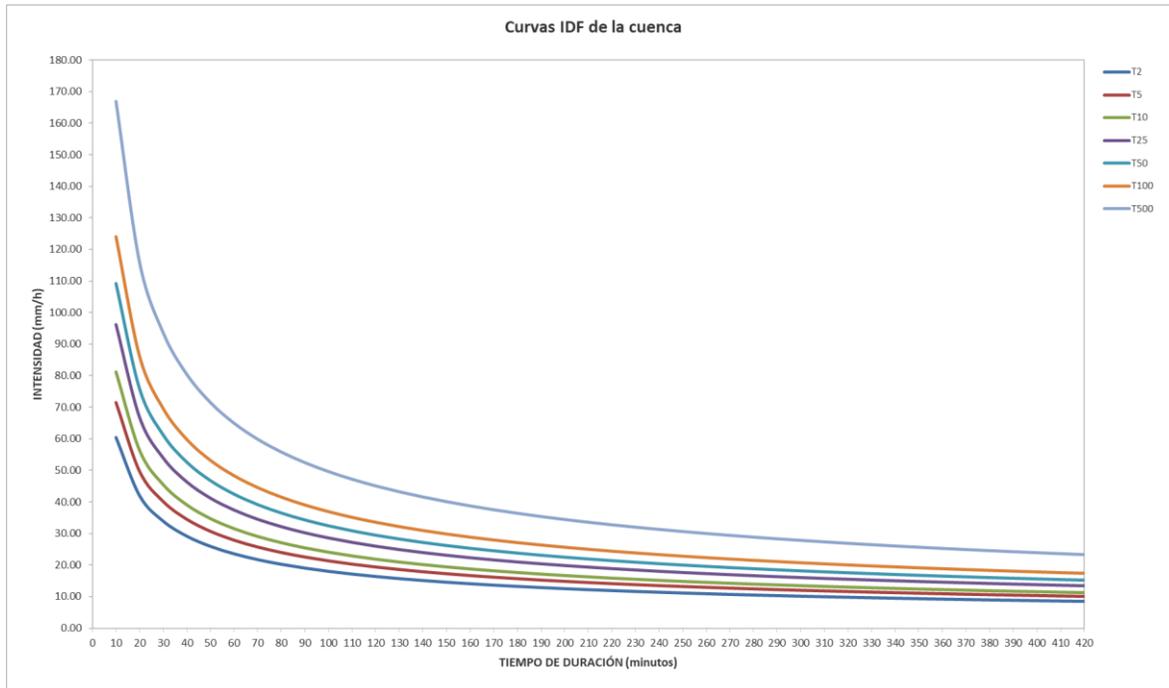
Tabla 7-6 Valores de Intensidades, duraciones y periodo de retorno

Tabla de intensidades - Tiempo de duración												
Frecuencia años	Duración en minutos											
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
2	80.39	41.91	33.85	29.09	25.86	23.50	21.66	20.19	18.98	17.95	17.07	16.31
5	71.49	49.62	40.07	34.44	30.62	27.81	25.64	23.90	22.46	21.25	20.21	19.31
10	81.22	56.37	45.53	39.13	34.79	31.60	29.14	27.16	25.52	24.14	22.96	21.93
25	96.14	66.73	53.90	46.32	41.18	37.41	34.49	32.15	30.21	28.58	27.18	25.96
50	109.23	75.81	61.23	52.62	46.78	42.50	39.19	36.52	34.33	32.47	30.88	29.50
100	124.10	86.13	69.57	59.78	53.15	48.29	44.52	41.50	39.00	36.89	35.09	33.51
500	166.90	115.84	93.56	80.41	71.49	64.94	59.87	55.81	52.45	49.62	47.19	45.07
	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240
2	15.63	15.04	14.50	14.01	13.57	13.17	12.80	12.46	12.14	11.85	11.58	11.32
5	18.51	17.80	17.16	16.59	16.07	15.59	15.15	14.75	14.38	14.03	13.70	13.40
10	21.03	20.22	19.50	18.85	18.26	17.71	17.22	16.76	16.33	15.94	15.57	15.22
25	24.89	23.94	23.08	22.31	21.61	20.97	20.38	19.84	19.33	18.87	18.43	18.02
50	28.28	27.20	26.23	25.35	24.55	23.82	23.16	22.54	21.97	21.43	20.94	20.47
100	32.13	30.90	29.80	28.80	27.90	27.07	26.31	25.61	24.96	24.35	23.79	23.26
500	43.21	41.56	40.07	38.73	37.52	36.40	35.38	34.44	33.56	32.75	31.99	31.28
	250	260	270	280	290	300	310	320	330	340	350	360
2	11.08	10.85	10.64	10.44	10.25	10.06	9.89	9.73	9.57	9.42	9.28	9.14
5	13.11	12.85	12.59	12.35	12.13	11.91	11.71	11.51	11.33	11.15	10.98	10.82
10	14.90	14.59	14.31	14.04	13.78	13.53	13.30	13.08	12.87	12.67	12.48	12.30
25	17.64	17.28	16.94	16.62	16.31	16.02	15.75	15.49	15.24	15.00	14.77	14.55
50	20.04	19.63	19.24	18.88	18.53	18.20	17.89	17.59	17.31	17.04	16.78	16.54
100	22.77	22.30	21.86	21.45	21.05	20.68	20.33	19.99	19.67	19.36	19.07	18.79
500	30.62	29.99	29.40	28.84	28.32	27.81	27.34	26.89	26.45	26.04	25.65	25.27
	370	380	390	400	410	420						
2	9.01	8.89	8.76	8.65	8.54	8.43						
5	10.67	10.52	10.38	10.24	10.11	9.98						
10	12.12	11.95	11.79	11.63	11.48	11.34						
25	14.35	14.15	13.95	13.77	13.59	13.42						
50	16.30	16.07	15.85	15.64	15.44	15.25						
100	18.52	18.26	18.01	17.77	17.54	17.32						
500	24.91	24.56	24.22	23.90	23.59	23.30						

Ingenostrum Colombia S.A.S., 2021

A partir de los valores de la Tabla 7-6 se construyeron las curvas de intensidad duración frecuencia para la zona de estudio, como se muestran en la Figura 7-5.

Figura 7-5 Curvas IDF – zona del Parque



Ingenostrum Colombia S.A.S., 2021

7.4.2.4 Geomorfología de las cuencas de interés - Parque

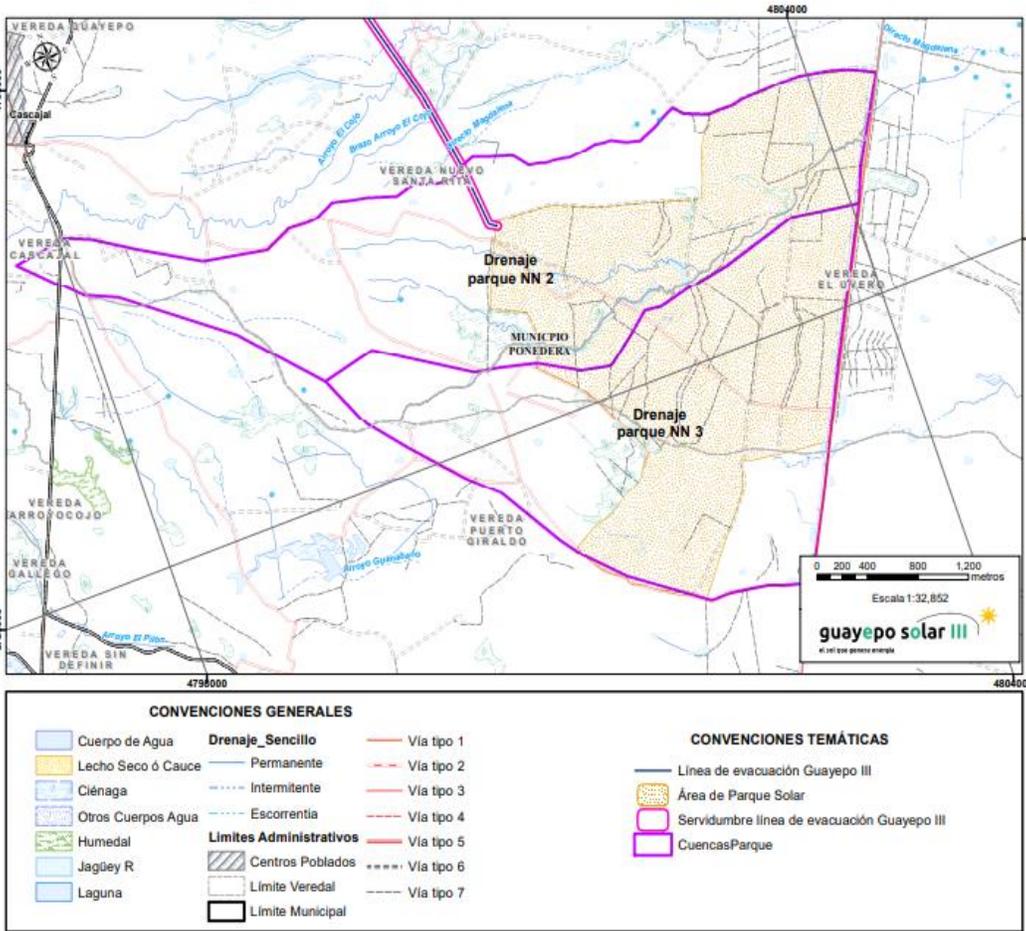
Una vez estudiada toda la información geográfica, topográfica, etc. de diversos organismos se han definido las cuencas vertientes cuyas aguas tienen como punto de salida los predios donde se proyecta instalar la planta fotovoltaica.

Las cuencas identificadas que se encuentran dentro del parque fotovoltaico son las que hemos denominado Drenaje Parque NN2 y Drenaje Parque NN3, cuyos arroyos son afluentes directos del río Magdalena y que se definieron en el numeral 5.1 del presente estudio.

Para la delimitación de las cuencas asociadas a la red de drenaje que son de interés, se empleó la cartografía IGAC a escala 25.000 y 100.000, el modelo digital de terreno de la zona del proyecto LIDAR a escala 1:1.000 y la red de drenaje identificada. Este levantamiento se realizó entre enero y febrero de 2021.

Adicionalmente, para la delimitación de las cuencas asociadas a la red de drenaje que son de interés se empleó un DEM del sistema ALOS PALSAR para complementar la información de relieve en el área de influencia y así definir las divisorias de agua asociadas a la subcuenca hidrográfica y pendiente topográfica. En la Figura 7-6 se presenta la delimitación de las cuencas trazadas.

Figura 7-6 Delimitación cuencas área de parque



Ingenostrum Colombia S.A.S., 2021

Para las cuencas identificadas se determinaron las principales características morfométricas, tales como el área o tamaño de la cuenca, la forma, pendiente y elevación media, las características de su red de drenaje y las del cauce o colector

principal, como se presentó en el numeral 5.1 del presente estudio. En la Tabla 7-7 se presenta el resumen de las estimaciones realizadas.

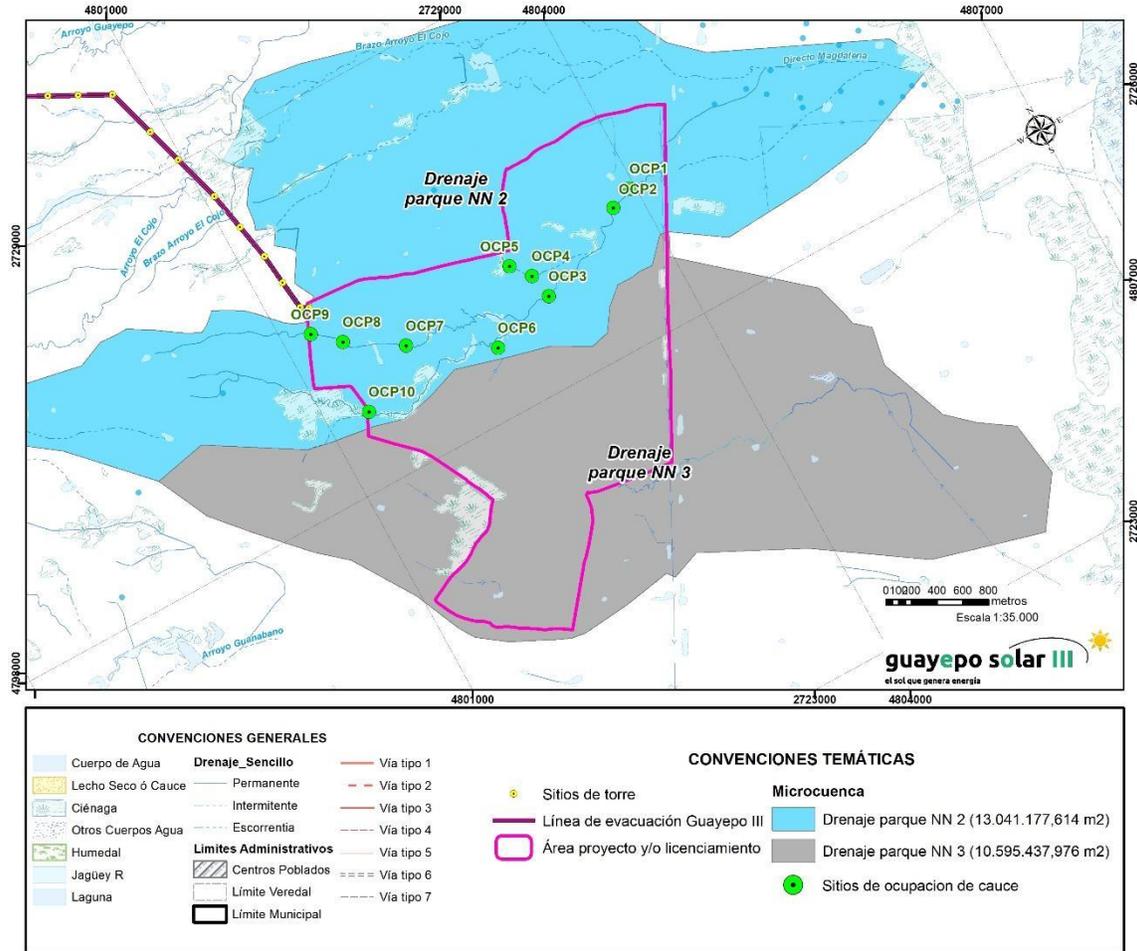
Tabla 7-7 Características morfométricas de las cuencas en estudio

Parámetro	Unidad	Drenaje parque NN 2	Drenaje parque NN 3
Área	km ²	7,0	6,2
P	km	15,7	12,0
L	km	9,1	3,6
Z máx	msnm	50	34
Z mín	msnm	9,2	17
L drenajes	km	20,0	3,6
Pendiente cauce	m/m	0,004	0,005
Coef. Compacidad		1,67	1,35
Densidad de drenaje	km/km ²	2,87	0,58

Ingenostrum Colombia S.A.S., 2021

Aunque la zona donde está ubicado el parque fotovoltaico está afectada por la escorrentía de las cuencas Drenaje Parque NN2 y Drenaje Parque NN3, de cara al estudio de inundación mediante el programa HecRas se dividirán ambas cuencas, que recibirán distinto tratamiento. (Ver Anexo 3. Descripción del proyecto/ 3.6 Estudios Hidrológicos y de inundabilidad) Toda la zona de la que se ha obtenido topografía mediante Lidar será modelizada como área de precipitación en el programa, que se denominará Área de estudio. Por otro lado, en la parte superior de estas cuencas mediante metodología simplificada de transformación precipitación-escorrentía, se calculará el caudal que se genera en la entrada del Área de estudio.

Figura 7-7 Cuencas generales asociadas a la planta fotovoltaica.



Ingenostrum Colombia S.A.S., 2021

A continuación, se describen las características más importantes de estas subcuencas y en la Figura 7-8 se muestra la localización general de estas.

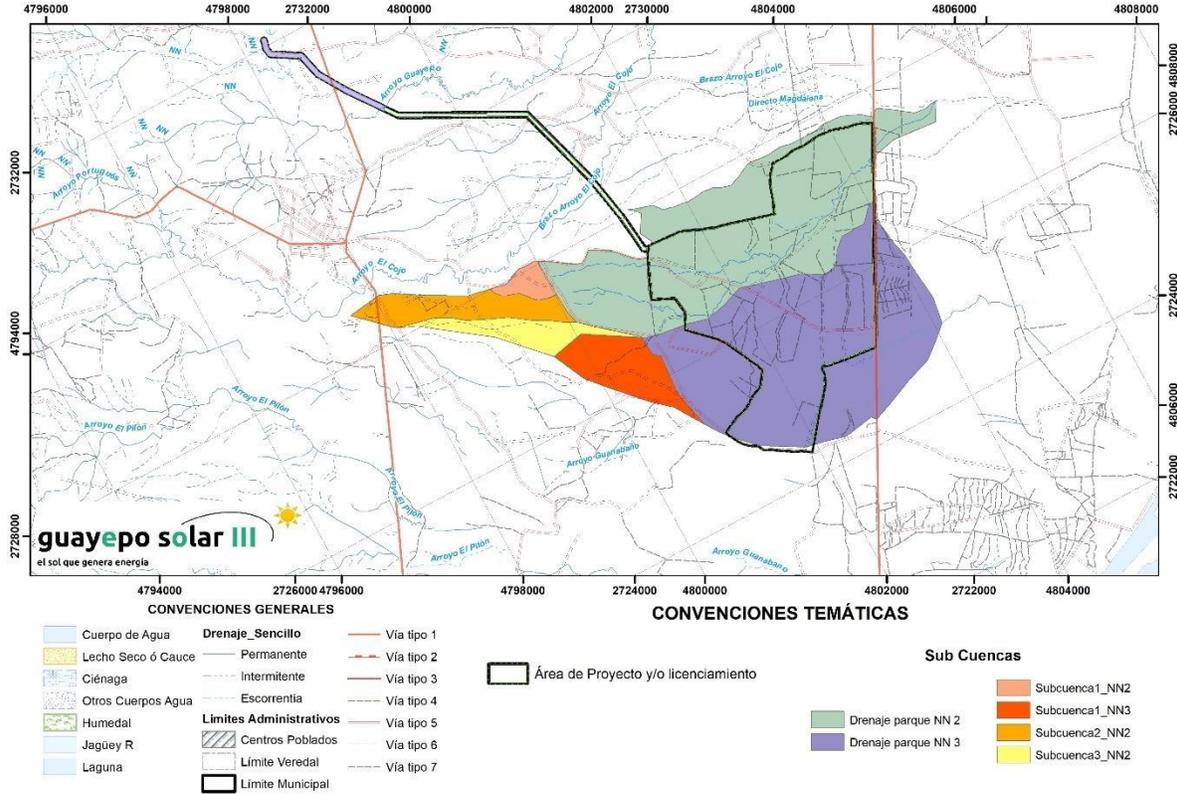
- Subcuencia1_NN2. Tiene un área de 0,2082 Km², el cauce principal hasta la entrada del área de estudio tiene una longitud de 0,526 kilómetros. El desnivel se sitúa entre la cota superior de 39,00 metros y la parte baja antes de entrar en la zona de estudio en la cota 35,00 metros. La forma es redondeada no predominando la longitud a la anchura.
- Subcuencia2_NN2. Es la subcuencia central del estudio, tiene una forma bastante alargada, predominando mucho la longitud a la anchura. Tiene

una cuenca con un área de 0,8096 Km² y una longitud de 2,5964 kilómetros, con un desnivel de 15,00 metros entre las cotas 50,00 y 34,10 metros.

- Subcuenca3_NN2. Tiene una cuenca con un área de 0,5631 km², longitud de cauce 2,0784 metros y un desnivel de 11,00 metros aproximadamente entre las cotas 44,40 y 33,40 metros a la entrada en el área de estudio. También su forma es muy alargada, predominando la longitud a la anchura.
- Subcuenca1_NN3. Es la cuenca más grande del estudio y la situada más al sur, tiene una forma redondeada no predominando mucho la longitud con respecto a la anchura, su área es de 0,8579 km² y el desnivel es de 4 metros entre las cotas 34,00 y 30,00 metros. La longitud del cauce principal es de 1,1997 km.

Estas cuatro subcuencas son de tamaño pequeño, y se puede considerar que las pendientes, usos del suelo, vegetación y tipos de suelo no varían excesivamente entre las distintas zonas, por lo que se tratará todas las subcuencas en conjunto, tomando como base la información de las cuencas NN1 y NN2.

Figura 7-8 Localización Subcuencas



Ingenostrum Colombia S.A.S., 2021

La geomorfología de la cuenca corresponde a un valle aluvial donde predominan las formas suaves de llanura, con presencia de colinas de poca altura de antiguos rellenos del valle.

En el territorio del Departamento del Atlántico se encuentran dos tipos de relieve: uno montañoso y otro plano, cada uno de los cuales está conformado por diferentes zonas.

El relieve plano está conformado por las llanuras aluviales y costeras, depósitos eólicos, terrazas marinas y fluviales.

Las cuencas que estamos analizando, en la mayor parte corresponden a las terrazas aluviales, con depósitos de gran importancia, que presentan un relieve suavemente ondulado y están conformadas por gravas y arenas

7.4.2.5 Numero de curva – Zona Parque

A continuación, vamos a suponer las pérdidas de la lluvia obtenidas de la tormenta de diseño. Es decir, calcular que parte de la precipitación total va a generar escorrentía superficial, y poder obtener la lluvia en exceso con la que podamos determinar la avenida máxima. Para ello se ha utilizado el método empírico de U.S. Soil Conservación Service, más conocido como el método de número de curva del S.C.S.

Para la estimación del número de curva se debe definir el tipo de suelos de la cuenca y su capacidad de drenaje, al igual que el uso del suelo.

Para averiguar los tipos de suelos presentes en las cuencas de estudio se ha utilizado como se indicó en puntos anteriores el “Estudio General de Suelos y zonificación de tierras del Departamento del Atlántico” Año 2007.

También del geoportal del Instituto Geográfico Agustín Codazzi IGAC se han descargado los archivos shapefile que corresponden a los “Mapas de suelos del territorio colombiano a escala 1:100.000. Departamento Atlántico” que delimitan los suelos de la zona que se está estudiando.

Según este estudio y los mapas que le acompañan los tipos de suelos presentes que tenemos serían:

- Asociación Vertic Haplustepts - Fluventic Haplustepts - Typic Haplustepts. Símbolo RWG. Localizados en la cabecera de las cuencas Drenaje parque NN2 y NN3. Estos suelos se han desarrollado a partir de materiales depositados por el río Magdalena y de materiales coluvio aluviales transportados desde las lomas y colinas adyacentes. Se caracterizan por ser moderadamente profundos, moderadamente bien drenados, texturas finas, moderadamente finas y medias, ácidos a neutros y saturación de bases muy alta.

- Consociación Typic Haplustalfs. Símbolo RWI. Se localizan en la parte alta de la cuenca Drenaje Parque NN2 en un área pequeña. Se han originado estos suelos de materiales de textura gruesa posiblemente de origen eólico que recubren a depósitos aluviales (limo arcillosos) y se caracterizan por ser moderadamente profundos, moderadamente bien drenados, texturas gruesas a moderadamente finas, ácidos en superficie y neutros en profundidad y saturación de bases alta.

Una vez repasados todos los tipos de suelos que forman parte de las cuencas que estamos estudiando se puede concluir que estamos claramente ante unos suelos de los denominados en el Manual de Drenaje del INVIAS como B, que son:

“B. (Moderadamente bajo potencial de escorrentía). Suelos con tasa de infiltración moderada cuando están muy húmedos. Suelos moderadamente profundos a profundos, moderadamente bien drenados a bien drenados, suelos con texturas moderadamente finas a moderadamente gruesas, y permeabilidad moderadamente lenta a moderadamente rápida. Son suelos con tasas de transmisión de agua moderadas.

Para saber los usos y cobertura del suelo se ha recurrido a los mapas de cobertura de uso del suelo 1:100.000 periodo 2018, descargados del Sistema de Información Ambiental de Colombia del IDEAM.

Los usos del suelo están definidos según la metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia.

Tomando en cuenta la información presentada en el numeral 5.1 del presente estudio, en las cuencas de interés los principales usos del suelo que se han observado son los siguientes:

- Pastos limpios: Esta cobertura comprende las tierras ocupadas por pastos limpios con un porcentaje de cubrimiento mayor al 70%; la realización de prácticas de manejo (limpieza, enclamiento y/o fertilización, etc.) y el nivel

tecnológico utilizados impiden la presencia o el desarrollo de otras coberturas.

- Pastos arbolados: Cobertura que incluye las tierras cubiertas con pastos en los cuales se han estructurado potreros con presencia de árboles de altura superior a 5 metros, distribuidos en forma dispersa. La cobertura de árboles debe ser mayor al 30% y menor al 50% del área de pastos arbolados.
- Pastos enmalezados: Son las coberturas representadas por tierras con pastos y malezas conformando asociaciones de rastrojos, debido principalmente a la realización de escasas prácticas de manejo o la ocurrencia de procesos de abandono. En general, la altura del rastrojo es menor a 1,5 metros.
- Mosaico de pastos y espacios naturales: Esta cobertura está constituida por las superficies ocupadas principalmente por coberturas de pastos en combinación con espacios naturales. En esta unidad, el patrón de distribución de las zonas de pastos y de espacios naturales no puede ser representado individualmente y las parcelas de pastos presentan un área menor a 25 hectáreas. Las coberturas de pastos representan entre el 30 y el 70% de la superficie total del mosaico. Los espacios naturales están conformados por las áreas ocupadas por relictos de bosque natural, arbustos y matorrales, bosque de galería y/o ripario, pantanos y otras áreas no intervenidas o poco transformadas y que debido a limitaciones de uso por sus características biofísicas permanecen en estado natural o casi natural.
- Bosque de galería y ripario: Se refiere a las coberturas constituidas por vegetación arbórea ubicada en las márgenes de cursos de agua permanentes o temporales. Este tipo de cobertura está limitado por su amplitud, ya que bordea los cursos de agua y los drenajes naturales. Cuando la presencia de estas franjas de bosques ocurre en regiones de sabanas se conoce como bosque de galería o cañadas, las otras franjas de

bosque en cursos de agua de zonas andinas son conocidas como bosque ripario.

Los valores del número de curva CN que se han tomado serían los reflejados en las tablas que proporciona el INVIAS de Colombia, ver Tabla 7-8.

Tabla 7-8 Valores de número de curva CN

Tabla 2.16. - Número de curva de escorrentía de otras tierras agrícolas para una condición de humedad antecedente promedio AMCII e Ia=0.2S

DESCRIPCIÓN Y TIPO DE COBERTURA	CONDICIÓN HIDROLÓGICA	NÚMERO DE CURVA PARA GRUPOS DE SUELOS HIDROLÓGICOS			
		A	B	C	D
Pastos, forraje para pastoreo ¹	Mala	68	79	86	89
	Regular	49	69	79	84
	Buena	39	61	74	80
Prados continuos, protegidos de pastoreo, y generalmente segados para heno	---	30	58	71	78
Maleza mezclada con pasto de semilla con la maleza como principal elemento ²	Mala	48	67	77	83
	Regular	35	56	70	77
	Buena	30 ³	48	65	73
Combinación de bosques y pastos (huertas o granjas con árboles) ⁴	Mala	57	73	82	86
	Regular	43	65	76	82
	Buena	32	58	72	79
Bosques ⁵	Mala	45	66	77	83
	Regular	36	60	73	79
	Buena	30	55	70	77
Predios de granjas, construcciones, veredas, caminos y lotes circundantes	---	59	74	82	86

Referencia: Monsalve S. Germán, "Hidrología en la Ingeniería", Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería, Bogotá D.C., Colombia, Segunda Edición, 1999.

¹Mala: Menos de 50% del suelo cubierto con pastoreo intensivo sin maleza
Regular: 50 a 75% del suelo cubierto y un pastoreo no muy intensivo.
Buena: más del 75% del suelo cubierto y un pastoreo ocasional a ligero.

²Mala: Menos del 50% del suelo cubierto.
Regular: 50 a 75% del suelo cubierto.
Buena: más del 75% del suelo cubierto.

³Número de curva actual menor a 30. Emplear CN=30 para cálculos de escorrentía.

⁴Los valores de CN mostrados se calcularon para áreas con 50% bosques y 50% cubiertas con pastos. Se pueden calcular otras combinaciones de CN para bosques y pastos.

⁵Mala: Humus vegetal, pequeños árboles y maleza destruida por pastoreo intensivo, y quemas regulares.
Regular: Bosques con pastoreo pero no quemados, suelo cubierto por humus vegetal.
Buena: Bosques protegidos del pastoreo, y el suelo cubierto adecuadamente por humus vegetal.

(INVIAS, 2009)

Por lo tanto, para los cinco tipos de coberturas del suelo que se tiene en la zona de las cuencas se adoptaron los valores de CN presentados en la Tabla 7-9.

Tabla 7-9 Valores de numero de curva CN en función de uso- Parque

NUMEROS DE CURVA		
ID	USOS/COBERTURA	CN
2.3.1	Pastos limpios	79
2.3.2	Pastos arbolados	79
2.3.3	Pastos enmalezados	67
2.4.4	Mosaico de pastos y espacios naturales	67
3.1.3	Bosque de galería y ripario	66

Ingenostrum Colombia S.A.S., 2021

Los números de curva para cada subcuenca es resultado de ponderación de los números de curva de los diferentes usos con relación al área que ocupa cada uno en la cuenca, en resumen, de la estimación se presenta en la Tabla 7-10.

Tabla 7-10 Numero de curvas por subcuencas en el área del Parque

NUMEROS DE CURVA		
ID	SUBCUENCAS	CN
1	Subcuenca1_NN2	74
2	Subcuenca2_NN2	73
3	Subcuenca3_NN2	77
4	Subcuenca1_NN3	73

Ingenostrum Colombia S.A.S., 2021

7.4.2.6 Tiempo de concentración – Zona Parque

El tiempo de concentración de la cuenca se define como el tiempo que tarda una partícula de agua en llegar desde el punto más alejado al punto de desagüe.

El cálculo del tiempo de concentración difiere considerablemente de acuerdo con la fórmula empírica empleada, por lo que para este estudio se ha calculado por diferentes fórmulas cuyos resultados se muestran en la Tabla 7-11.

Tabla 7-11 Tiempo de concentración de las subcuencas analizadas – Parque

TIEMPO DE CONCENTRACIÓN (HORAS)						
		Subcuenca1_NN2	Subcuenca2_NN2	Subcuenca3_NN2	Subcuenca1_NN3	Cuenca interna area de estudio
Parámetros cálculo	L Cauce (Km)	0.5259	2.5964	2.0784	1.1997	6.56
	Pendiente media (m/m)	0.0076	0.0062	0.0053	0.0033	0.004
	Pendiente %	0.76	0.62	0.53	0.33	0.4
	Pendiente media (m/km)	7.6	6.2	5.3	3.3	4
	Area cuenca	0.2082	0.8096	0.5631	0.8579	5.74
	Diametro cuenca eq.	0.51	1.02	0.85	1.05	2.7
	Cota max	38	50	44.5	33	34
	Cota min	34	34	33.5	29	7.61
	Diferencia cotas (H)	4	16	11	4	26.39
Kirpich		0.26	0.98	0.88	0.69	2.36
Termez		0.19	0.68	0.59	0.43	1.49
Williams		0.40	1.8	1.56	0.97	4.2
Johnstone y Cross		1.14	2.85	2.47	2.11	4.71
Giandotti	Descartada	0.6	2.03	1.65	2.98	34.56
SCS-Ranser		0.26	0.98	0.88	0.69	2.36
Ventura-Heras	Descartada	0.2	0.67	0.58	0.42	1.46
Ven T Chow		0.86	2.56	2.33	1.91	5.33
Cuerpo ingenieros USA		0.43	1.52	1.32	0.95	3.34
PROMEDIO		0.51	1.6	1.43	1.11	3.4

Ingenostrum Colombia S.A.S., 2021

El resultado difiere considerablemente de acuerdo con la fórmula empírica empleada, por lo que se optará por tomar un valor promedio entre los resultados calculados. Se han considerado las fórmulas cuyos parámetros de cálculo dependen de la topografía y forma de la cuenca, ya que son los valores conocidos, descartando el resultado de la ecuación de Giandotti por ser excesivamente alto y estar fuera del rango de aplicación de dicha fórmula y el resultado de la ecuación de Ventura-Heras por ser el más bajo y prácticamente igual que el obtenido mediante la expresión de Témez.

Resultando los siguientes tiempos para las cuencas:

- Subcuenca1_NN2: 0,51 horas = 30,6 minutos
- Subcuenca2_NN2: 1,60 horas = 96,00 minutos.
- Subcuenca3_NN2: 1,43 horas = 85,80 minutos.
- Subcuenca1_NN3: 1,11 horas = 66,60 minutos.
- Cuenca interna área de estudio: 3,40 horas = 204,00 minutos.

7.4.2.7 Hietograma de diseño

La falta de datos pluviográficos para poder estimar la duración histórica de los aguaceros conlleva que sea necesaria su estimación a partir del tiempo de concentración de las cuencas, para que todas estén contribuyendo a la formación del caudal punta de escorrentía.

Para elegir la duración de la tormenta de diseño hay que tener en cuenta que la longitud de los arroyos de las subcuencas en que hemos dividido la cuenca principal y que confluyen en el área de estudio es menor que la longitud del cauce principal dentro de esta área, que es aproximadamente de 6,50 km. Por lo tanto, si escogiéramos como dato de partida para estimar la duración de la tormenta el mayor tiempo de concentración de estas subcuencas, que como se ha podido comprobar en el apartado anterior es de 1,60 horas, estaríamos eligiendo un valor demasiado bajo, que provocaría que al simular la precipitación en el área de estudio en el programa HecRAS, no toda la superficie de esta área estuviera contribuyendo a la escorrentía en los puntos bajos de la cuenca.

Por todo lo expuesto anteriormente se tomará como tiempo de concentración de referencia el calculado para la cuenca principal interna del área de estudio que es de 3,40 horas, que sería la duración mínima de la tormenta de diseño, igual a este tiempo de concentración.

Por otro lado, debido a que en el cauce principal que recorre el área de estudio existen numerosos jagüeyes y jarillones o bordas que impiden la normal escorrentía de las aguas, unido a simulaciones previas que se han realizado con tormentas de dos horas en la que se ha comprobado que por los puntos bajos no pasa el hidrograma de crecida completo, hace sospechar que el tiempo de concentración real es superior al calculado mediante las ecuaciones empíricas. Por lo que se estimará una duración de la tormenta de 7 horas, que sería del doble del tiempo de concentración empírico de 3,40 horas.

A partir de las curvas IDF, se construirán las curvas de masas de los aguaceros puntuales, para periodo de retorno de 2,5,10,15,25,50 y 100 años, con un intervalo de 5 minutos y para duraciones entre 0 y 420 minutos. Estos datos están reflejados en la Tabla 7-12.

Tabla 7-12 Curva de masa de aguaceros para distintos periodos de retorno

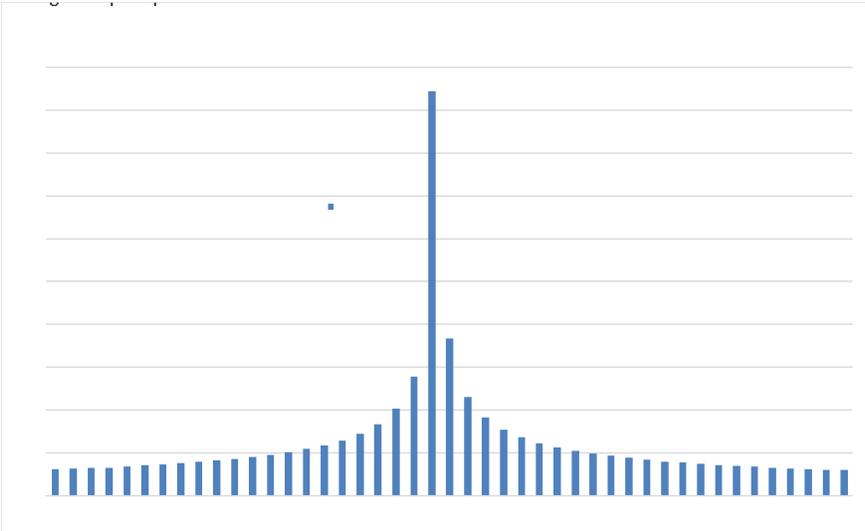
Duración (minutos)	Periodo de retorno (años)					
	2	5	10	25	50	100
5	81.63	94.51	105.58	122.24	136.57	152.58
10	56.70	65.65	73.35	84.92	94.87	105.99
15	45.82	53.05	59.27	68.62	76.66	85.65
20	39.39	45.61	50.95	58.99	65.91	73.63
25	35.03	40.56	45.31	52.46	58.61	65.48
30	31.83	36.85	41.17	47.67	53.26	59.50
35	29.35	33.99	37.97	43.96	49.11	54.87
40	27.36	31.68	35.40	40.98	45.78	51.15
45	25.72	29.78	33.27	38.52	43.04	48.08
50	24.34	28.18	31.48	36.45	40.72	45.49
55	23.15	26.80	29.94	34.66	38.73	43.27
60	22.11	25.60	28.60	33.12	37.00	41.33
65	21.20	24.55	27.42	31.75	35.47	39.63
70	20.39	23.61	26.38	30.54	34.12	38.12
75	19.66	22.77	25.44	29.45	32.90	36.76
80	19.01	22.01	24.59	28.47	31.80	35.53
85	18.41	21.32	23.82	27.58	30.81	34.42
90	17.87	20.69	23.11	26.76	29.90	33.40
95	17.37	20.11	22.46	26.01	29.06	32.46
100	16.91	19.57	21.87	25.32	28.29	31.60
105	16.48	19.08	21.31	24.68	27.57	30.80
110	16.08	18.62	20.80	24.08	26.90	30.06
115	15.71	18.19	20.32	23.52	26.28	29.36
120	15.36	17.78	19.87	23.00	25.70	28.71
125	15.03	17.41	19.45	22.52	25.16	28.10
130	14.73	17.05	19.05	22.06	24.64	27.53
135	14.44	16.72	18.68	21.62	24.16	26.99
140	14.17	16.40	18.32	21.21	23.70	26.48
145	13.91	16.10	17.99	20.83	23.27	25.99
150	13.66	15.82	17.67	20.46	22.86	25.54
155	13.43	15.55	17.37	20.11	22.47	25.10
160	13.21	15.29	17.08	19.78	22.09	24.68
165	12.99	15.04	16.81	19.46	21.74	24.29
170	12.79	14.81	16.55	19.16	21.40	23.91
175	12.60	14.59	16.30	18.87	21.08	23.55
180	12.41	14.37	16.06	18.59	20.77	23.20
185	12.23	14.17	15.83	18.32	20.47	22.87
190	12.06	13.97	15.61	18.07	20.19	22.55
195	11.90	13.78	15.39	17.82	19.91	22.25
200	11.74	13.60	15.19	17.59	19.65	21.95
205	11.59	13.42	14.99	17.36	19.40	21.67
210	11.45	13.25	14.81	17.14	19.15	21.40

Duración (minutos)	Periodo de retorno (años)					
	2	5	10	25	50	100
215	11.31	13.09	14.62	16.93	18.92	21.13
220	11.17	12.93	14.45	16.73	18.69	20.88
225	11.04	12.78	14.28	16.53	18.47	20.63
230	10.91	12.63	14.11	16.34	18.26	20.40
235	10.79	12.49	13.96	16.16	18.05	20.17
240	10.67	12.35	13.80	15.98	17.85	19.95
245	10.56	12.22	13.65	15.81	17.66	19.73
250	10.44	12.09	13.51	15.64	17.47	19.52
255	10.34	11.97	13.37	15.48	17.29	19.32
260	10.23	11.85	13.23	15.32	17.12	19.12
265	10.13	11.73	13.10	15.17	16.95	18.93
270	10.03	11.61	12.97	15.02	16.78	18.75
275	9.93	11.50	12.85	14.88	16.62	18.57
280	9.84	11.39	12.73	14.74	16.46	18.39
285	9.75	11.29	12.61	14.60	16.31	18.22
290	9.66	11.18	12.50	14.47	16.16	18.06
295	9.57	11.08	12.38	14.34	16.02	17.90
300	9.49	10.99	12.28	14.21	15.88	17.74
305	9.41	10.89	12.17	14.09	15.74	17.59
310	9.33	10.80	12.07	13.97	15.61	17.44
315	9.25	10.71	11.96	13.85	15.48	17.29
320	9.17	10.62	11.87	13.74	15.35	17.15
325	9.10	10.53	11.77	13.63	15.22	17.01
330	9.03	10.45	11.68	13.52	15.10	16.87
335	8.96	10.37	11.58	13.41	14.98	16.74
340	8.89	10.29	11.49	13.31	14.87	16.61
345	8.82	10.21	11.41	13.21	14.75	16.48
350	8.75	10.13	11.32	13.11	14.64	16.36
355	8.69	10.06	11.24	13.01	14.53	16.24
360	8.62	9.98	11.15	12.91	14.43	16.12
365	8.56	9.91	11.07	12.82	14.32	16.00
370	8.50	9.84	10.99	12.73	14.22	15.89
375	8.44	9.77	10.92	12.64	14.12	15.78
380	8.38	9.70	10.84	12.55	14.02	15.67
385	8.32	9.64	10.77	12.47	13.93	15.56
390	8.27	9.57	10.69	12.38	13.83	15.45
395	8.21	9.51	10.62	12.30	13.74	15.35
400	8.16	9.45	10.55	12.22	13.65	15.25
405	8.11	9.38	10.48	12.14	13.56	15.15
410	8.05	9.32	10.42	12.06	13.47	15.05
415	8.00	9.26	10.35	11.98	13.39	14.96
420	7.95	9.21	10.29	11.91	13.30	14.86
425	7.90	9.15	10.22	11.83	13.22	14.77
430	7.85	9.09	10.16	11.76	13.14	14.68
435	7.81	9.04	10.10	11.69	13.06	14.59
440	7.76	8.98	10.04	11.62	12.98	14.50
445	7.71	8.93	9.98	11.55	12.91	14.42
450	7.67	8.88	9.92	11.48	12.83	14.33

Ingenostrum Colombia S.A.S., 2021

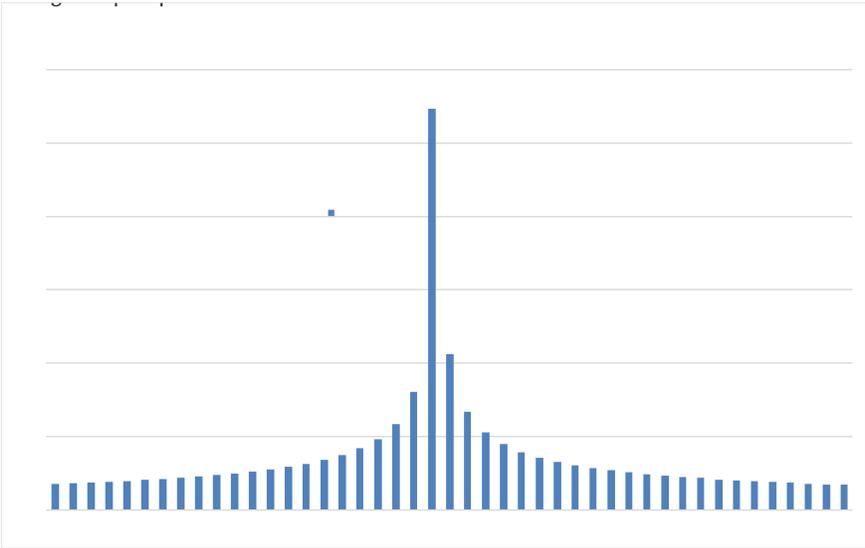
A partir de esta curva de masas se han calculado los incrementos de lluvias puntuales de los hietogramas de precipitación. Además, se han ordenado los datos según el método de los Bloques Alternos para obtener el hietograma de lluvia puntual de la tormenta de diseño, ver Figura 7-9 a Figura 7-15.

Figura 7-9 Hietograma de diseño Tr 2 – Zona Parque



(Ingenostrum Colombia S.A.S., 2021)

Figura 7-10 Hietograma de diseño Tr 5 – Zona Parque



(Ingenostrum Colombia S.A.S., 2021)

Figura 7-11 Hietograma de diseño Tr 10 – Zona Parque

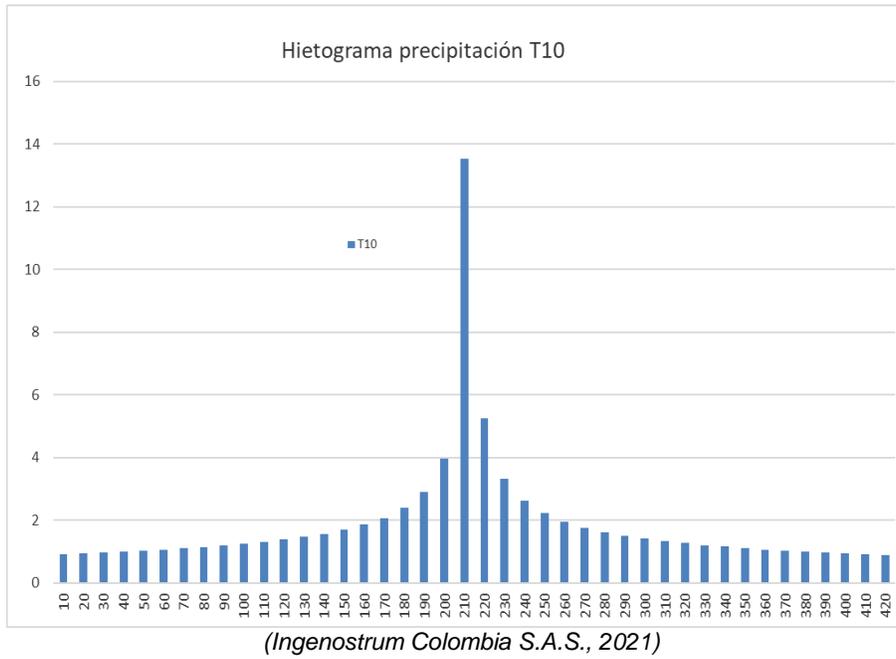


Figura 7-12 Hietograma de diseño Tr 15 – Zona Parque

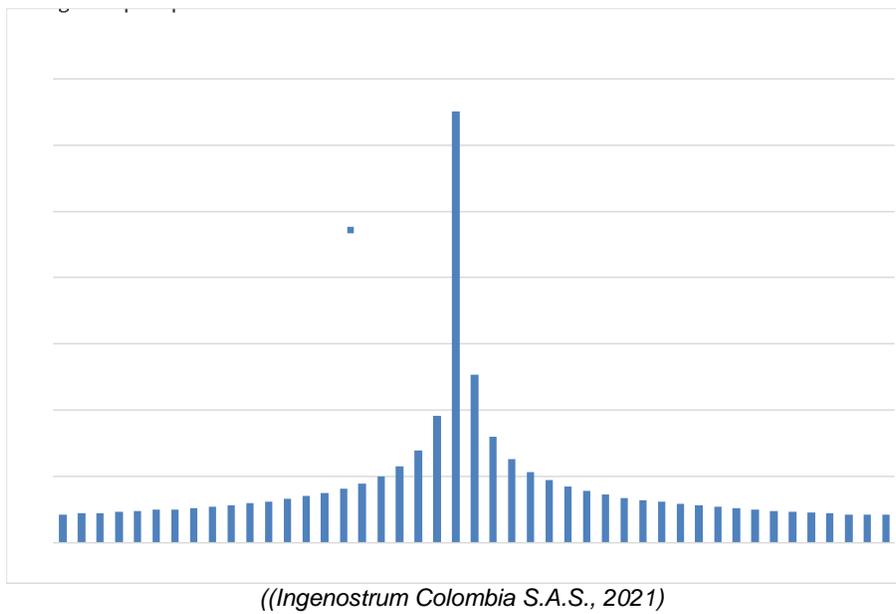
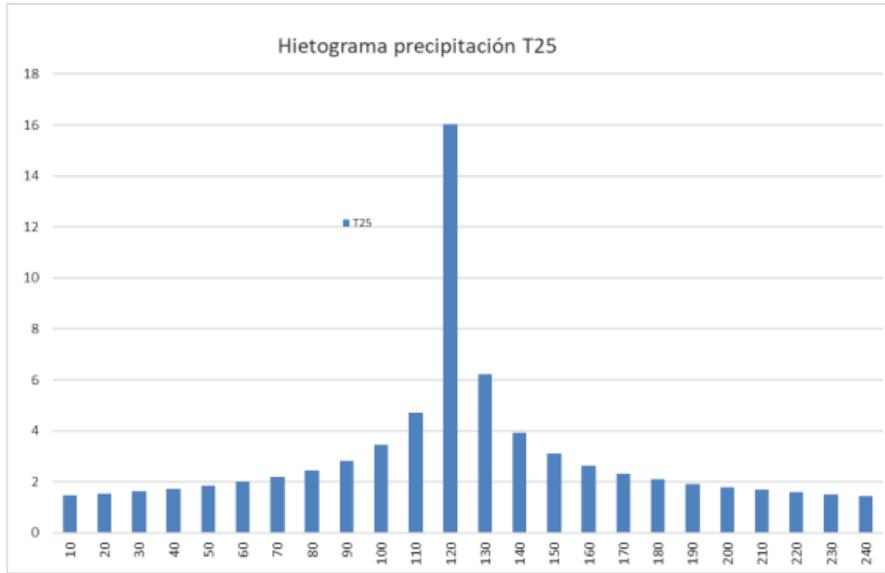
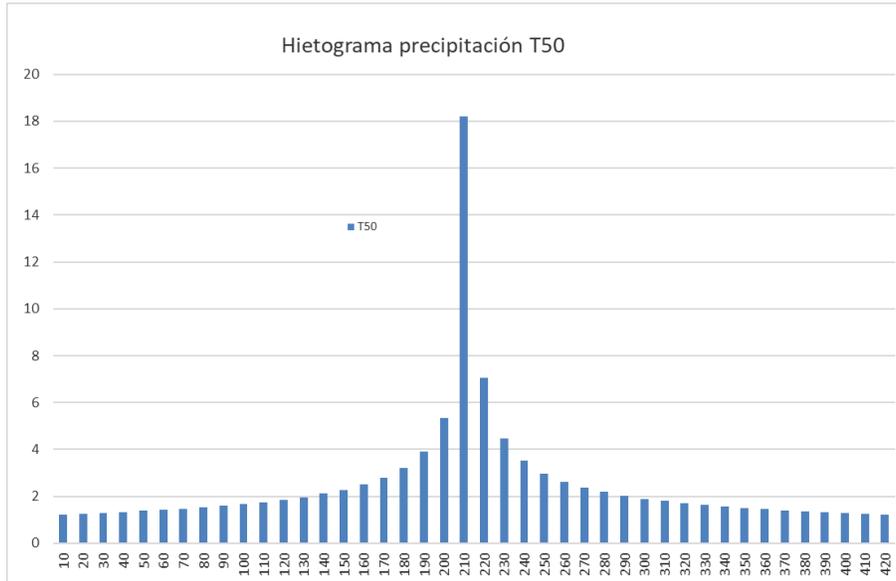


Figura 7-13 Hietograma de diseño Tr 25 – Zona Parque



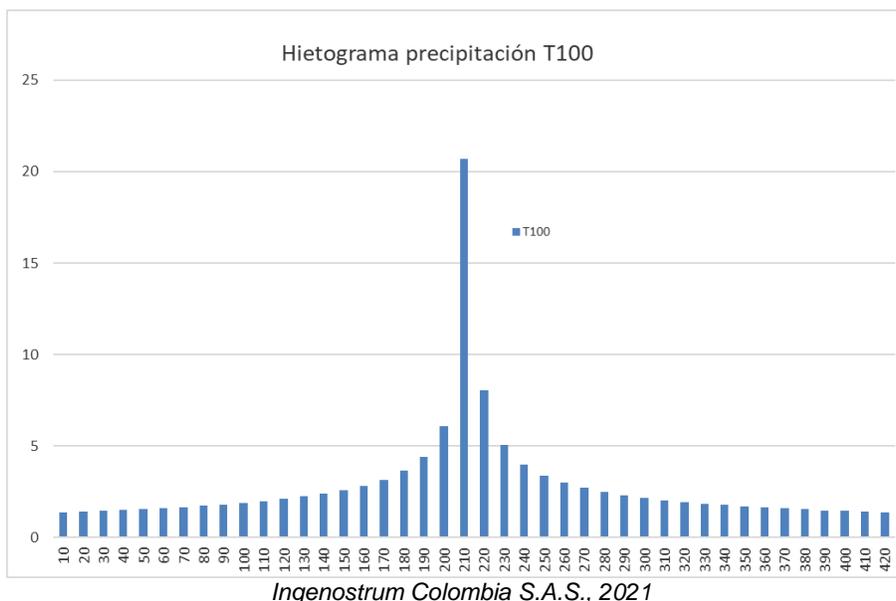
(Ingenostrum Colombia S.A.S., 2021)

Figura 7-14 Hietograma de diseño Tr 50 – Zona Parque



(Ingenostrum Colombia S.A.S., 2021)

Figura 7-15 Hietograma de diseño Tr 100 – Zona Parque



7.4.2.8 Estimación de los caudales de diseño

Para la obtención del caudal punta de escorrentía de la cuenca, se ha utilizado el software HEC-HMS versión 4.3.

El modelo computacional HEC-HMS ha sido diseñado para simular la escorrentía superficial en una corriente de agua en respuesta a un evento de precipitación como un sistema interconectado de componentes hidrológicas e hidráulicas. Cada componente se modela como un aspecto del proceso precipitación - escorrentía dentro de una porción de la cuenca hidrográfica, comúnmente referida como una subcuenca. Una componente puede representar una entidad de escorrentía superficial, un canal de una corriente, o un embalse. La representación de una componente requiere un conjunto de parámetros que especifican las características particulares de tal componente y las relaciones matemáticas que describen los procesos físicos que ocurren y la involucran. El resultado del proceso de modelación es la determinación de los hidrogramas de creciente en puntos determinados de la cuenca hidrográfica. En la Tabla 7-13 se presentan los datos de entrada al modelo.

Tabla 7-13 Datos de entrada al modelo Hec-Hms - Parque

DATOS DE ENTRADA EN EL PROGRAMA HEC HMS GUAYEPO3								
	AREA CUENCA (Km2)	LONGITUD DEL CAUCE (Km)	COTA SUPERIOR	COTA INFERIOR	PENDIENTE (m/m)	TIEMPO CONCENTRACION PROMEDIO (Tabla 19) (min)	TIEMPO DE RETRASO LAG (min)	NÚMERO DE CURVA (Tabla 18)(CN)
SUBCUENCA1_NN2.	0.2082	0.5259	38.00	34.00	0.0076	30.60	18	74
SUBCUENCA2_NN2.	0.8096	2.5964	50.00	34.00	0.0062	96.00	58	73
SUBCUENCA3_NN2	0.5631	2.0784	44.50	33.50	0.0053	85.80	51	77
SUBCUENCA1_NN3	0.8579	1.1997	33.00	29.00	0.0033	66.6	40	73

Ingenostrum Colombia S.A.S., 2021

Como resultado de las simulaciones se obtuvieron los caudales de diseño para los diferentes periodos de retorno, ver Tabla 7-14 a Tabla 7-16.

Tabla 7-14 Caudales Tr 100 años - Parque

T100	AREA (Km2)	CAUDAL PICO (m3/sg)	TIEMPO	VOLUMEN (1000 M3)
Subcuenca1_NN2	0.2082	2.50	01ene2000, 03:45	14.50
Subcuenca2_NN2	0.8096	5.30	01ene2000, 04:30	55.30
Subcuenca3_NN2	0.5631	4.30	01ene2000, 04:25	42.00
Subcuenca1_NN3	0.8579	6.80	01ene2000, 04:10	58.60

Ingenostrum Colombia S.A.S., 2021

Tabla 7-15 Caudales Tr 50 años - Parque

T50	AREA (Km2)	CAUDAL PICO (m3/sg)	TIEMPO	VOLUMEN (1000 M3)
Subcuenca1_NN2	0.2082	2.00	01ene2000, 03:45	12.10
Subcuenca2_NN2	0.8096	4.40	01ene2000, 04:30	46.00
Subcuenca3_NN2	0.5631	3.60	01ene2000, 04:25	35.10
Subcuenca1_NN3	0.8579	5.60	01ene2000, 04:10	48.70

Ingenostrum Colombia S.A.S., 2021

Tabla 7-16 Caudales Tr 10 años - Parque

T10	AREA (Km2)	CAUDAL PICO (m3/sg)	TIEMPO	VOLUMEN (1000 M3)
Subcuenca1_NN2	0.2082	1.30	01ene2000, 03:45	7.80
Subcuenca2_NN2	0.8096	2.80	01ene2000, 04:30	29.40
Subcuenca3_NN2	0.5631	2.30	01ene2000, 04:25	22.80
Subcuenca1_NN3	0.8579	3.60	01ene2000, 04:10	31.20

Ingenostrum Colombia S.A.S., 2021.

7.4.3 Análisis de caudales – línea de evacuación

Tomando en cuenta que los cuerpos de aguas existente en la zona de estudio de la línea de transmisión no se encuentran monitoreados, se obtendrán los caudales máximos de diseño a partir de un modelo lluvia – escorrentía a partir de los registros de precipitación de diferentes estaciones meteorológicas existentes en la zona de estudio. Una vez analizados los datos y estudiada la ubicación de estos, se ha comprobado que la zona de estudio dónde se encuentran las cuencas está afectada por tres estaciones pluviométricas que son las estaciones de Sabanalarga, Puerto Giraldo y Ponedera, de la red meteorológica del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM.

Por lo anterior, los aguaceros de diseño se obtuvieron mediante la metodología de los Bloques Alternos, que toma como base las curvas de intensidad duración frecuencia.

7.4.3.1 Curvas de intensidad duración frecuencia – zona Línea de Transmisión

Como se ha dicho ya en varias ocasiones, se han seleccionado las estaciones pluviométricas del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM, como base para realizar el estudio.

Las cuencas se encuentran situadas muy próximas a varias estaciones meteorológicas, habiéndose recopilado los registros de lluvias máximas diarias.

Tanto la estación de Sabanalarga como la estación de Puerto Giraldo tienen registros de lluvias bastante completos, sin embargo, la estación de Ponedera tiene numerosos datos faltantes, por lo que anterior al cálculo de la serie estadística de lluvia se ha procedido a completar los datos de la estación de Ponedera a partir de las estaciones circundantes, en este caso Sabanalarga, Puerto Giraldo y estación de Polonuevo.

Para la complementación de datos mensuales faltantes se ha recurrido al método del U.S. National Weather Service, en el que los datos referidos se estiman en base a los datos observados en las estaciones circundantes.

El método consiste en ponderar los valores observados en una cantidad W , igual al recíproco del cuadrado de la distancia D entre cada estación vecina y la estación a estudiar. Por tanto, la lluvia buscada P_x será igual a:

$$P_x = \frac{\sum (P_i - W_i)}{\sum W_i}$$

En dónde

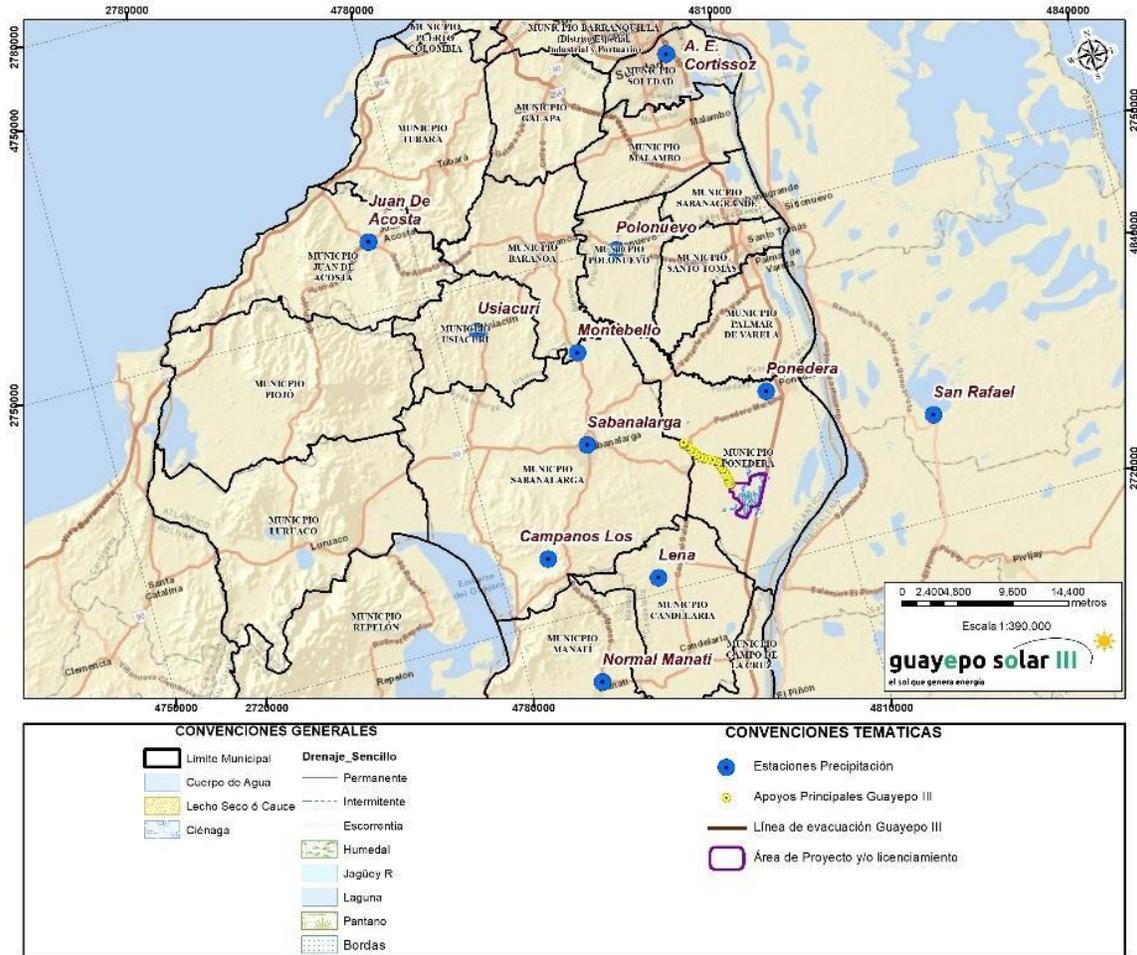
P_i = precipitación observada para la fecha de la faltante, en las estaciones auxiliares circundantes, en milímetros.

$W_i = 1/D_i^2$, siendo D_i la distancia entre cada estación circundante y la estación incompleta, en kilómetros.

Las distancias consideradas en esta expresión son desde la estación de Puerto Giraldo 15,38 kilómetros, desde la estación de Sabanalarga 17,54 kilómetros y desde la estación de Polonuevo 18,34 kilómetros. De igual manera en la Figura 7-16. Se muestra la distribución climatológica consideradas para los diferentes análisis de hidrología y clima en el área de la línea de evacuación.

En la Tabla 7-17 se presenta la serie de la estación Ponedera con los registros complementados.

Figura 7-16 Distribución de estaciones consideradas para el proyecto



(Ingenostrum Colombia SAS, 2021)

Tabla 7-17 Datos estación Datos estación Ponedera complementados

DATOS ESTACIÓN PLUVIOMÉTRICA													
Estación:	29040070	Coordenadas Geográficas		X = 10°38' N	Cota =		0008 m.s.n.m						
Denominación:	PONEDERA			Y = 74°46' W									
DATOS MENSUALES DE PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 Hrs. (mm)													
Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Máximo
1959			0.00	20.50	89.00	35.00	23.00	45.00	44.00	110.00	0.00	0.00	110.00
1960	0.00	25.00	0.00	15.00	75.00	45.00	88.00	40.00	90.00	90.00	45.00	40.00	90.00
1961	0.00	0.00	27.00	60.00	8.00	49.00	48.00	36.00	80.00	90.00	0.00	0.00	90.00
1962	0.00	0.00	0.00	10.00	61.00	36.00	55.00	37.00	35.00	31.00	35.00	10.00	61.00
1963	0.00	0.00	3.00	15.00	29.00	14.00	52.00	34.00	90.00	44.00	11.00	0.00	90.00
1964	0.00	0.00	0.00	35.00	32.00	30.00	58.00	90.00	15.00	20.00	75.00	0.00	90.00
1965	0.00	0.00	0.00	0.00	50.00	21.00	32.00	90.00	38.00	48.00	70.00	0.00	90.00
1966	0.00	0.00	0.00	30.00	28.00	41.00	21.00	58.00	50.00	30.00		48.00	58.00
1967	0.00	0.00	0.00	20.00	15.00	60.00	23.00	29.00	46.00	52.00	52.00	33.00	60.00
1968	0.00	0.00	0.00	5.00	25.00	80.00	36.00	43.00	82.00	36.00	40.00	0.00	82.00
1969	0.00	0.00	0.00	85.00	50.00	55.00	35.00	48.00	47.00	128.00	71.00	3.00	128.00
1970	6.00	0.00	53.00	18.00	33.00	72.00	90.00	49.00	58.00	25.00	98.00	38.00	98.00
1971	8.00	0.00	0.00	45.00	60.00	18.00	10.00	58.00	35.00	49.00	60.00	0.00	60.00
1972	0.00	0.00	6.00	41.00	28.00	50.00	40.00	34.00	63.00	30.00	10.00	0.00	63.00
1973	0.00	0.00	0.00	41.00	14.00	52.00	64.00	78.00	87.00	53.00	38.00	9.00	87.00
1974	0.00	0.00	3.00	12.00	26.00	106.40	79.00	132.50	46.04	50.00	81.00	33.00	132.5
1975	0.00	0.00	10.00	34.00	55.00	50.00	90.00	50.00	56.00	156.80	107.40	22.39	156.8
1976	5.22	0	0	58.9	100.4	40	25	100	52	54	37	19.3	100.4
1977	0.00	0.00	2.00	0.00	23.00	15.00	36.00	25.00	82.61	24.25	61.78	0.00	82.61
1978	0.00	0.00	0.00	41.00	64.33	0.00	0.00	46.21	44.78	75.22	80.00	44.69	80.00
1979	0.00	0.62	9.33	8.08	31.86	46.04	76.02	55.71	123.74	51.56	52.97	8.01	123.74
1980	4.67	0.28	14.31	34.36	73.86	46.24	67.55	74.58	55.66	42.20	56.99	35.70	74.58
1981	0.00	0.00	50.00	8.00	71.51	57.21	36.50	37.00	42.50	40.00	30.50	20.70	71.51
1982	16.00	55.00	0.00	25.38	25.00	40.00	35.00	1.00	47.00	29.00	20.00	0.00	55.00
1983	0.00	5.00	40.00	5.00	18.00	35.00	20.00	25.00	59.00	80.00	10.00	16.00	80.00
1984	0.00	20.00	0.00	30.00	62.00	32.00	79.00	42.00	68.00	96.00	25.00	0.00	96.00
1985	0.00	0.00	0.00	3.00	9.00	26.00	31.00	67.00	49.00	43.00	80.00	52.00	80.00
1986	0.00	16.00	4.00	72.00	69.00	7.00	4.00	43.00	13.00	66.00	15.00	49.00	72.00
1987	0.00	0.00	0.00	59.00	47.00	56.70	19.20	44.90	27.40	23.20	22.00	6.00	59.00
1988	0.00	0.00	0.00	17.30	20.00	15.40	63.00	65.00	32.00	39.00	38.00	30.50	65.00
1989	0.00	0.00	8.00	3.20	30.00	15.00	22.50	67.00	35.50	40.00	20.00	0.00	67.00
1992	0.00	0.00	0.00	33.00	34.00	60.30	60.00	114.00	110.00	35.00	50.00	5.00	114.00
1993	0.00	0.00	49.00	20.00	33.00	65.00	19.00	93.00	77.00	62.00	58.00	10.00	93.00
1994	0.00	0.00	38.00	38.00	42.00	18.00	7.00	32.00	25.00	28.00	23.00	0.00	42.00
1995	0.00	0.00	0.00	100.00	25.00	40.00	42.00	123.00	42.00	70.00	45.00	0.00	123.00
1996	5.00	0.00	12.00	50.00	70.00	90.00	50.00	51.00	100.00	115.00	90.00	0.00	115.00
1997	0.00	0.00	0.00	46.00	47.00	95.00	26.00	48.00	65.00	40.00	40.00	0.00	95.00
1998	0.00	0.00	28.00	45.00	49.00	64.00	10.00	115.00	55.00	72.00	40.00	137.00	137.00
1999	0.00	35.00	8.00	40.00	30.00	35.00	53.00	107.00	41.00	18.66	17.11	14.00	107.00
2000	4.00	3.00	0.00	44.00	29.00	54.00	116.00	43.00	55.00	45.00	17.00	0.00	116.00
2001	0.00	0.00	0.00	0.00	72.00	40.00	55.00	30.00	34.00	57.00	18.00	40.00	72.00
2002	0.00	0.00	0.00	150.00	25.00	31.00	25.00	32.00	75.00	85.00	78.00	35.00	150.00
2003	0.00	35.00	32.00	95.00	45.00	85.00	70.00	42.00	70.00	74.00	61.00	45.00	95.00
2004	0.00	0.00	0.00	6.07	12.14	68.00	60.00	50.00	80.00	72.00	60.00	0.00	80.00
2005	0.00	0.00	1.00	0.00	76.00	69.00	20.00	50.00	90.00	73.00	46.44	2.02	90.00
2006	10.00	0.00	0.00	46.00	91.00	80.00	50.00	52.00	41.00	25.00	75.00	0.00	91.00
2007	0.00	0.00	0.00	60.00	40.00	85.00	51.00	73.00	135.00	115.00	135.00	0.00	135.00
2008	0.00	0.00	33.25	24.07	70.14	71.58	43.45	52.10	77.17	55.32	31.00	6.00	77.17
2009	15.00	0.00	0.00	30.00	59.00	21.00	33.00	18.00	33.00	12.00	35.00	12.00	59.00
2010	0.00	0.00	53.40	34.17	58.92	48.79	50.81	41.99	50.63	82.18	79.10	30.32	82.18
2011	15.02	0.62	15.74	27.52	68.94	29.49	48.99	43.19	39.69	105.30	80.84	24.30	105.30
2012	2.55	0.00	0.93	41.00	37.00	10.00	12.00	55.30	55.00	89.00	23.00	28.00	89.00
2013	0.00	0.00	0.00	52.00	25.00	35.00	60.00	52.00	65.00	53.00	25.00	0.00	65.00
2014	0.00	0.00	12.00	45.00	27.00	98.00	17.00	28.00	69.00	80.00	52.00	22.00	98.00
2015	0.00	20.00	0.00	18.00	9.00	49.00	40.00	35.51	19.29	19.22	20.87	15.93	49.00
2016	0.00	0.00	0.00	27.00	75.00	30.00	40.00	42.00	21.00	63.00	40.00	0.00	75.00
2017	0.00	0.00	54.00	32.00	46.00	46.00	82.00	46.00	64.00	37.12	38.46	32.90	82.00
2018	0.00	4.00	0.00	53.00	64.00	18.00	20.00	45.00	64.00	40.00	20.00	0.00	64.00
2019	16.00	0.00	0.00	40.00	60.00	12.00	36.00	24.00	38.00	80.00	60.00	0.00	80.00
2020	0.00	0.00	0.00	27.00	22.00	56.00	45.00	60.00	50.00	42.82	64.87	12.39	64.87
MAX	16.00	55.00	54.00	150.00	91.00	98.00	116.00	123.00	135.00	115.00	135.00	137.00	156.80

Ingenostrum Colombia S.A.S., 2021

Una vez completados los datos de precipitación de la estación de Ponedera se calculará la serie anual de máximas precipitaciones en 24 horas a emplear en los cálculos, utilizando el método de los polígonos de Thiessen y los datos de las estaciones de Sabanalarga, Ponedera y Puerto Giraldo.

Se han calculado las áreas de influencia de cada estación en el conjunto de las cuencas, para los años anteriores a 1979 solamente se utilizaron las estaciones de Sabanalarga y Ponedera y, para los años posteriores a 1979 que es a partir que se tienen datos de la estación Puerto Giraldo se tomaron en cuenta el área de influencia de las tres estaciones. Las áreas de influencia consideradas se presentan en la Tabla 7-18.

Tabla 7-18 Áreas de influencias de las estaciones – zona Línea de Transmisión

	Km2		Km2
Area Sabanalarga	48.97	Area Sabanalarga	48.19
Area Ponedera	11.92	Area Puerto Giraldo	2.78
Total	60.89	Area Ponedera	9.92
		Total	60.89

Ingenostrum Colombia S.A.S., 2021

Por lo tanto, una vez realizados los cálculos aplicando polígonos de Thiessen, la serie de máximos anuales de las precipitaciones máximas en 24 horas para la zona de estudio de la línea de transmisión se presentan en la Tabla 7-19.

Tabla 7-19 Serie de precipitaciones máximas – área Línea de Transmisión

Precipitaciones máx. en 24 horas	
Años	Precipitación (mm)
1959	110.00
1960	90.00
1961	90.00
1962	61.00
1963	90.00
1964	88.39
1965	90.00
1966	63.63
1967	80.91
1968	68.33
1969	104.68
1970	85.13
1971	76.89
1972	70.24
1973	76.54
1974	132.10
1975	95.84
1976	67.91
1977	84.53
1978	92.87
1979	97.11
1980	95.58
1981	88.43
1982	63.80
1983	70.64
1984	93.09
1985	77.60
1986	93.99
1987	58.85
1990	72.81
1991	69.60
1992	65.98
1993	86.71
1994	80.67
1995	108.02
1996	99.28
1997	92.08
1998	102.44
1999	113.61
2000	78.41
2001	66.87
2002	89.36
2003	85.73
2004	69.59
2005	56.30
2006	94.09
2007	63.51
2008	79.72
2009	104.63
2010	109.30
2011	161.48
2012	64.79
2013	66.31
2014	60.54
2015	42.59
2016	92.87
2017	71.96
2018	83.16
2019	58.39
2020	101.28

(Ingenostrum Colombia S.A.S., 2021)

Para la representación matemática de las curvas IDF se ha utilizado la fórmula de Merrill Bernard, que tiene la siguiente expresión:

$$i = \frac{K \times T^m}{D^n}$$

Siendo:

i: intensidad, en mm/hora

T: Periodo de retorno en años

D: Duración de la lluvia en minutos

K,m,n: parámetros de ajuste.

Para resolverlo y calcular los parámetros de ajuste se han tomado logaritmos quedando la expresión:

$$\log \log i = \log K + m \times \log T - n \times \log D$$

Esta igualdad se puede expresar como:

$$Y = b_0 + b_1 X_1 - b_2 X_2$$

En esta expresión en que la variable dependiente está relacionada con varias variables a la vez y no depende significativamente de una sola, se ha resuelto como una regresión lineal múltiple.

De ahí se han obtenido los siguientes parámetros

K	171.6166353
m	0.141078107
n	0.526826849

Por lo tanto, con estos parámetros la ecuación válida para la cuenca de estudio sería

$$i = \frac{171,6166353 \times T^{0.141078107}}{D^{0.52682685}}$$

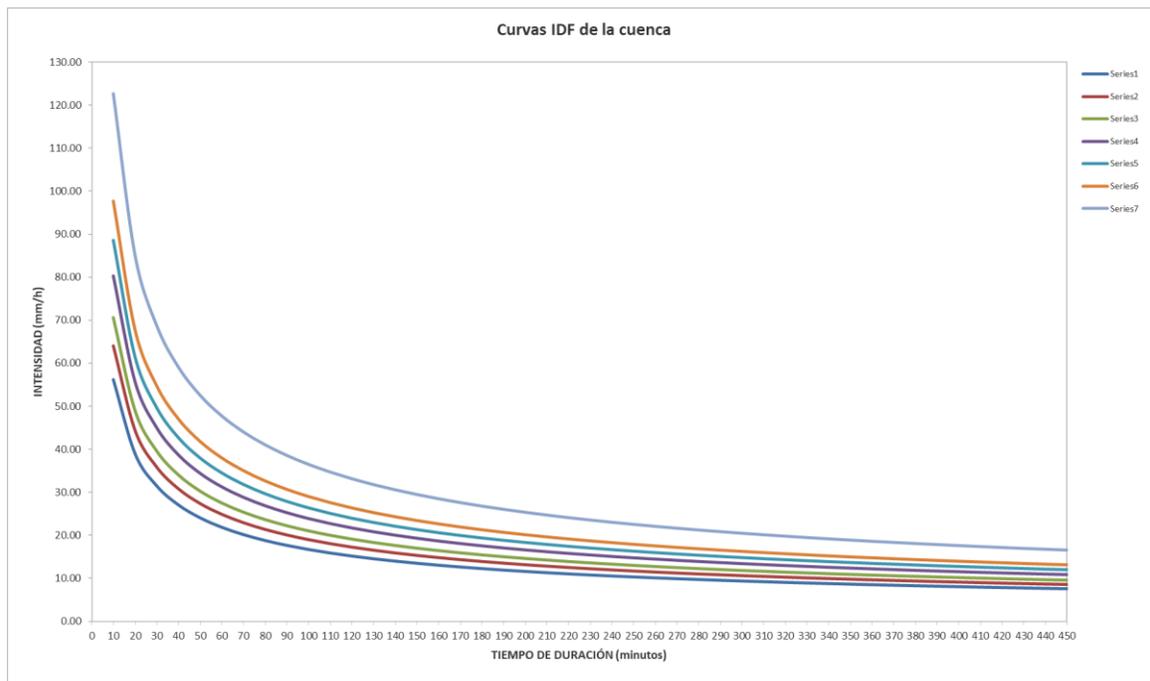
En la Tabla 7-20 se presentan los valores de intensidad duración frecuencia estimados y en la Figura 7-17 las curvas IDF.

Tabla 7-20 Valores de intensidad duración frecuencia – área línea de Transmisión

Frecuencia	Duración en minutos											
años	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
2	56.70	39.39	31.83	27.36	24.34	22.11	20.39	19.01	17.87	16.91	16.08	15.36
5	65.65	45.61	36.85	31.68	28.18	25.60	23.61	22.01	20.69	19.57	18.62	17.78
10	73.35	50.95	41.17	35.40	31.48	28.60	26.38	24.59	23.11	21.87	20.80	19.87
25	84.92	58.99	47.67	40.98	36.45	33.12	30.54	28.47	26.76	25.32	24.08	23.00
50	94.87	65.91	53.26	45.78	40.72	37.00	34.12	31.80	29.90	28.29	26.90	25.70
100	105.99	73.63	59.50	51.15	45.49	41.33	38.12	35.53	33.40	31.60	30.06	28.71
500	137.10	95.24	76.96	66.16	58.84	53.46	49.30	45.96	43.20	40.88	38.88	37.14
	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240
2	15.63	15.04	14.50	14.01	13.57	13.17	12.80	12.46	12.14	11.85	11.58	11.32
5	18.51	17.80	17.16	16.59	16.07	15.59	15.15	14.75	14.38	14.03	13.70	13.40
10	21.03	20.22	19.50	18.85	18.26	17.71	17.22	16.76	16.33	15.94	15.57	15.22
25	24.89	23.94	23.08	22.31	21.61	20.97	20.38	19.84	19.33	18.87	18.43	18.02
50	28.28	27.20	26.23	25.35	24.55	23.82	23.16	22.54	21.97	21.43	20.94	20.47
100	32.13	30.90	29.80	28.80	27.90	27.07	26.31	25.61	24.96	24.35	23.79	23.26
500	43.21	41.56	40.07	38.73	37.52	36.40	35.38	34.44	33.56	32.75	31.99	31.28
	250	260	270	280	290	300	310	320	330	340	350	360
2	10.44	10.23	10.03	9.84	9.66	9.49	9.33	9.17	9.03	8.89	8.75	8.62
5	12.09	11.85	11.61	11.39	11.18	10.99	10.80	10.62	10.45	10.29	10.13	9.98
10	13.51	13.23	12.97	12.73	12.50	12.28	12.07	11.87	11.68	11.49	11.32	11.15
25	15.64	15.32	15.02	14.74	14.47	14.21	13.97	13.74	13.52	13.31	13.11	12.91
50	17.47	17.12	16.78	16.46	16.16	15.88	15.61	15.35	15.10	14.87	14.64	14.43
100	19.52	19.12	18.75	18.39	18.06	17.74	17.44	17.15	16.87	16.61	16.36	16.12
500	25.25	24.74	24.25	23.79	23.36	22.95	22.55	22.18	21.82	21.48	21.16	20.85
	370	380	390	400	410	420	430	440	450			
2	8.50	8.38	8.27	8.16	8.05	7.95	7.85	7.76	7.67			
5	9.84	9.70	9.57	9.45	9.32	9.21	9.09	8.98	8.88			
10	10.99	10.84	10.69	10.55	10.42	10.29	10.16	10.04	9.92			
25	12.73	12.55	12.38	12.22	12.06	11.91	11.76	11.62	11.48			
50	14.22	14.02	13.83	13.65	13.47	13.30	13.14	12.98	12.83			
100	15.89	15.67	15.45	15.25	15.05	14.86	14.68	14.50	14.33			
500	20.55	20.26	19.99	19.73	19.47	19.23	18.99	18.76	18.54			

(Ingenostrum Colombia S.A.S., 2021)

Figura 7-17 Curvas IDF – área Línea de Transmisión



(Ingenostrum Colombia S.A.S., 2021)

7.4.3.2 Geomorfología de las cuencas de interés – Línea de Transmisión

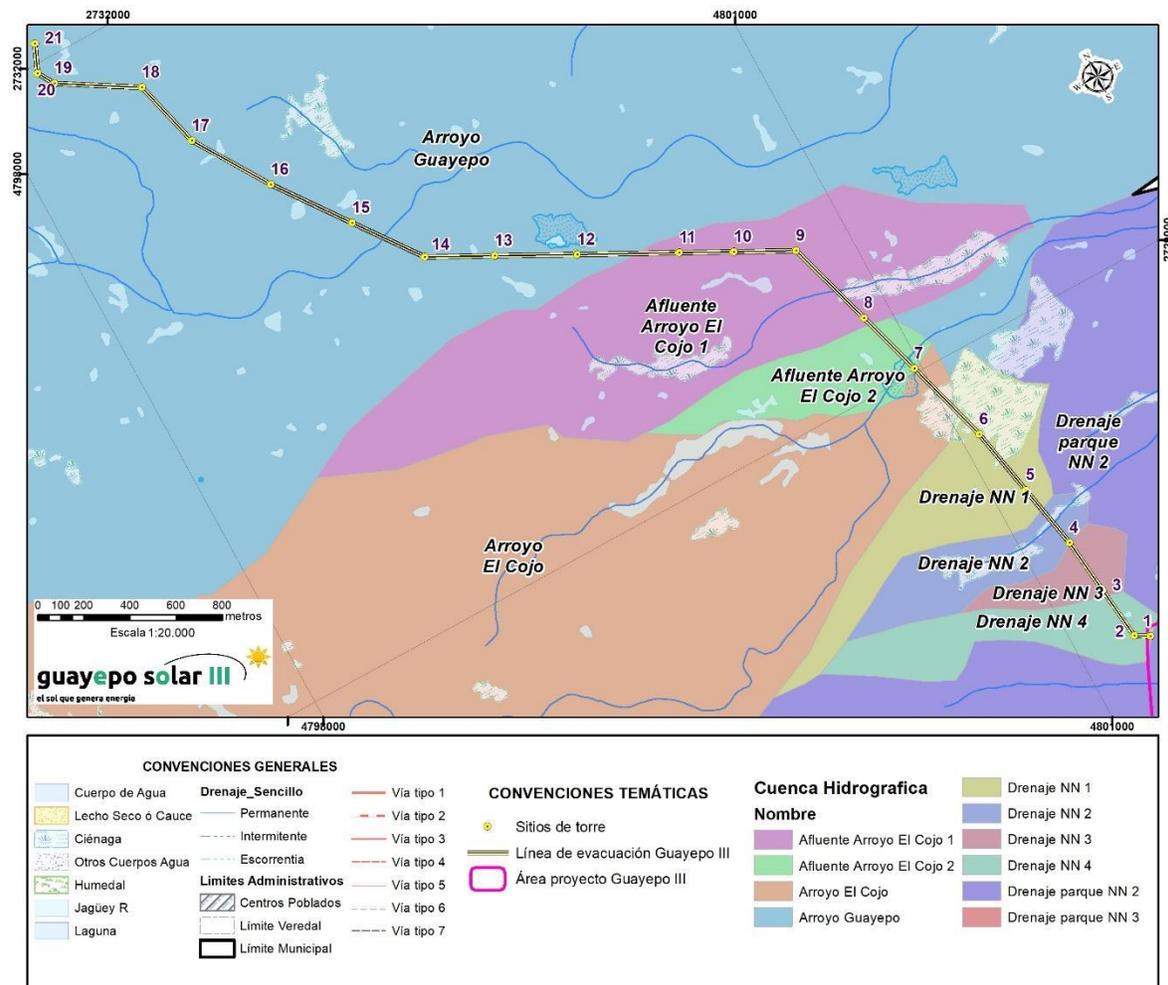
Una vez estudiada toda la información geográfica, topográfica, etc. de diversos organismos se han definido las cuencas vertientes cuyas aguas tienen como punto de salida los predios donde se pretende instalar la línea de evacuación de la planta fotovoltaica.

Las cuencas por donde se plantea la línea de evacuación del parque fotovoltaico son las que se han denominado arroyo Guayepo, arroyo El Cojo y otros cuerpos de agua sin denominación los cuales se identificarán como Afluente Arroyo El Cojo 1, Afluente Arroyo El Cojo 2, arroyos NN1, NN2, NN3 y NN4.

Para la delimitación de las cuencas asociadas a la red de drenaje que son de interés, se empleó la cartografía IGAC a escala 25000 y 100000, modelo digital de terreno de la zona del proyecto LIDAR y la red de drenaje identificada, y establecer las divisorias de agua asociadas a las subcuencas hidrográficas.

Para la delimitación de las cuencas asociadas a la red de drenaje que es de interés se empleó también un DEM del sistema ALOS PALSAR para complementar la información de relieve en el área de influencia y así definir las divisorias de agua asociadas a la subcuenca hidrográfica y pendiente topográfica. En la Figura 7-18 se presenta la delimitación de las cuencas y el DEM empleado.

Figura 7-18 Delimitación de cuencas sector Línea de Transmisión



(Ingenostrum Colombia S.A.S., 2021)

Para las cuencas analizadas, que se definieron de igual manera en el numeral 5.1 del presente estudio se establecieron parámetros tales como el área o tamaño de

la cuenca, la forma, pendiente y elevación media, las características de su red de drenaje y las del cauce o colector principal. Ver Tabla 7-21.

Tabla 7-21 Características morfométricas de las cuencas – Línea de Transmisión

Parámetro	Unidad	Arroyo Guayepo1	Arroyo Guayepo2	Arroyo El Cojo	Arroyo El Cojo 3	Arroyo El Cojo 2	Arroyo NN 1	Arroyo NN 2	Arroyo NN 3	Arroyo NN 4
Área	km ²	12.64	19.97	36.13	2.21	1.44	0.29	0.13	0.25	0.47
P	km	20.04	25.96	44.25	7.33	6.28	3.33	1.86	2.7	4.28
L	km	9.59	14.39	24.61	4.06	3.18	1.6	0.79	1.3	1.75
Z máx	msnm	110	110	200	50	52	36	33.2	35.5	39
Z mín	msnm	47.49	32.76	30.53	30.96	29.83	29	29.25	29.5	30
L drenajes	km	71.3	89.2	192.8	4.06	3.18	1.6	0.79	1.3	1.75
Pendiente cauce	m/m	0.0065	0.0054	0.0069	0.0047	0.007	0.0044	0.005	0.0046	0.0051
Coef. Compacidad		1.59	1.64	2.08	1.39	1.48	1.74	1.45	1.52	1.76
Densidad de drenaje	km/km ²	5.64	4.47	5.34	1.84	2.21	5.52	6.08	5.2	3.72

(Ingenostrum Colombia S.A.S., 2021)

Hay que indicar que las cuencas denominadas Guayepo 1 y Guayepo 2 coinciden y se superponen. Esto es debido a que el arroyo Guayepo entra y sale dos veces en el área del estudio de inundaciones. Hay una entrada y salida aguas arriba del área de estudio cuya salida da lugar al punto bajo de la cuenca denominada Guayepo 1 y existe hacia aguas abajo otra entrada y salida del área de estudio que da lugar a la cuenca Guayepo 2. Por lo tanto, es la misma cuenca, pero se divide en dos para calcular dos caudales diferentes según la ubicación geográfica del arroyo con respecto al área de estudio.

A continuación, se describen las características más importantes de estas subcuencas.

- Guayepo 1. Tiene un área de 12,64 Km², el cauce principal hasta el punto final de la salida del área de estudio tiene una longitud de 9,59 kilómetros. El desnivel se sitúa entre la cota superior de 110,00 metros y la parte baja antes al salir el arroyo de la zona de estudio en la cota 47,49 metros. La forma es alargada.

- Guayepo 2. Es la otra parte de la cuenca del arroyo Guayepo y que engloba a Guayepo 1, tiene una forma bastante alargada, predominando la longitud a la anchura. Tiene una cuenca con un área de 19,97 Km² y una longitud de 14,39 kilómetros, con un desnivel de 77,24 metros entre las cotas 110,00 y 32,76.
- El Cojo. Es la cuenca más grande del estudio, tiene un área de 36,13 km², longitud de cauce de 24,61 kilómetros y un desnivel de 169,47 metros aproximadamente entre las cotas 200,40 y 30,53 metros a la salida del área de estudio. También su forma es muy alargada, predominando la longitud a la anchura. El arroyo El Cojo nace al este de la población de Sabanalarga, uniéndosele inmediatamente los arroyos Armadillo y Caracolí que nacen en la parte más alta de la cuenca al suroeste de la antedicha población.
- El Cojo 3. Es una cuenca al norte de la de El Cojo, tiene una forma no muy alargada no predominando mucho la longitud con respecto a la anchura, su área es de 2,21 km² y el desnivel es de 19,04 metros entre las cotas 50,00 y 30,96 metros. La longitud del cauce principal es de 4,06 km. El arroyo que da lugar a esta cuenca y afluente de El Cojo, nace en las afueras de la población de Cascajal.
- El Cojo 2. Cuenca pequeña con un área de 1,44 km², la longitud del arroyo que nace al noreste de Cascajal es de 3,18 km con un desnivel de 22,17 metros y una pendiente de 0,7 por ciento.
- NN1. Es la cuenca considerada situada más al sur, es un drenaje pequeño con un área de 0,29 km² y una longitud de 1,6 km.
- NN2. El drenaje más pequeño considerado que cruza la línea de evacuación con un área de 0,13 km² y 0,79 km de longitud.
- NN3. Situada más al norte de la anterior con un área pequeña de 0,25 km² y una longitud de 1,3 km.
- NN4. Drenaje de 1,75 km de longitud que da lugar a un área de 0,47 km² La geomorfología de la cuenca corresponde a un valle aluvial donde

predominan las formas suaves de llanura, con presencia de colinas de poca altura de antiguos rellenos del valle.

En el territorio del Departamento del Atlántico se encuentran dos tipos de relieve: uno montañoso y otro plano, cada uno de los cuales está conformado por diferentes zonas.

El relieve plano está conformado por las llanuras aluviales y costeras, depósitos eólicos, terrazas marinas y fluviales.

Las cuencas que estamos analizando, en la mayor parte corresponden a las terrazas aluviales, con depósitos de gran importancia, que presentan un relieve suavemente ondulado y están conformadas por gravas y arenas

7.4.3.3 Numero de curva – Zona Línea de Transmisión

Para identificar los tipos de suelos presentes en las cuencas de estudio se ha utilizado el “Estudio General de Suelos y zonificación de tierras del Departamento del Atlántico” Año 2007, la información del geoportal del Instituto Geográfico Agustín Codazzi IGAC se han descargado los archivos shapefile que corresponden a los “Mapas de suelos del territorio colombiano a escala 1:100.000. Departamento Atlántico” que delimitan los suelos de la zona que se está estudiando.

En las cuencas en estudio los principales usos del suelo que se han identificados son los siguientes:

- Tejido urbano continuo: Son espacios conformados por edificaciones y los espacios adyacentes a la infraestructura edificada. Las edificaciones, vías y superficies cubiertas artificialmente cubren más del 80% de la superficie del terreno. La vegetación y el suelo desnudo representan una baja proporción del área del tejido urbano. La superficie de la unidad debe ser superior a 5 ha.

- Tejido urbano discontinuo: Son espacios conformados por edificaciones y zonas verdes. Las edificaciones, vías e infraestructura construida cubren artificialmente la superficie del terreno de manera dispersa y discontinua, ya que el resto del área está cubierto por vegetación. Esta unidad puede presentar dificultad para su delimitación cuando otras coberturas se mezclan con áreas clasificadas como zonas urbanas.
- Zonas industriales o comerciales: Áreas recubiertas por infraestructura artificial (terrenos cimentados, alquitranados, asfaltados o estabilizados), sin presencia de áreas verdes dominantes, las cuales se utilizan también para actividades comerciales o industriales.
- Zonas de extracción minera: Son áreas dedicadas a la extracción de materiales minerales a cielo abierto.
- Pastos limpios: Esta cobertura comprende las tierras ocupadas por pastos limpios con un porcentaje de cubrimiento mayor al 70%; la realización de prácticas de manejo (limpieza, encalamiento y/o fertilización, etc.) y el nivel tecnológico utilizados impiden la presencia o el desarrollo de otras coberturas.
- Pastos arbolados: Cobertura que incluye las tierras cubiertas con pastos en los cuales se han estructurado potreros con presencia de árboles de altura superior a 5 metros, distribuidos en forma dispersa. La cobertura de árboles debe ser mayor al 30% y menor al 50% del área de pastos arbolados.
- Pastos enmalezados: Son las coberturas representadas por tierras con pastos y malezas conformando asociaciones de rastrojos, debido principalmente a la realización de escasas prácticas de manejo o la ocurrencia de procesos de abandono. En general, la altura del rastrojo es menor a 1,5 metros.
- Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales: Esta cobertura comprende las superficies del territorio ocupadas principalmente por coberturas de cultivos y pastos en combinación con espacios naturales

importantes. En esta unidad, el patrón de distribución de las zonas de cultivos, pastos y espacios naturales no puede ser representado individualmente, con parcelas con tamaño menor a 25 hectáreas. Las áreas de cultivos y pastos ocupan entre el 30 y el 70% de la superficie total de la unidad. Los espacios naturales están conformados por las áreas ocupadas por relictos de bosque natural, arbustos y matorrales, bosque de galería y/o riparios, pantanos y otras áreas no intervenidas o poco transformadas y que debido a limitaciones de uso por sus características biofísicas permanecen en estado natural o casi natural.

- Mosaico de pastos y espacios naturales: Esta cobertura está constituida por las superficies ocupadas principalmente por coberturas de pastos en combinación con espacios naturales. En esta unidad, el patrón de distribución de las zonas de pastos y de espacios naturales no puede ser representado individualmente y las parcelas de pastos presentan un área menor a 25 hectáreas. Las coberturas de pastos representan entre el 30 y el 70% de la superficie total del mosaico. Los espacios naturales están conformados por las áreas ocupadas por relictos de bosque natural, arbustos y matorrales, bosque de galería y/o ripario, pantanos y otras áreas no intervenidas o poco transformadas y que debido a limitaciones de uso por sus características biofísicas permanecen en estado natural o casi natural.
- Bosque de galería y ripario: Se refiere a las coberturas constituidas por vegetación arbórea ubicada en las márgenes de cursos de agua permanentes o temporales. Este tipo de cobertura está limitado por su amplitud, ya que bordea los cursos de agua y los drenajes naturales. Cuando la presencia de estas franjas de bosques ocurre en regiones de sabanas se conoce como bosque de galería o cañadas, las otras franjas de bosque en cursos de agua de zonas andinas son conocidas como bosque ripario.

- Arbustal abierto: Corresponde a las coberturas constituidas por vegetación natural de porte bajo, con un dosel irregular en donde predominan los elementos arbustivos, pero que puede presentar elementos arbóreos dispersos. Esta vegetación puede ser producto de las condiciones naturales o de la acción antrópica. Un arbusto es una planta perenne, con una altura entre 0.5 y 5 m y sin una copa definida (FAO, 2001).
- Vegetación secundaria baja: La cobertura constituida por vegetación esclerófila está compuesta por árboles pequeños y arbustos achaparrados, caracterizados por tener hojas duras y caducifolias, con cutícula gruesa y succulenta, por ejemplo, los cactus y/o plantas espinosas.
- Tierras desnudas y degradadas: Esta cobertura corresponde a las superficies de terreno desprovistas de vegetación o con escasa cobertura vegetal, debido a la ocurrencia de procesos tanto naturales como antrópicos de erosión y degradación extrema. Se incluyen las áreas donde se presentan tierras salinizadas, en proceso de desertificación, o con intensos procesos de erosión que pueden llegar hasta la formación de cárcavas.
- Zonas pantanosas: Esta cobertura comprende las tierras bajas, que generalmente permanecen inundadas durante la mayor parte del año, pueden estar constituidas por zonas de divagación de cursos de agua, llanuras de inundación, antiguas vegas de divagación y depresiones naturales donde la capa freática aflora de manera permanente o estacional. Comprenden hondonadas donde se recogen y naturalmente se detienen las aguas, con fondos más o menos cenagosos. Dentro de los pantanos se pueden encontrar cuerpos de agua, algunos con cobertura parcial de vegetación acuática, con tamaño menor a 25 ha, y que en total representan menos del 30% del área total del pantano.

De acuerdo con los tipos de suelos identificados se adoptaron los valores del número de curva CN, en la Tabla 7-22 se presentan los valores de CN recomendados por el INVIAS de Colombia,

Tabla 7-22 Valores CN en función del tipo de cobertura y condición hidrológica en zona de la Línea de Transmisión

Tabla 2.14. - Número de curva de escorrentía para áreas urbanas para una condición de humedad antecedente promedio AMCII e $I_a=0.2S$

TIPO DE COBERTURA Y CONDICIÓN HIDROLÓGICA	% PROMEDIO ÁREAS IMPERMEABLES ¹	NUMERO DE CURVAS PARA GRUPOS DE SUELOS HIDROLÓGICOS			
		A	B	C	D
Áreas urbanas totalmente desarrolladas (vegetación ya establecida):					
Espacios abiertos (prados, parques, campos de golf, cementerios, etc.) ²					
Condición pobre (menos del 50% cubierto de pasto)		68	79	86	89
Condición regular (del 50% al 75% cubierto de pasto)		49	69	79	84
Condición buena (más del 75% cubierto de pasto)		39	61	74	80
Áreas Impermeables:					
Parqueaderos pavimentados, techos, autopistas, etc.					
(excluyendo derecho de vía)		98	98	98	98
Calles y caminos:					
Pavimentados		98	98	98	98
Pavimentados; zanjas abiertas (incluyendo derecho de vía)		83	89	92	93
Grava (incluyendo derecho de vía)		76	85	89	91
Tierra (incluyendo derecho de vía)		72	82	87	89
Áreas desiertas urbanas:					
Paisajes desérticos naturales (solamente áreas permeables) ³		63	77	85	88
Paisajes desérticos artificiales (barreras impermeables de maleza, arbustos de desierto con 1 a 2 pulg de diámetro; Cubierta de arena o grava y orillas de áreas húmedas)		96	96	96	96
Áreas urbanas:					
Comercial y de negocios	85	89	92	94	95
Industrial	72	81	88	91	93
Áreas residenciales por promedio del tamaño del lote:					
1/8 de acre o menos (506 m ² o menos)	65	77	85	90	92
1/4 acre (1012 m ²)	38	61	75	83	87
1/3 acre (1350 m ²)	30	57	72	81	86
1/2 acre (2025 m ²)	25	54	70	80	85
1 acre (4050 m ²)	20	51	68	79	84
2 acre (8100 m ²)	12	46	65	77	82
Áreas urbanas desarrolladas:					
Áreas permeables conformadas (solamente áreas permeables, sin vegetación)		77	86	91	94

Referencia: Moncalvo S. Germán "Hidrología en la Ingeniería" Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería Bogotá D.C. Colombia. Segunda Edición

Tabla 2.16. - Número de curva de escorrentía de otras tierras agrícolas para una condición de humedad antecedente promedio AMCII e $I_a=0.2S$

DESCRIPCIÓN Y TIPO DE COBERTURA	CONDICIÓN HIDROLÓGICA	NÚMERO DE CURVA PARA GRUPOS DE SUELOS HIDROLÓGICOS			
		A	B	C	D
Pastos, forraje para pastoreo ¹	Mala	68	79	86	89
	Regular	49	69	79	84
	Buena	39	61	74	80
Prados continuos, protegidos de pastoreo, y generalmente segados para heno	---	30	58	71	78
Maleza mezclada con pasto de semilla con la maleza como principal elemento ²	Mala	48	67	77	83
	Regular	35	56	70	77
	Buena	30 ³	48	65	73
Combinación de bosques y pastos (huertas o granjas con árboles) ⁴	Mala	57	73	82	86
	Regular	43	65	76	82
	Buena	32	58	72	79
Bosques ⁵	Mala	45	66	77	83
	Regular	36	60	73	79
	Buena	30	55	70	77
Predios de granjas, construcciones, veredas, caminos y lotes circundantes	---	59	74	82	86

Referencia: Monsalve S. Germán, "Hidrología en la Ingeniería", Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería, Bogotá D.C., Colombia, Segunda Edición, 1999.

¹Mala: Menos de 50% del suelo cubierto con pastoreo intensivo sin maleza
Regular: 50 a 75% del suelo cubierto y un pastoreo no muy intensivo.
Buena: más del 75% del suelo cubierto y un pastoreo ocasional a ligero.

²Mala: Menos del 50% del suelo cubierto.
Regular: 50 a 75% del suelo cubierto.
Buena: más del 75% del suelo cubierto.

³Número de curva actual menor a 30. Emplear CN=30 para cálculos de escorrentía.

⁴Los valores de CN mostrados se calcularon para áreas con 50% bosques y 50% cubiertas con pastos. Se pueden calcular otras combinaciones de CN para bosques y pastos.

⁵Mala: Humus vegetal, pequeños árboles y maleza destruida por pastoreo intensivo, y quemas regulares.
Regular: Bosques con pastoreo pero no quemados, suelo cubierto por humus vegetal.
Buena: Bosques protegidos del pastoreo, y el suelo cubierto adecuadamente por humus vegetal.

(INVIAS, 2009)

Por lo tanto, para los cinco tipos de coberturas del suelo que se tiene en la zona de las cuencas, los números de curva adoptados se presentan en la Tabla 7-23.

Tabla 7-23 Valores de número de curva para el tipo de suelo identificado en la zona de la línea de Transmisión

ID	USOS/COBERTURA	CN
1.1.1	Tejido urbano continuo	98.00
1.1.2	Tejido urbano discontinuo	97.00
1.2.1	Zonas industriales o comerciales	98.00
1.3.1	Zonas de extraccion minera	98.00
2.3.1	Pastos limpios	79.00
2.3.2	Pastos arbolados	79.00
2.3.3	Pastos enmalezados	67.00
2.4.3	Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	67.00
2.4.4	Mosaico de pastos con espacios naturales	67.00
3.1.4	Bosque de galeria y ripario	66.00
3.2.2.2	Arbustal abierto	67.00
3.2.3.2	Vegetacion secundaria baja	67.00
3.3.3	Tierras desnudas y degradadas	96.00
4.1.1	Zonas pantanosas	0.00

(Ingenostrum Colombia S.A.S., 2021)

El número de curva para cada cuenca será el resultado de ponderar los números de curva de los diferentes usos con relación al área que ocupa cada uno en la cuenca, en la Tabla 7-24 se presenta los valores estimados de CN para cada cuenca delimitada en la zona de la Línea de Transmisión.

Tabla 7-24 Numero de curva CN en las cuencas de la zona de la Línea de Transmisión

NUMEROS DE CURVA		
ID	SUBCUENCAS	CN
1	Guayepo1	67
2	Guayepo2	70
3	El cojo	70
4	El cojo2	74
5	El cojo3	78
6	NN1	75
7	NN2	77
8	NN3	75
9	NN4	75

(Ingenostrum Colombia S.A.S., 2021)

7.4.3.4 Tiempo de concentración – cuencas Línea de Transmisión

El tiempo de concentración de la cuenca se define como el tiempo que tarda una partícula de agua en llegar desde el punto más alejado al punto de desagüe.

El cálculo del tiempo de concentración difiere considerablemente de acuerdo con la fórmula empírica empleada, por lo que para este estudio se ha calculado por diferentes fórmulas cuyos resultados se muestran Tabla 7-25.

Tabla 7-25 Tiempos de concentración cuencas en zona de la Línea de Transmisión

Parámetro	Unidad	Guayepo 1	Guayepo 2	El Cojo	El Cojo 3	El Cojo 2	NN1	NN2	NN3	NN4
Parámetros cálculo	L Cauce (Km)	9.59	14.39	24.61	4.06	3.18	1.6	0.79	1.3	1.75
	Pendiente media (m/m)	0.0065	0.0054	0.0069	0.0047	0.007	0.0044	0.005	0.0046	0.0051
	Pendiente %	0.65	0.54	0.69	0.47	0.7	0.44	0.5	0.46	0.51
	Pendiente media (m/km)	6.5	5.4	6.9	4.7	7	4.4	5	4.6	5.1
	Area cuenca	12.64	19.97	36.13	2.21	1.44	0.29	0.13	0.25	0.47
	Diametro cuenca eq.	4.01	5.04	6.78	1.68	1.35	0.61	0.41	0.56	0.77
	Cota max	110	110	200	50	52	36	33.2	35.5	39
	Cota min	47.49	32.76	30.53	30.96	29.83	29	29.25	29.5	30
	Diferencia cotas (H)	62.51	77.24	169.47	19.04	22.17	7	3.95	6	9
Temez		4.35	6.14	8.81	2.41	1.86	1.2	0.69	1.02	1.3
Williams		5.02	7.54	11.42	2.74	2.04	1.34	0.69	1.11	1.4
Johnstone y Cross		5.04	6.47	7.96	3.56	2.85	2.27	1.55	2.02	2.3
SCS-Ranser		2.62	3.86	5.31	1.54	1.09	0.77	0.43	0.64	0.8
Ven T Chow		2.04	2.81	3.67	1.31	0.98	0.74	0.45	0.64	0.7
Cuerpo ingenieros USA		4.06	5.73	8.22	2.25	1.73	1.12	0.64	0.95	1.2
VALORES ADOPTADOS		3.86	5.43	7.57	2.3	1.76	1.24	0.74	1.06	1.3

(Ingenostrum Colombia S.A.S., 2021)

El resultado difiere considerablemente de acuerdo con la fórmula empírica empleada, por lo que se optará por tomar un valor promedio entre los resultados calculados. Se han considerado las fórmulas cuyos parámetros de cálculo dependen de la topografía y forma de la cuenca, ya que son los valores conocidos, descartando el resultado de la ecuación de Giandotti por ser excesivamente alto y estar fuera del rango de aplicación de dicha fórmula y el resultado de la ecuación de Ventura-Heras por ser el más bajo y prácticamente igual que el obtenido

mediante la expresión de Témez. A continuación, se presenta el valor estimado para cada cuenca:

- Cuenca Guayepo 1: 3,86 horas = 231,60 minutos
- Cuenca Guayepo 2: 5,43 horas = 325,80 minutos.
- Cuenca El cojo: 7,47 horas = 448,20 minutos.
- Cuenca El cojo 2: 1,77 horas = 106,20 minutos.
- Cuenca El cojo 3: 2,34 horas = 140,40 minutos.
- Cuenca NN1: 1,27 horas = 76,20 minutos.
- Cuenca NN2: 0,76 horas = 45,60 minutos.
- Cuenca NN3: 1,08 horas = 64,80 minutos.
- Cuenca NN4: 1,29 horas = 77,40 minutos.

7.4.3.5 Hietograma de diseño

La falta de datos pluviográficos para poder estimar la duración histórica de los aguaceros conlleva que sea necesaria su estimación a partir del tiempo de concentración de las cuencas, para que todas estén contribuyendo a la formación del caudal punta de escorrentía.

Por lo tanto, la tormenta de diseño elegida será la de la cuenca que tiene un mayor tiempo de concentración, que sería la del arroyo El cojo con una duración de 7,50 horas.

A partir de las curvas IDF, se construirán las curvas de masas de los aguaceros puntuales, para periodo de retorno de 2, 5, 15, 25, 50 y 100 años, con intervalo de 5 minutos y para duraciones entre 0 y 450 minutos. En la Tabla 7-26 se presentan los valores de los aguaceros para distintos periodos de retornos.

**Tabla 7-26 Curva de masas de aguacero para distintos periodos de retorno
Línea de Transmisión**

Duración (minutos)	Periodo de retorno (años)					
	2	5	10	25	50	100
5	81.63	94.51	105.58	122.24	136.57	152.58
10	56.70	65.65	73.35	84.92	94.87	105.99
15	45.82	53.05	59.27	68.62	76.66	85.65
20	39.39	45.61	50.95	58.99	65.91	73.63
25	35.03	40.56	45.31	52.46	58.61	65.48
30	31.83	36.85	41.17	47.67	53.26	59.50
35	29.35	33.99	37.97	43.96	49.11	54.87
40	27.36	31.68	35.40	40.98	45.78	51.15
45	25.72	29.78	33.27	38.52	43.04	48.08
50	24.34	28.18	31.48	36.45	40.72	45.49
55	23.15	26.80	29.94	34.66	38.73	43.27
60	22.11	25.60	28.60	33.12	37.00	41.33
65	21.20	24.55	27.42	31.75	35.47	39.63
70	20.39	23.61	26.38	30.54	34.12	38.12
75	19.66	22.77	25.44	29.45	32.90	36.76
80	19.01	22.01	24.59	28.47	31.80	35.53
85	18.41	21.32	23.82	27.58	30.81	34.42
90	17.87	20.69	23.11	26.76	29.90	33.40
95	17.37	20.11	22.46	26.01	29.06	32.46
100	16.91	19.57	21.87	25.32	28.29	31.60
105	16.48	19.08	21.31	24.68	27.57	30.80
110	16.08	18.62	20.80	24.08	26.90	30.06
115	15.71	18.19	20.32	23.52	26.28	29.36
120	15.36	17.78	19.87	23.00	25.70	28.71
125	15.03	17.41	19.45	22.52	25.16	28.10
130	14.73	17.05	19.05	22.06	24.64	27.53
135	14.44	16.72	18.68	21.62	24.16	26.99
140	14.17	16.40	18.32	21.21	23.70	26.48
145	13.91	16.10	17.99	20.83	23.27	25.99
150	13.66	15.82	17.67	20.46	22.86	25.54
155	13.43	15.55	17.37	20.11	22.47	25.10
160	13.21	15.29	17.08	19.78	22.09	24.68
165	12.99	15.04	16.81	19.46	21.74	24.29
170	12.79	14.81	16.55	19.16	21.40	23.91
175	12.60	14.59	16.30	18.87	21.08	23.55
180	12.41	14.37	16.06	18.59	20.77	23.20
185	12.23	14.17	15.83	18.32	20.47	22.87
190	12.06	13.97	15.61	18.07	20.19	22.55
195	11.90	13.78	15.39	17.82	19.91	22.25
200	11.74	13.60	15.19	17.59	19.65	21.95
205	11.59	13.42	14.99	17.36	19.40	21.67

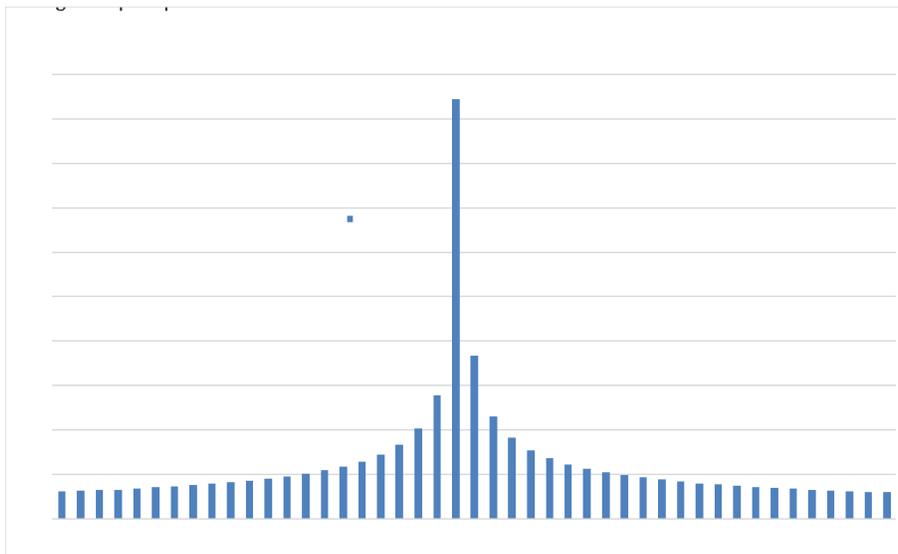
Duración (minutos)	Periodo de retorno (años)					
	2	5	10	25	50	100
210	11.45	13.25	14.81	17.14	19.15	21.40
215	11.31	13.09	14.62	16.93	18.92	21.13
220	11.17	12.93	14.45	16.73	18.69	20.88
225	11.04	12.78	14.28	16.53	18.47	20.63
230	10.91	12.63	14.11	16.34	18.26	20.40
235	10.79	12.49	13.96	16.16	18.05	20.17
240	10.67	12.35	13.80	15.98	17.85	19.95
245	10.56	12.22	13.65	15.81	17.66	19.73
250	10.44	12.09	13.51	15.64	17.47	19.52
255	10.34	11.97	13.37	15.48	17.29	19.32
260	10.23	11.85	13.23	15.32	17.12	19.12
265	10.13	11.73	13.10	15.17	16.95	18.93
270	10.03	11.61	12.97	15.02	16.78	18.75
275	9.93	11.50	12.85	14.88	16.62	18.57
280	9.84	11.39	12.73	14.74	16.46	18.39
285	9.75	11.29	12.61	14.60	16.31	18.22
290	9.66	11.18	12.50	14.47	16.16	18.06
295	9.57	11.08	12.38	14.34	16.02	17.90
300	9.49	10.99	12.28	14.21	15.88	17.74
305	9.41	10.89	12.17	14.09	15.74	17.59
310	9.33	10.80	12.07	13.97	15.61	17.44
315	9.25	10.71	11.96	13.85	15.48	17.29
320	9.17	10.62	11.87	13.74	15.35	17.15
325	9.10	10.53	11.77	13.63	15.22	17.01
330	9.03	10.45	11.68	13.52	15.10	16.87
335	8.96	10.37	11.58	13.41	14.98	16.74
340	8.89	10.29	11.49	13.31	14.87	16.61
345	8.82	10.21	11.41	13.21	14.75	16.48
350	8.75	10.13	11.32	13.11	14.64	16.36
355	8.69	10.06	11.24	13.01	14.53	16.24
360	8.62	9.98	11.15	12.91	14.43	16.12
365	8.56	9.91	11.07	12.82	14.32	16.00
370	8.50	9.84	10.99	12.73	14.22	15.89
375	8.44	9.77	10.92	12.64	14.12	15.78
380	8.38	9.70	10.84	12.55	14.02	15.67
385	8.32	9.64	10.77	12.47	13.93	15.56
390	8.27	9.57	10.69	12.38	13.83	15.45
395	8.21	9.51	10.62	12.30	13.74	15.35
400	8.16	9.45	10.55	12.22	13.65	15.25
405	8.11	9.38	10.48	12.14	13.56	15.15
410	8.05	9.32	10.42	12.06	13.47	15.05
415	8.00	9.26	10.35	11.98	13.39	14.96
420	7.95	9.21	10.29	11.91	13.30	14.86
425	7.90	9.15	10.22	11.83	13.22	14.77

Duración (minutos)	Periodo de retorno (años)					
	2	5	10	25	50	100
430	7.85	9.09	10.16	11.76	13.14	14.68
435	7.81	9.04	10.10	11.69	13.06	14.59
440	7.76	8.98	10.04	11.62	12.98	14.50
445	7.71	8.93	9.98	11.55	12.91	14.42
450	7.67	8.88	9.92	11.48	12.83	14.33

(Ingenostrum Colombia S.A.S., 2021)

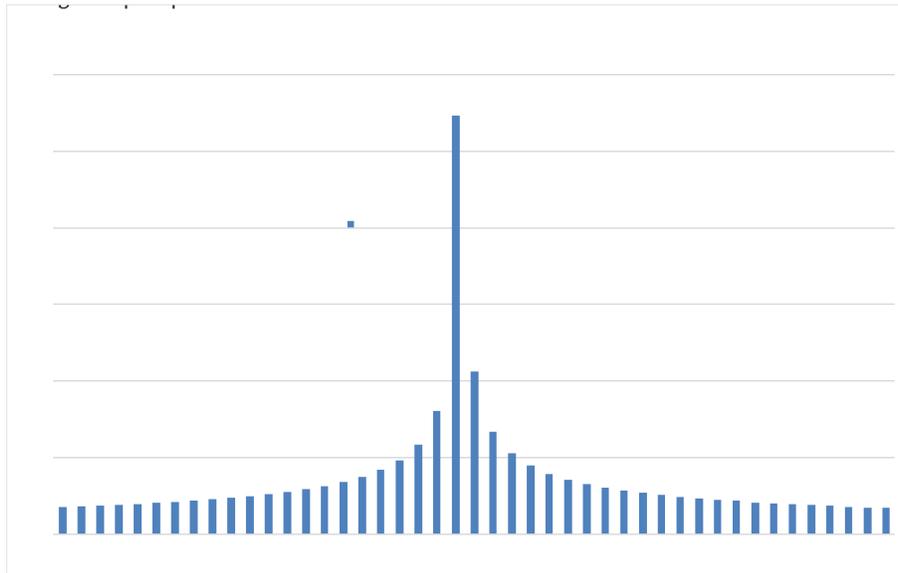
A partir de esta curva de masas se han calculado los incrementos de lluvias puntuales de los hietogramas de precipitación. Además, se han ordenado los datos según el método de los Bloques Alternos para obtener el hietograma de lluvia puntual de la tormenta de diseño. A continuación, se presentan los hietogramas de diseño obtenido para cada periodo de retorno, ver Figura 7-19 a Figura 7-25.

Figura 7-19 Hietograma de diseño Tr 2 – Línea de Transmisión



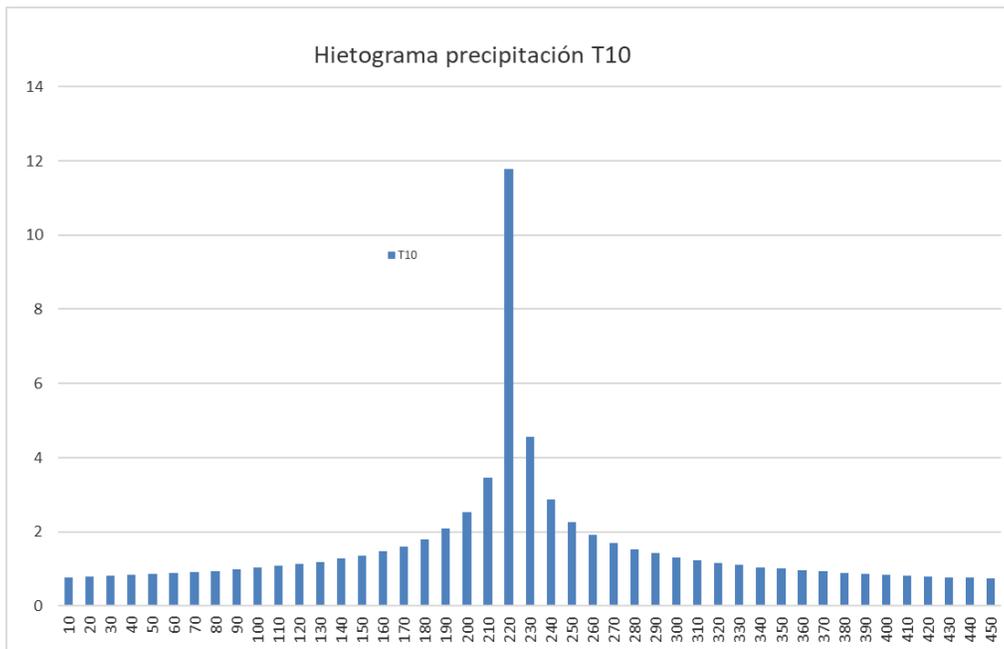
(Ingenostrum Colombia S.A.S., 2021).

Figura 7-20 Hietograma de diseño Tr 5 – Línea de Transmisión



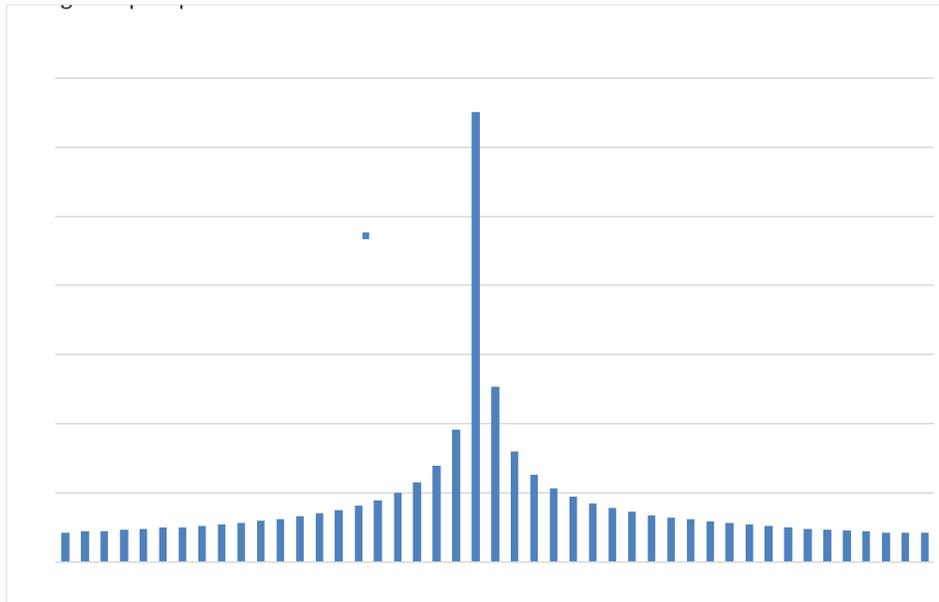
(Ingenostrum Colombia S.A.S., 2021)

Figura 7-21 Hietograma de diseño Tr 10 – Línea de Transmisión



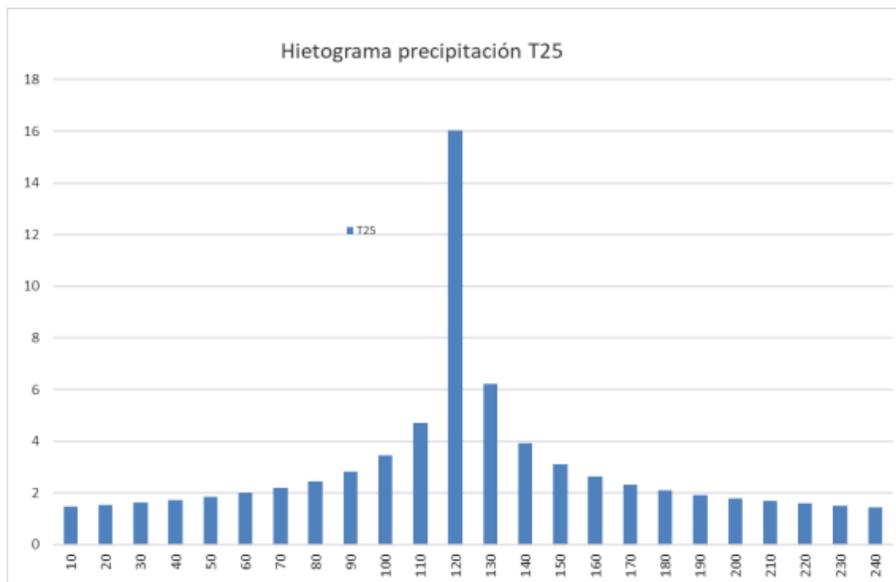
(Ingenostrum Colombia S.A.S., 2021)

Figura 7-22 Hietograma de diseño Tr 15 – Línea de Transmisión



(Ingenostrum Colombia S.A.S., 2021)

Figura 7-23 Hietograma de diseño Tr 25 – Línea de Transmisión



(Ingenostrum Colombia S.A.S., 2021)

Figura 7-24 Hietograma Tr 50 años – Línea de Transmisión

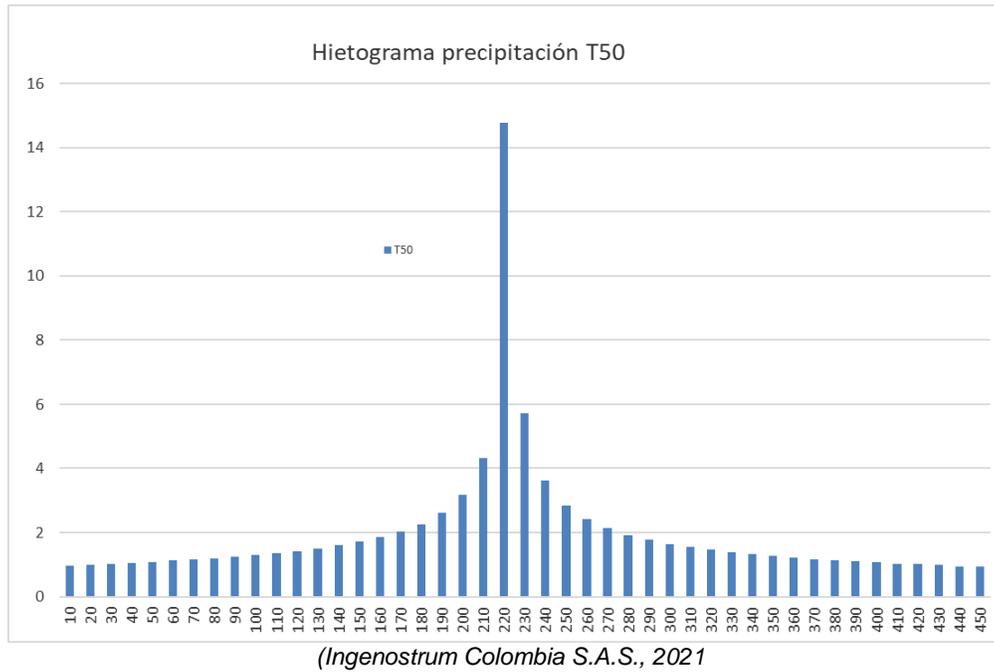
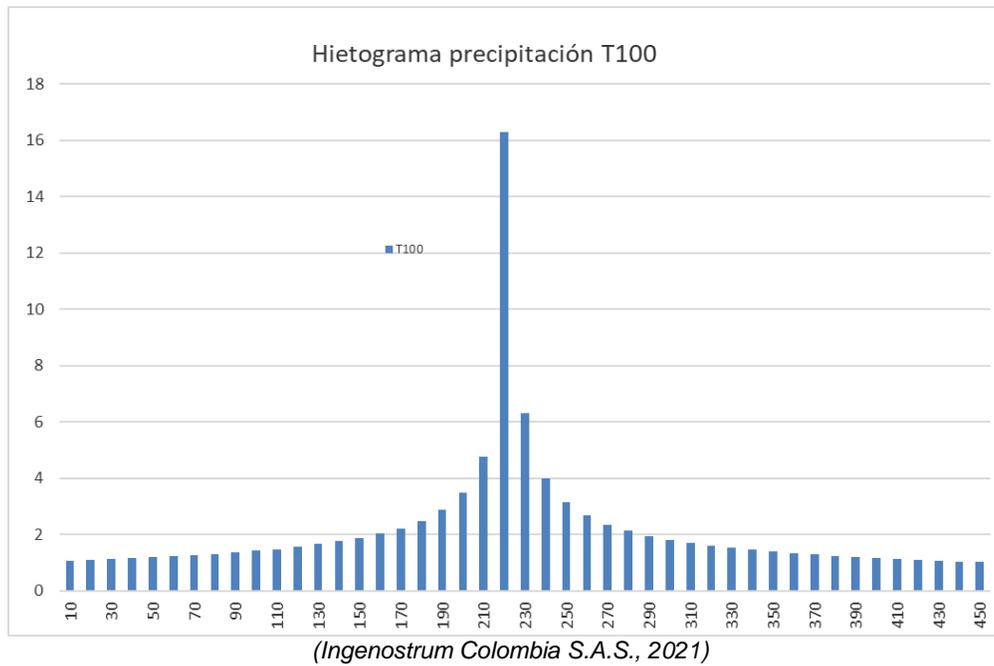


Figura 7-25 Hietograma Tr 100 años – Línea de Transmisión



7.4.3.6 Estimación caudal de diseño – Línea de Transmisión

Para la obtención del caudal punta de escorrentía de la cuenca, se ha utilizado el software HEC-HMS versión 4.3. (Ver Anexo 3. Descripción del proyecto/ 3.6 Estudios Hidrológicos y de inundabilidad)

El modelo computacional HEC-HMS ha sido diseñado para simular la escorrentía superficial en una corriente de agua en respuesta a un evento de precipitación como un sistema interconectado de componentes hidrológicas e hidráulicas. Cada componente se modela como un aspecto del proceso precipitación - escorrentía dentro de una porción de la cuenca hidrográfica, comúnmente referida como una subcuenca. Una componente puede representar una entidad de escorrentía superficial, un canal de una corriente, o un embalse. La representación de una componente requiere un conjunto de parámetros que especifican las características particulares de tal componente y las relaciones matemáticas que describen los procesos físicos que ocurren y la involucran. El resultado del proceso de modelación es la determinación de los hidrogramas de creciente en puntos determinados de la cuenca hidrográfica. En la Figura 7-27 se presentan los datos de entrada al modelo.

Tabla 7-27 Datos de entrada al modelo Hec-Hms – Línea de Transmisión

DATOS DE ENTRADA EN EL PROGRAMA HEC HMS GUAYEPO3								
	AREA CUENCA (Km2)	LONGITUD DEL CAUCE (Km)	COTA SUPERIOR	COTA INFERIOR	PENDIENTE (m/m)	TIEMPO CONCENTRACION PROMEDIO (Tabla 19) (min)	TIEMPO DE RETRASO LAG (min)	NÚMERO DE CURVA (Tabla 18)(CN)
Cuenca Guayepo 1	12.64	9.59	110.00	47.49	0.0065	231.60	139	67
Cuenca Guayepo 2	19.97	14.39	110.00	32.76	0.0054	325.80	195	70
Cuenca El Cojo	36.13	24.61	200.00	30.53	0.0069	448.20	269	70
Cuenca El Cojo 3	2.21	4.06	50.00	30.96	0.0047	140.4	84	78
Cuenca El Cojo 2	1.44	3.18	52.00	29.83	0.007	106.2	64	74
Cuenca NN1	0.29	1.60	36.00	29.00	0.0044	76.2	46	75
Cuenca NN2	0.13	0.79	33.20	29.25	0.005	45.6	27	77
Cuenca NN3	0.25	1.30	35.50	29.50	0.0046	64.8	39	75
Cuenca NN4	0.47	1.75	39.00	30.00	0.0051	77.4	46	75

(Ingenostrum Colombia S.A.S., 2021)

Como resultados de la simulación se obtuvieron los caudales de diseño para distintos periodos de retorno, ver Tabla 7-28 a Tabla 7-30.

Tabla 7-28 Caudales Tr 100 años – Línea de Transmisión

T100				
ELEMENTO	AREA (Km2)	CAUDAL PICO (m3/sg)	TIEMPO	VOLUMEN (1000 M3)
Guayepo1	12.64	19.60	01ene.2000, 07:00	344.70
Guayepo2	19.97	30.70	01ene.2000, 08:10	635.10
El cojo	36.13	45.20	01ene.2000, 09:30	1149.10
El cojo 2	1.44	4.80	01ene.2000, 05:00	55.30
El cojo 3	2.21	7.70	01ene.2000, 05:20	100.70
NN1	0.29	1.20	01ene.2000, 04:30	11.60
NN2	0.13	0.80	01ene.2000, 04:10	5.70
NN3	0.25	1.10	01ene.2000, 04:20	10.00
NN4	0.47	1.90	01ene.2000, 04:30	18.90

(Ingenostrum Colombia S.A.S., 2021)

Tabla 7-29 Caudales Tr 50 años – Línea de Transmisión

T50				
ELEMENTO	AREA (Km2)	CAUDAL PICO (m3/sg)	TIEMPO	VOLUMEN (1000 M3)
Guayepo1	12.64	15.70	01ene.2000, 07:00	276.80
Guayepo2	19.97	25.10	01ene.2000, 08:10	517.90
El cojo	36.13	36.90	01ene.2000, 09:30	937.10
El cojo 2	1.44	3.90	01ene.2000, 05:00	45.90
El cojo 3	2.21	6.40	01ene.2000, 05:20	85.00
NN1	0.29	1.00	01ene.2000, 04:30	9.70
NN2	0.13	0.70	01ene.2000, 04:10	4.80
NN3	0.25	0.90	01ene.2000, 04:20	8.40
NN4	0.47	1.60	01ene.2000, 04:30	15.70

(Ingenostrum Colombia S.A.S., 2021)

Tabla 7-30 Caudales Tr 10 años – Línea de Transmisión

T10				
ELEMENTO	AREA (Km2)	CAUDAL PICO (m3/sg)	TIEMPO	VOLUMEN (1000 M3)
Guayepo1	12.64	8.90	01ene.2000, 07:00	157.78
Guayepo2	19.97	15.00	01ene.2000, 08:10	308.93
El cojo	36.13	22.10	01ene.2000, 09:30	559.00
El cojo 2	1.44	2.30	01ene.2000, 05:00	28.80
El cojo 3	2.21	4.10	01ene.2000, 05:20	55.73
NN1	0.29	0.60	01ene.2000, 04:30	6.16
NN2	0.13	0.40	01ene.2000, 04:10	3.10
NN3	0.25	0.60	01ene.2000, 04:20	5.31
NN4	0.47	1.00	01ene.2000, 04:30	9.98

(Ingenostrum Colombia S.A.S., 2021)

7.4.4 Análisis hidráulico de sitios de ocupación de cauce

A continuación, se presentan los análisis hidráulicos correspondientes a las ocupaciones de cauce con las respectivas características de las obras a solicitar. Los Formularios únicos nacional de solicitud de ocupación de cauce se pueden encontrar en el anexo 7. Demanda, uso y aprovechamiento de recursos / 7.1. Ocupaciones de cauce.

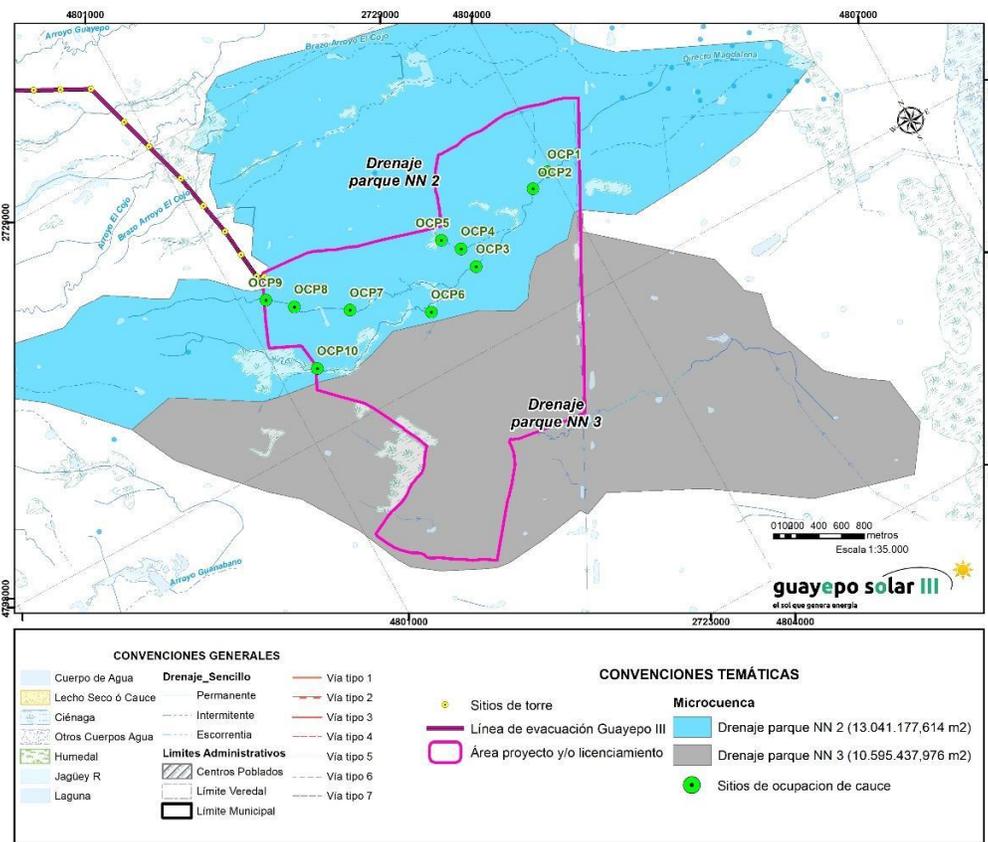
En respuesta al requerimiento 15, el cuál cita " **a) Aclarar y unificar la solicitud de tipo de obra a ejecutar en el Modelo de Almacenamiento Geográfico (MAG), Formulario único nacional de solicitud de ocupación de cauces (FUN) y el Estudio de Impacto Ambiental (EIA).**" se revisan, aclaran y unifican en el Modelo de Almacenamiento Geográfico (MAG), Formulario único nacional de solicitud de ocupación de cauces (FUN) y el Estudio de Impacto Ambiental (EIA) las obras propuestas para los sitios de ocupación identificados para la construcción y operación del Parque Solar Fotovoltaico Guayepo III 200MW y su línea de evacuación de 500kV.

Adicionalmente, con base al Argumento 1 del requerimiento 15 y de acuerdo con los ajustes solicitados en los requerimientos 2a (incluir la distribución conceptual de la red de desagüe del parque solar fotovoltaico) y 3b (Incluir la longitud y ubicación conceptual de las zanjas para la instalación de cableado de baja y media tensión), se realizan los ajustes a las obras propuestas de acuerdo con el tipo de ocupación identificada al interior del Parque como se describe en el numeral 7.4.4.1 y se resume en la Tabla 7-32. Ver también **Capítulo 3 Descripción del Proyecto** numerales **3.2.4.8.4.2 Obras de drenaje Parque Solar Fotovoltaico Guayepo III, Subestación El Uvero y ZODME**, y **3.2.4.2.1.7 Zanjas**.

7.4.4.1 Zona Parque

De acuerdo con los caudales estimados para los distintos periodos de retorno en el análisis hidrológico, se realizó la modelación hidráulica en 2D del área del parque, como resultados de la simulación se obtuvieron los caudales transitados en los sitios definidos como ocupación de cauce. En la Figura 7-26 se localizan los sitios de ocupación de cauce correspondientes a la zona de parque.

Figura 7-26 Ubicación de los sitios de ocupación de cauce en la zona de parque



(Ingenostrum Colombia S.A.S, 2021)

Para la simulación en dos dimensiones de la zona del parque se ha utilizado el programa HEC-RAS en su versión 6.0. Beta 2. Para ello se han utilizado las capacidades de modelización en dos dimensiones que ofrece el mismo, ya que se ha considerado que las crecientes de diseño desbordarán los cauces de los

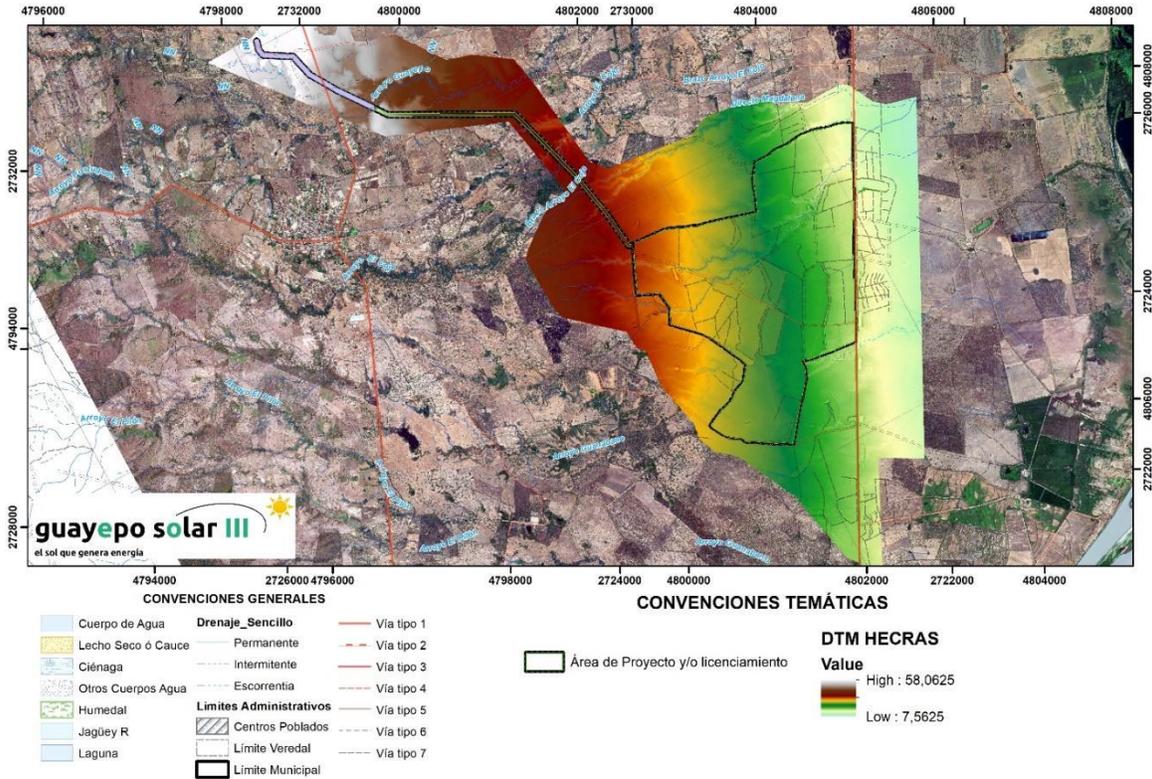
arroyos existentes y por lo tanto el flujo discurrirá en diferentes direcciones una vez que transcurra por la llanura de inundación.

El programa logra el modelado del flujo agregando elementos de área de flujo 2D en el modelo. Se agrega un área de flujo bidimensional dibujando un polígono de área de flujo, desarrollo de una malla computacional bidimensional, vinculación de áreas de flujo bidimensionales a elementos del modelo en una dimensión y/o la conexión directa de condiciones de contorno a las áreas de dos dimensiones.

Para la configuración geométrica del modelo se utilizó el archivo ráster "Ponedera_DTM_1m_geometricas_origen_nacional.tif", obtenido del LIDAR de INGEOVISTA y georreferenciado en el sistema de coordenadas CTM12, levantado y construido para el proyecto.

En la Figura 7-27 se presenta la vista en planta de la configuración geométrica del modelo 2D de la zona del parque.

Figura 7-27 Geometría modelo 2D de la zona del parque – Hec Ras



(Ingenostrum Colombia S.A.S., 2021)

En la Figura 7-28 a Figura 7-37 se presenta una sección transversal sacada del modelo en los sitios de ocupación cauce y la vista del sitio.

Figura 7-28 Sitio de ocupación de cauce OCP1- Drenaje - Parque NN2 (cuerpo lótico)

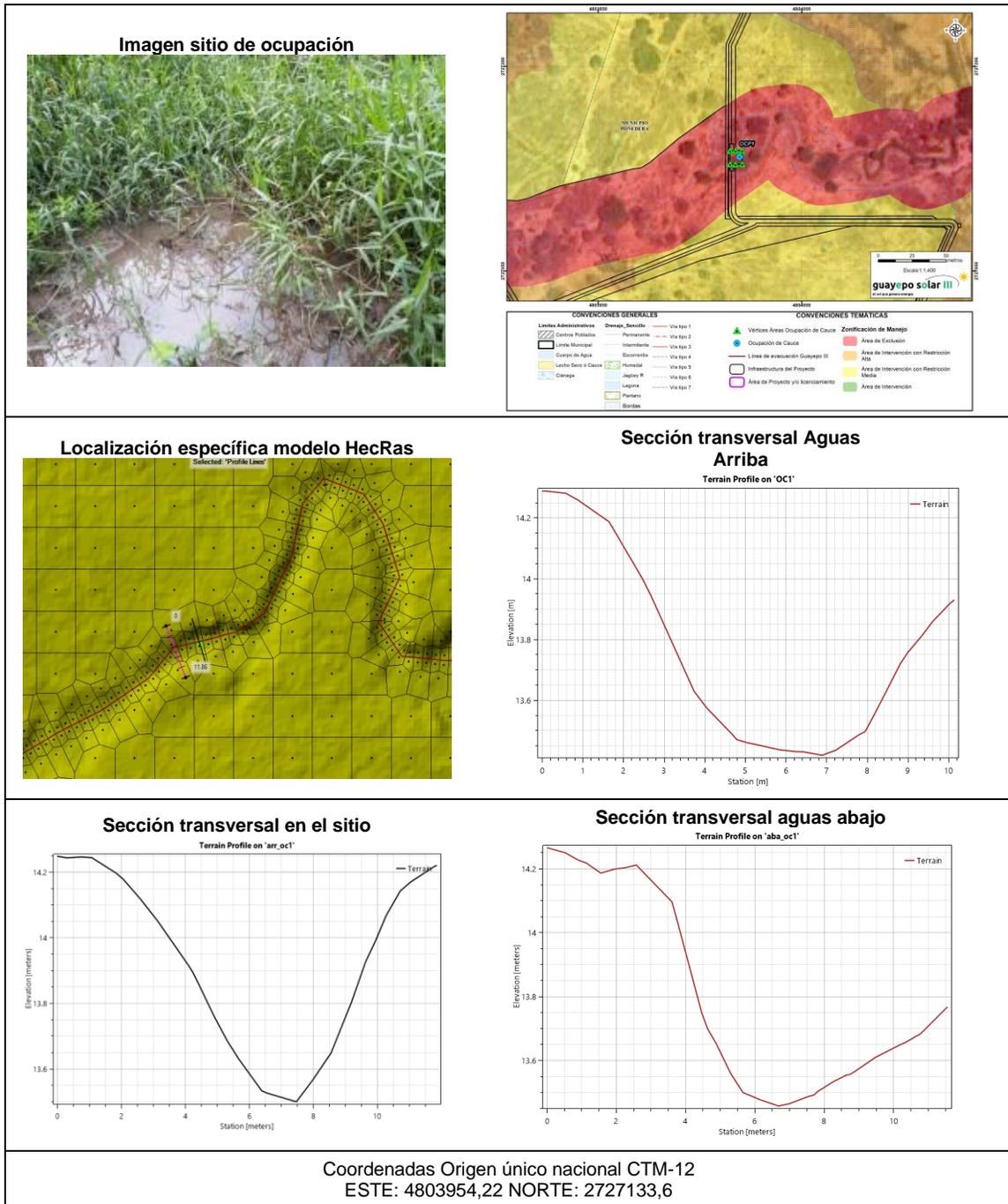


Figura 7-29 Sitio de ocupación de Cauce OCP2- Drenaje Parque NN2(cuerpo lótico)

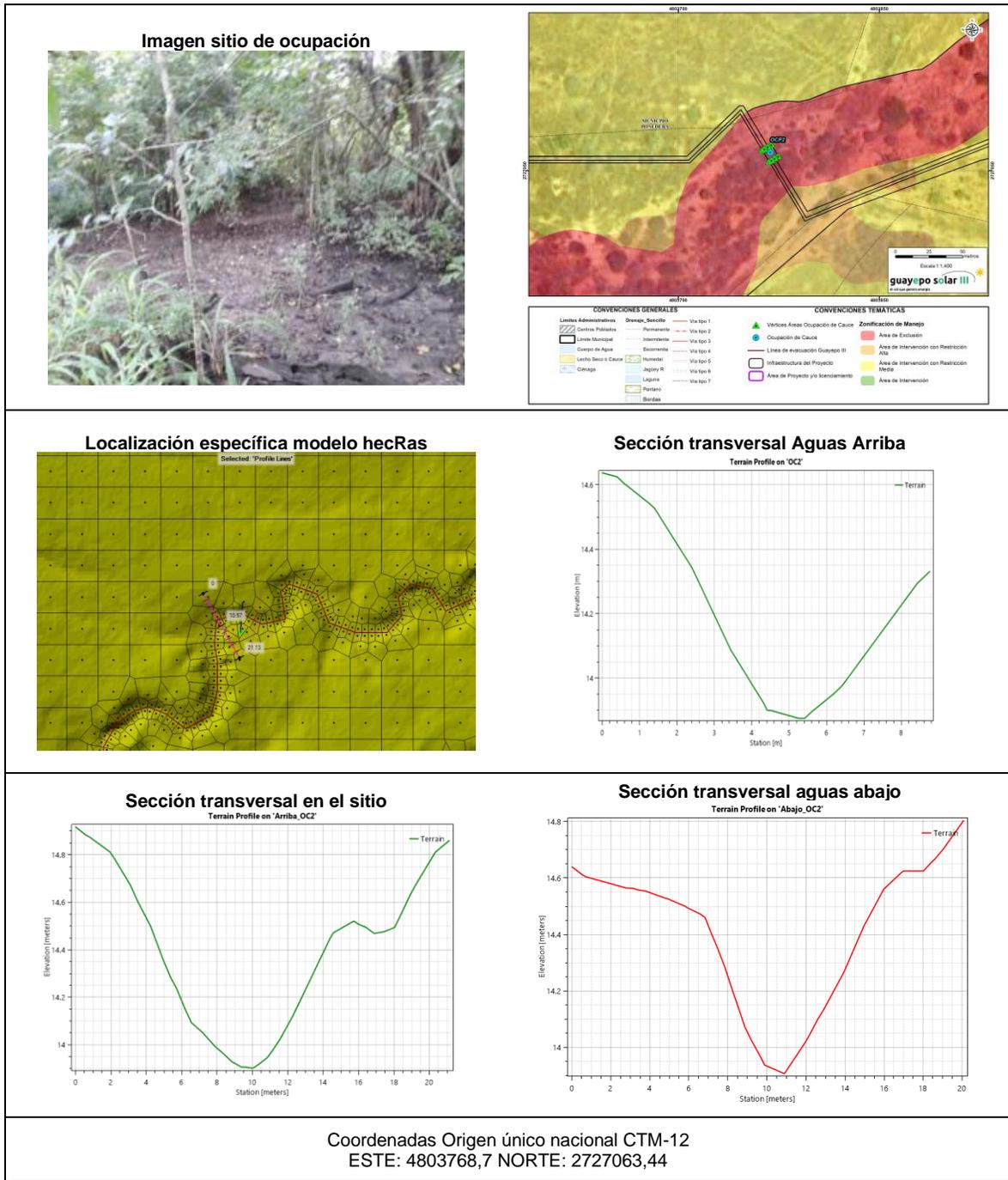


Figura 7-30 Sitio de ocupación de cauce OCP3- Drenaje Parque NN2 (cuerpo lótico)

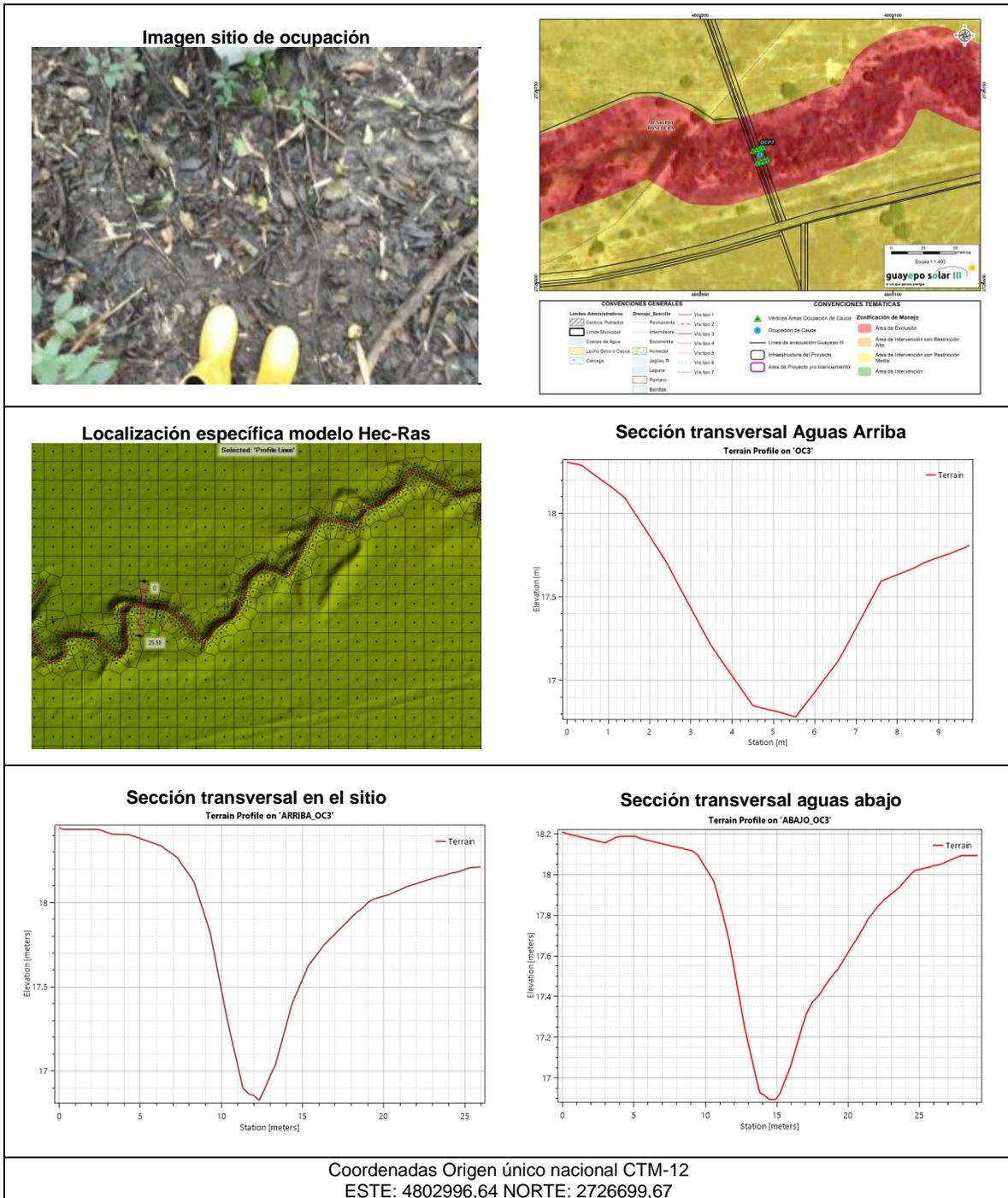


Figura 7-31 Sitio de ocupación de cauce OCP4- Drenaje Parque NN2 (cuerpo lótico)

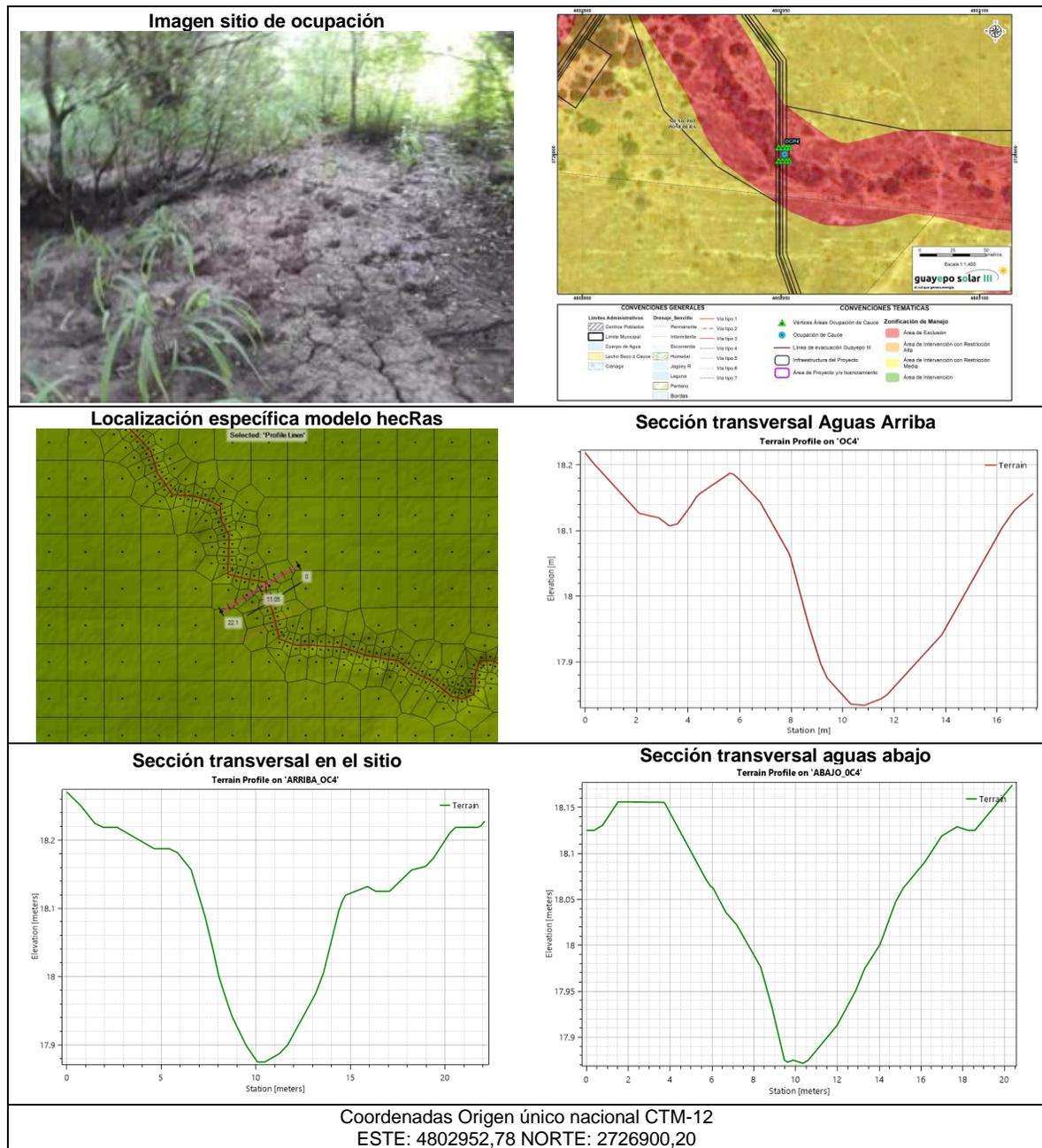


Figura 7-32 Sitio de ocupación de Cauce OCP5- Drenaje Parque NN2 (cuerpo lótico)

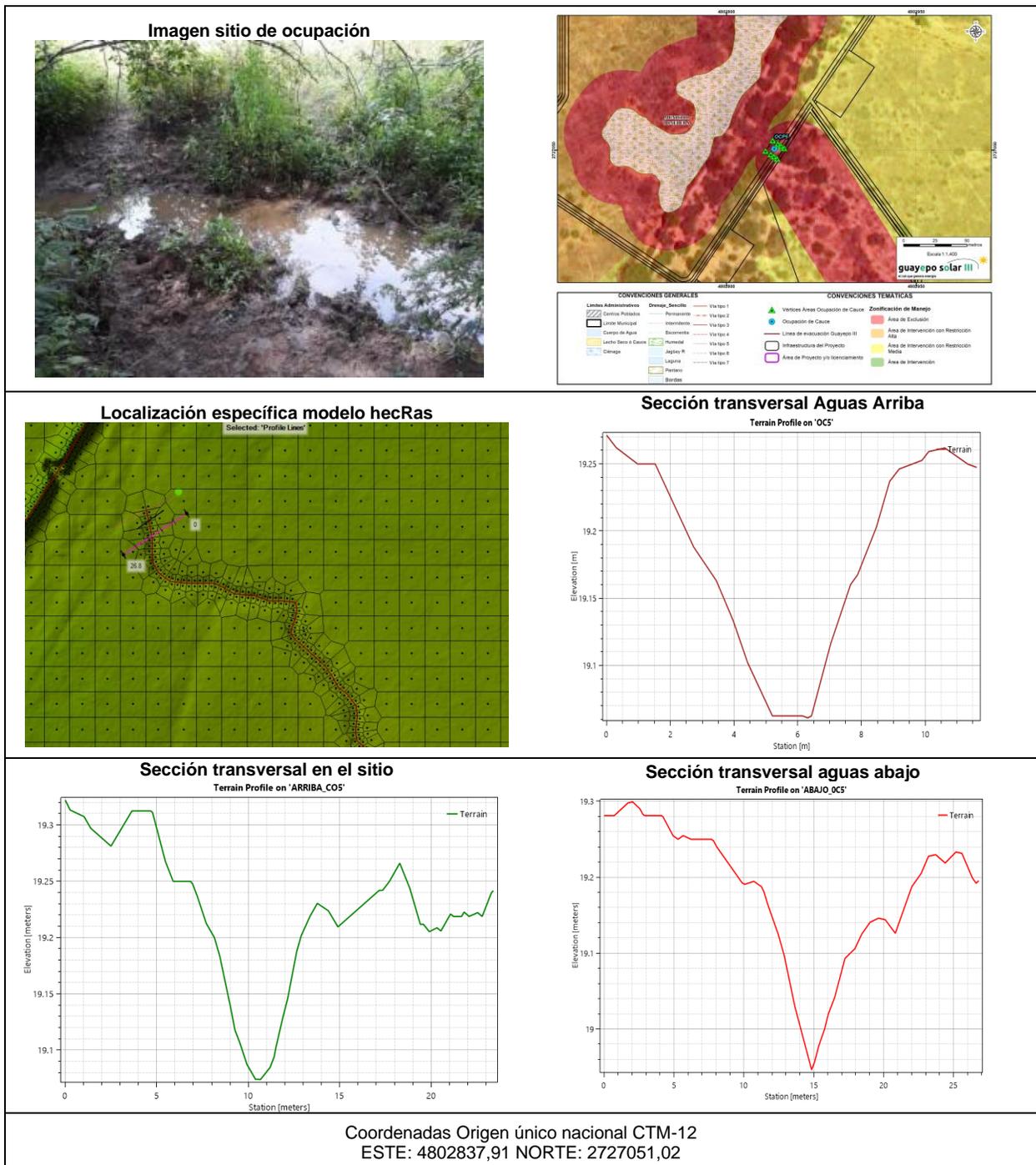


Figura 7-33 Sitio de ocupación de cauce OCP6- Drenaje Parque NN2 (cuerpo lótico)

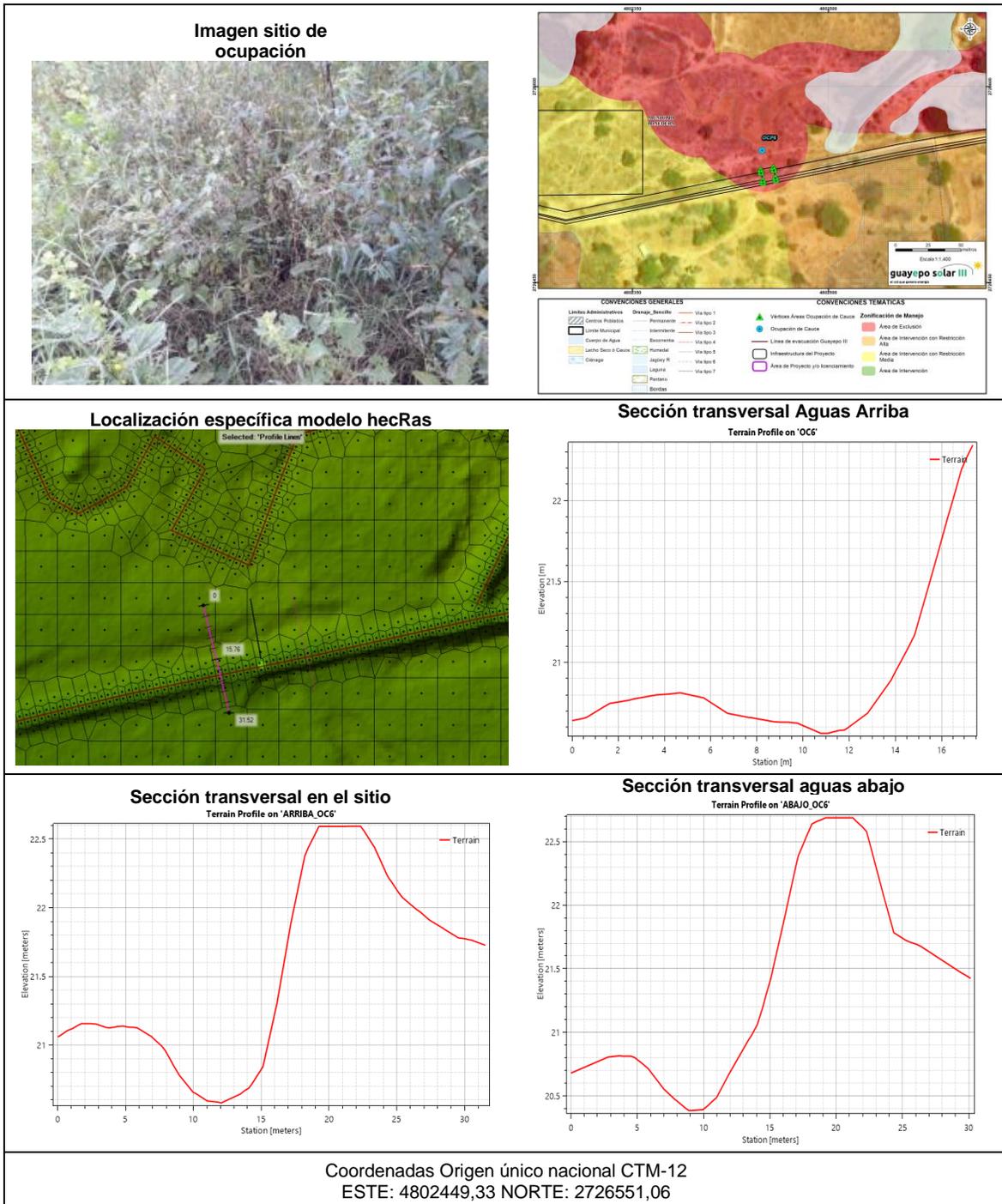


Figura 7-34 Sitio de ocupación de cauce OCP7- Drenaje Parque NN2 (cuerpo lótico)

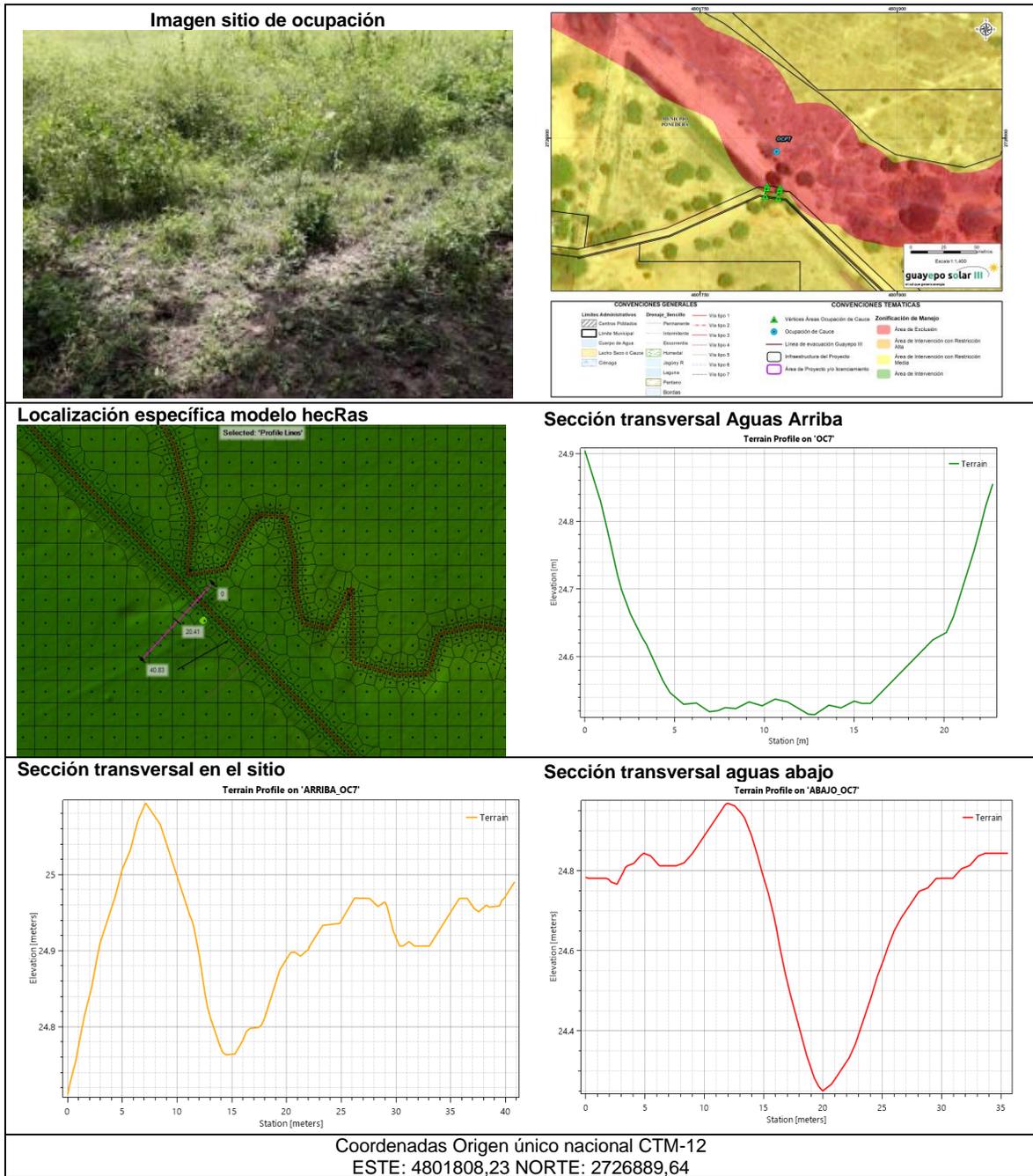


Figura 7-35 Sitio de ocupación de cauce OCP8- Drenaje Parque NN2 (cuerpo lótico)

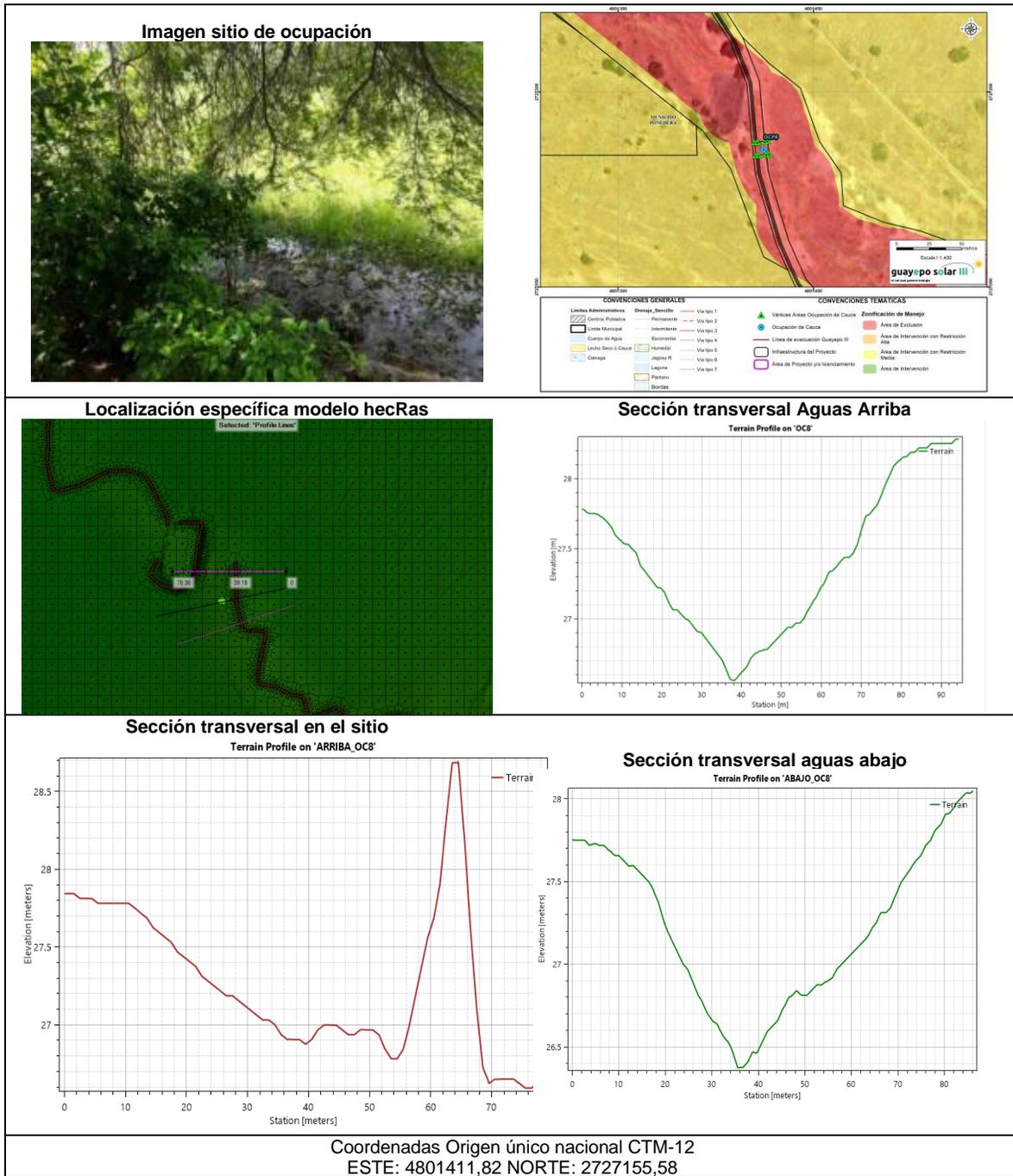


Figura 7-36 Sitio de ocupación de cauce OCP9- Drenaje Parque NN2 (cuerpo lótico)

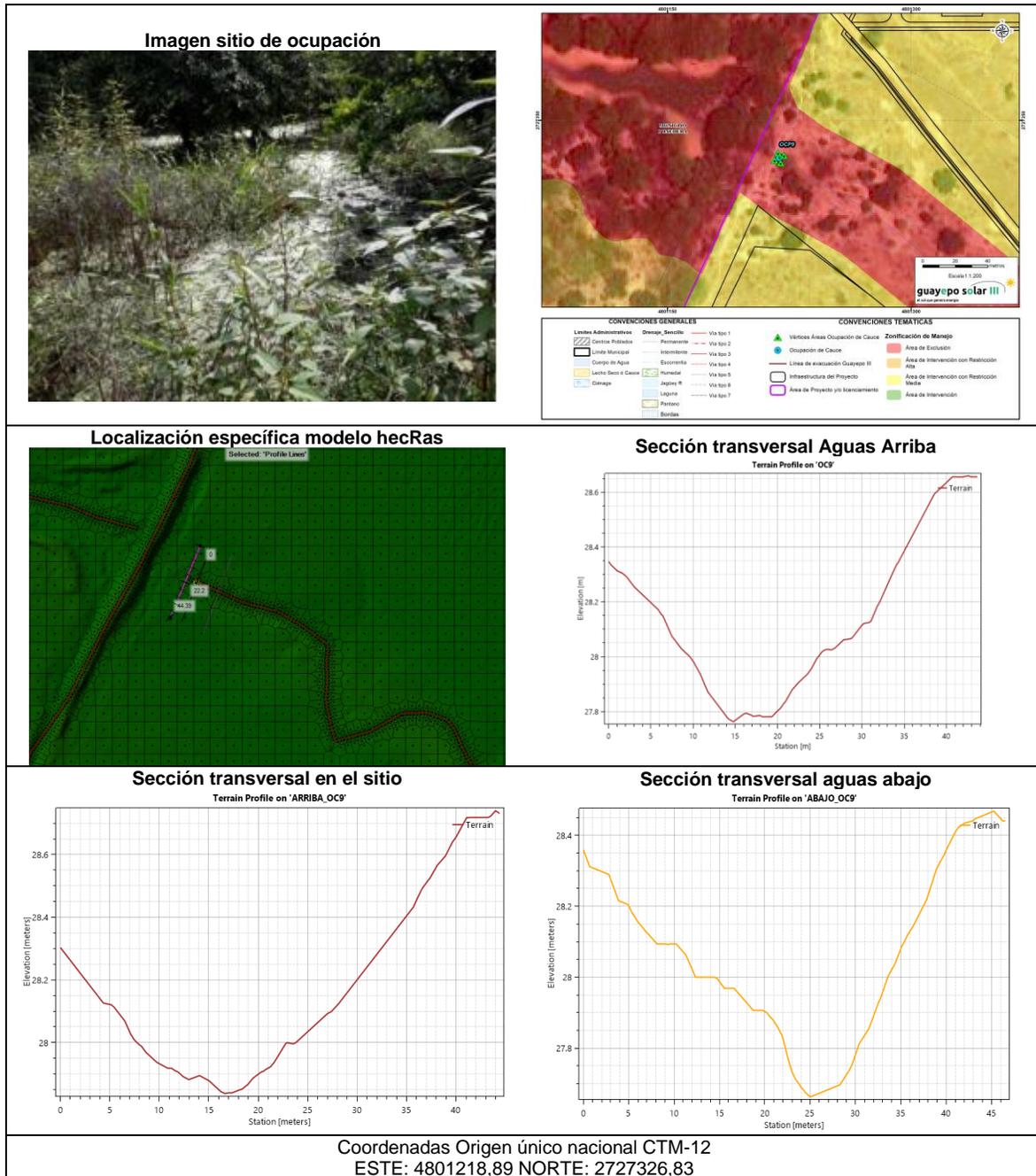
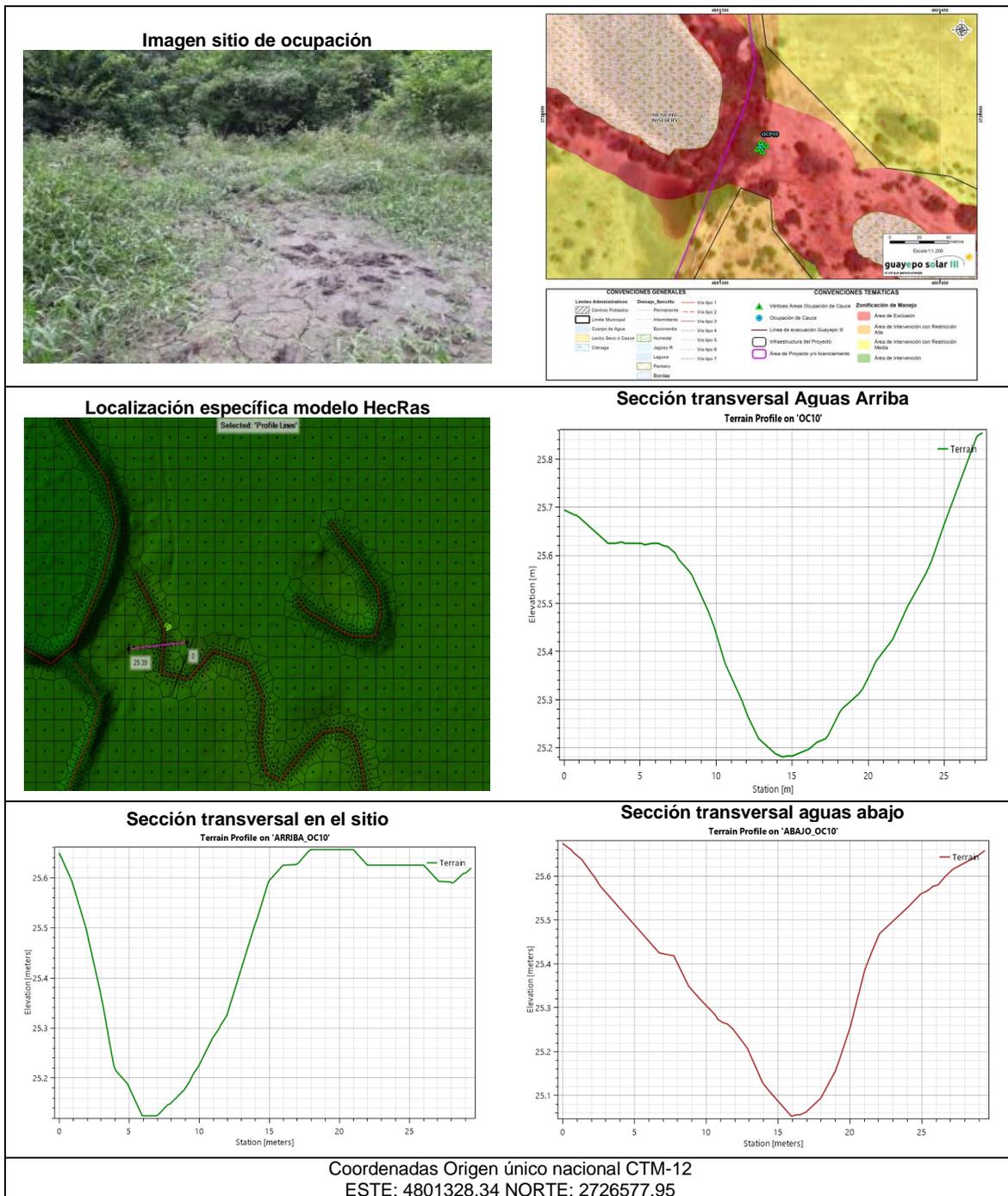


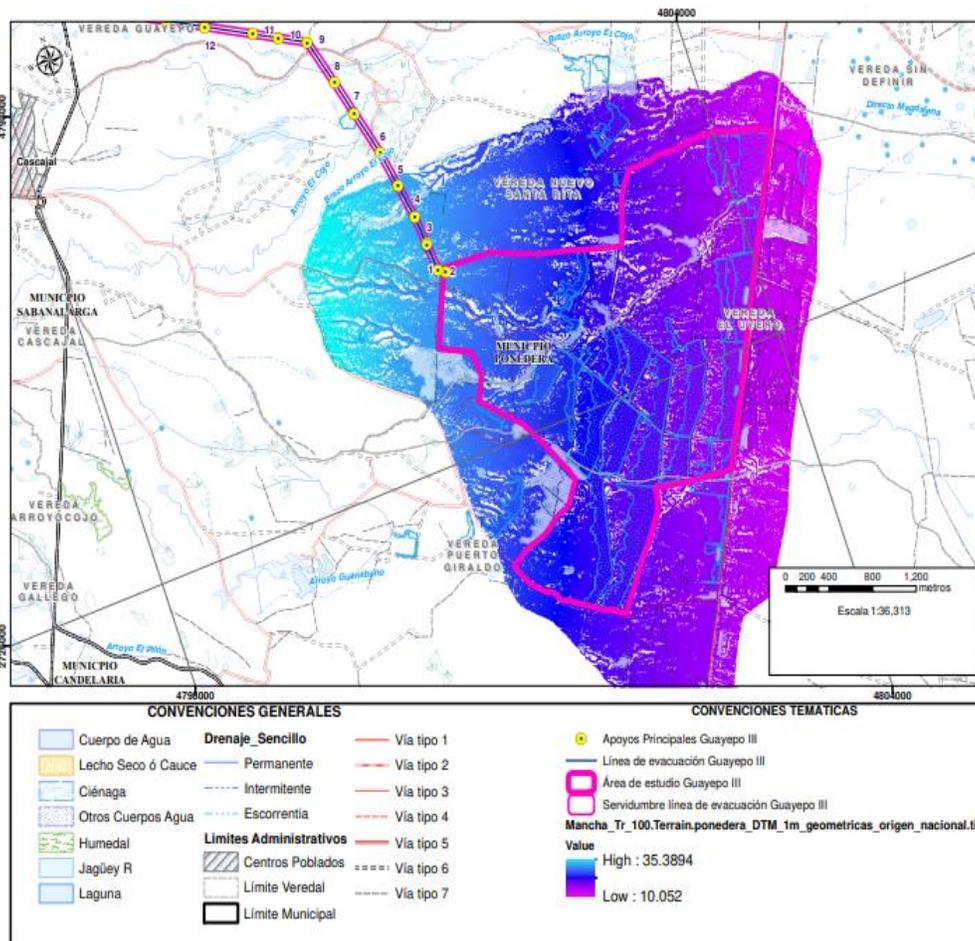
Figura 7-37 Sitio de ocupación de cauce OCP10- Drenaje Parque NN2 (cuerpo lótico)



Las obras proyectadas en los sitios establecidos como de ocupación de cauce se diseñaron para un periodo de retorno de 100 años, tomando en cuenta que las obras asociadas a la implantación del parque están proyectadas para este periodo de retorno, en cuanto al riesgo hidrológico establecido.

En la Figura 7-38 se muestra la distribución de elevaciones obtenidas con la modelación en dos dimensiones y en la Tabla 7-31 se presenta los caudales de diseño en los sitios de ocupación de cauce en el área del parque, producto de la modelación en dos dimensiones.

Figura 7-38 Mancha de inundación Tr 100 años



(Ingenostrum Colombia S.A.S., 2021).

Tabla 7-31 Caudales de diseño sitios de ocupación de cauce – Zona del Parque

SITIO	CAUDAL DISEÑO
	Tr 100 años (m³/s)
OC1	2,58
OC2	3,06
OC3	0,19
OC4	2,34
OC5	1,49
OC6	0,12
OC7	0,13
OC8	0,28
OC9	0,11
OC10	0,30

(Ingenostrum Colombia S.A.S., 2021)

Con base en los caudales de diseño y el tipo de infraestructura que interceptara cada uno de los cauces se dimensionaron a nivel conceptual las obras proyectadas en los sitios de ocupación de cauce, en la Tabla 7-32 se presenta descripción de las obras y sus dimensiones, en la Figura 7-39 a Figura 7-41 se presentan los resultados de las características y perfiles hidráulicos obtenidos.

Los esquemas tipo de la implantación de las obras de cruce de los cauces se presentan en la Figura 7-42 a la Figura 7-45. Para información más detallada sobre los diseños de obra revisar Anexo 7. Aprovechamiento de recursos/ 7.1 Ocupaciones de Cauce.

Tabla 7-32 Características hidráulicas de los sitios de ocupación de cauce a solicitar – Zona Parque

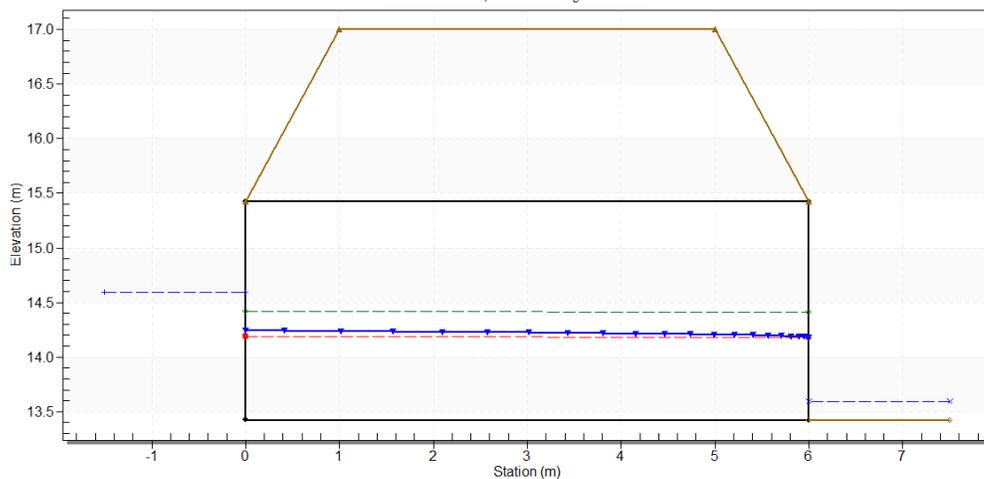
ID	Tipo de caudal	Tipo ocupación	Obra propuesta	Cuenca	Coordenadas CTM -12	
					Este	Norte
OCP1	Intermitente	Cerramiento + vial+Zanja+Cuneta	Alcantarilla Diámetro 200cm + protección de taludes con enrocado	Drenaje Parque NN 2	4803954,22	2727133,60
OCP2	Intermitente	Vial + Cuneta	Alcantarilla Diámetro 200cm + protección de taludes con enrocado	Drenaje Parque NN 2	4803768,70	2727063,44
OCP3	Intermitente	Zanja + vial + Cuneta	Alcantarilla Diámetro 90cm + protección de taludes con enrocado	Drenaje Parque NN 2	4802996,64	2726699,67
OCP4	Intermitente	Zanja + vial + Cuneta	Alcantarilla Diámetro 200cm + protección de taludes con enrocado	Drenaje Parque NN 2	4802952,79	2726900,20
OCP5	Intermitente	Cerramiento + vial + zanja+ Cuneta	Alcantarilla Diámetro 150cm + protección de taludes con enrocado	Drenaje Parque NN 2	4802837,91	2727051,02
OCP6	Intermitente	Vial, cuneta y zanja. Ocupación de la ronda de protección de 30 metros de arroyo	Protección con Trinchos	Drenaje Parque NN 2	4802449,33	2726551,06
OCP7	Intermitente	Vial, cuneta y zanja. Ocupación de la ronda de protección de 30 metros de arroyo	Protección con Trinchos	Drenaje Parque NN 2	4801808,24	2726889,65
OCP8	Intermitente	Zanja + vial+ Cuneta	Alcantarilla Diámetro 90cm + protección de taludes con enrocado	Drenaje Parque NN 2	4801411,83	2727155,58
OCP9	Intermitente	Cerramiento	Cerca Alambrada metálica	Drenaje Parque NN 2	4801218,90	2727326,83
OCP10	Intermitente	Cerramiento +	Cerca Alambrada metálica	Drenaje Parque NN 2	4801328,34	2726577,96

(Ingenostrum Colombia S.A.S., 2021)

Figura 7-39 Características y perfil hidráulico obras OC1, OC2 y OC4

Total Discharge (cms)	Culvert Discharge (cms)	Headwater Elevation (m)	Inlet Control Depth(m)	Outlet Control Depth(m)	Flow Type	Normal Depth (m)	Critical Depth (m)	Outlet Depth (m)	Tailwater Depth (m)	Outlet Velocity (m/s)	Tailwater Velocity (m/s)
2.34	2.34	14.53	1.00	1.11	2-M2c	0.94	0.72	0.72	0.16	2.29	2.28
2.41	2.41	14.55	1.02	1.12	2-M2c	0.95	0.73	0.73	0.17	2.31	2.31
2.48	2.48	14.57	1.04	1.14	2-M2c	0.97	0.75	0.75	0.17	2.33	2.34
2.58	2.58	14.59	1.06	1.17	2-M2c	0.99	0.76	0.76	0.17	2.35	2.37
2.63	2.63	14.60	1.08	1.18	2-M2c	1.00	0.77	0.77	0.18	2.37	2.39
2.70	2.70	14.62	1.10	1.20	2-M2c	1.02	0.78	0.78	0.18	2.39	2.41
2.77	2.77	14.64	1.11	1.21	2-M2c	1.04	0.79	0.79	0.18	2.41	2.44
2.84	2.84	14.66	1.13	1.23	2-M2c	1.05	0.80	0.80	0.18	2.42	2.46
2.92	2.92	14.67	1.15	1.25	2-M2c	1.07	0.81	0.81	0.19	2.44	2.48
2.99	2.99	14.69	1.17	1.27	2-M2c	1.08	0.82	0.82	0.19	2.46	2.51
3.06	3.06	14.71	1.19	1.28	2-M2c	1.10	0.83	0.83	0.19	2.48	2.53

Crossing - Obras_O_cauce, Design Discharge - 2.58 cms
Culvert - Culvert 1, Culvert Discharge - 2.58 cms

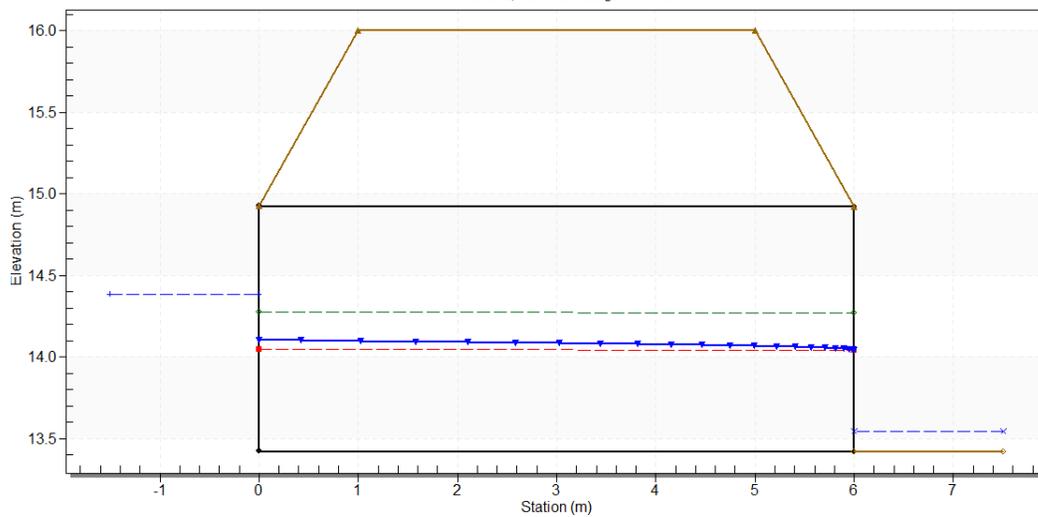


(Ingenostrum Colombia S.A.S., 2021)

Figura 7-40 Características y perfil hidráulico obras OC5

Total Discharge (cms)	Culvert Discharge (cms)	Headwater Elevation (m)	Inlet Control Depth(m)	Outlet Control Depth(m)	Flow Type	Normal Depth (m)	Critical Depth (m)	Outlet Depth (m)	Tailwater Depth (m)	Outlet Velocity (m/s)	Tailwater Velocity (m/s)
0.50	0.50	13.96	0.48	0.53	2-M2c	0.46	0.35	0.35	0.07	1.57	1.26
0.60	0.60	14.01	0.53	0.59	2-M2c	0.51	0.39	0.39	0.07	1.65	1.35
0.70	0.70	14.06	0.58	0.64	2-M2c	0.55	0.42	0.42	0.08	1.72	1.44
0.80	0.80	14.11	0.62	0.68	2-M2c	0.59	0.45	0.45	0.09	1.79	1.51
0.90	0.90	14.15	0.66	0.73	2-M2c	0.63	0.48	0.48	0.09	1.85	1.58
1.00	1.00	14.20	0.70	0.77	2-M2c	0.67	0.51	0.51	0.10	1.91	1.65
1.10	1.10	14.24	0.74	0.81	2-M2c	0.71	0.53	0.53	0.10	1.96	1.71
1.20	1.20	14.28	0.78	0.85	2-M2c	0.75	0.56	0.56	0.11	2.01	1.77
1.30	1.30	14.32	0.82	0.89	2-M2c	0.78	0.58	0.58	0.12	2.06	1.83
1.49	1.49	14.39	0.89	0.96	2-M2c	0.85	0.62	0.62	0.13	2.15	1.92
1.50	1.50	14.39	0.89	0.96	2-M2c	0.85	0.63	0.63	0.13	2.15	1.93

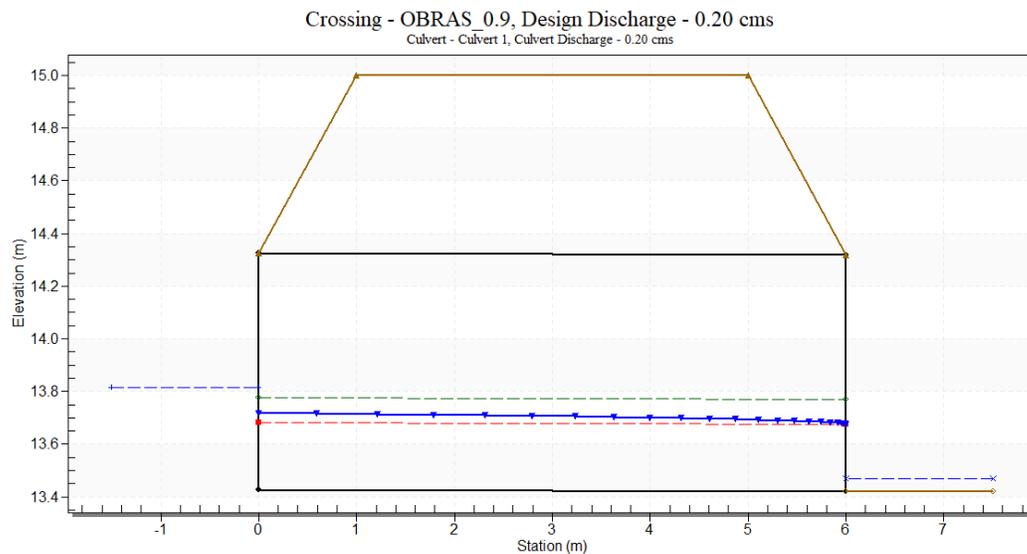
Crossing - OC5, Design Discharge - 1.49 cms
Culvert - Culvert 1, Culvert Discharge - 1.49 cms



(Ingenostrum Colombia S.A.S., 2021)

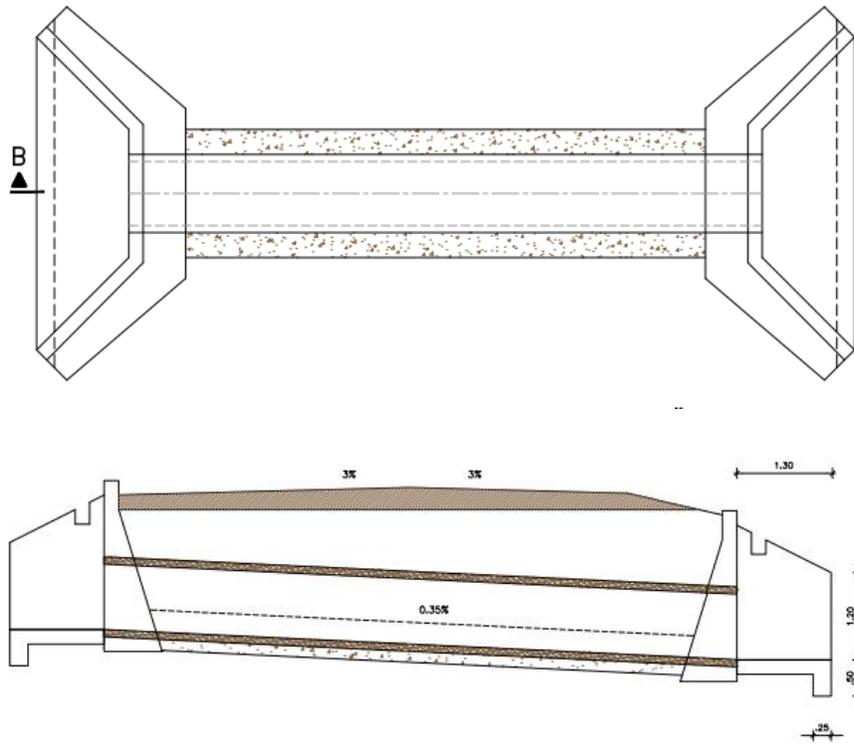
Figura 7-41 Características y perfil hidráulico obras OC3, OC6, OC7, OC8, OC9 y OC10

Total Discharge (cms)	Culvert Discharge (cms)	Headwater Elevation (m)	Inlet Control Depth(m)	Outlet Control Depth(m)	Flow Type	Normal Depth (m)	Critical Depth (m)	Outlet Depth (m)	Tailwater Depth (m)	Outlet Velocity (m/s)	Tailwater Velocity (m/s)
0.10	0.10	13.70	0.24	0.27	2-M2c	0.24	0.18	0.18	0.03	1.11	0.78
0.12	0.12	13.72	0.27	0.30	2-M2c	0.27	0.20	0.20	0.04	1.17	0.84
0.14	0.14	13.75	0.29	0.32	2-M2c	0.29	0.21	0.21	0.04	1.22	0.89
0.16	0.16	13.77	0.31	0.34	2-M2c	0.31	0.23	0.23	0.04	1.26	0.94
0.18	0.18	13.79	0.33	0.37	2-M2c	0.33	0.24	0.24	0.04	1.30	0.98
0.20	0.20	13.81	0.35	0.39	2-M2c	0.35	0.26	0.26	0.05	1.34	1.03
0.22	0.22	13.83	0.37	0.41	2-M2c	0.37	0.27	0.27	0.05	1.38	1.06
0.24	0.24	13.85	0.39	0.43	2-M2c	0.39	0.28	0.28	0.05	1.41	1.10
0.26	0.26	13.87	0.40	0.45	2-M2c	0.41	0.29	0.29	0.06	1.45	1.14
0.28	0.28	13.89	0.42	0.46	2-M2c	0.42	0.30	0.30	0.06	1.48	1.17
0.30	0.30	13.91	0.44	0.48	2-M2c	0.44	0.32	0.32	0.06	1.51	1.20



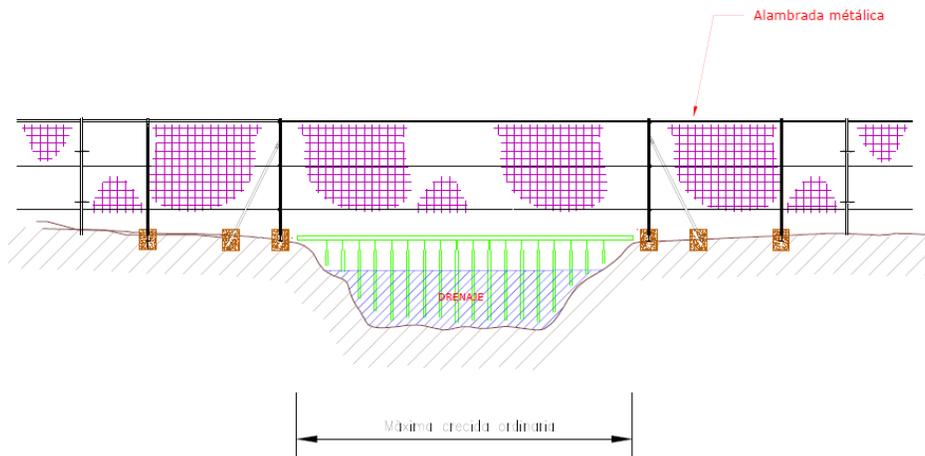
(Ingenostrum Colombia S.A.S., 2021)

Figura 7-42 Implantación planta perfil típico de las alcantarillas



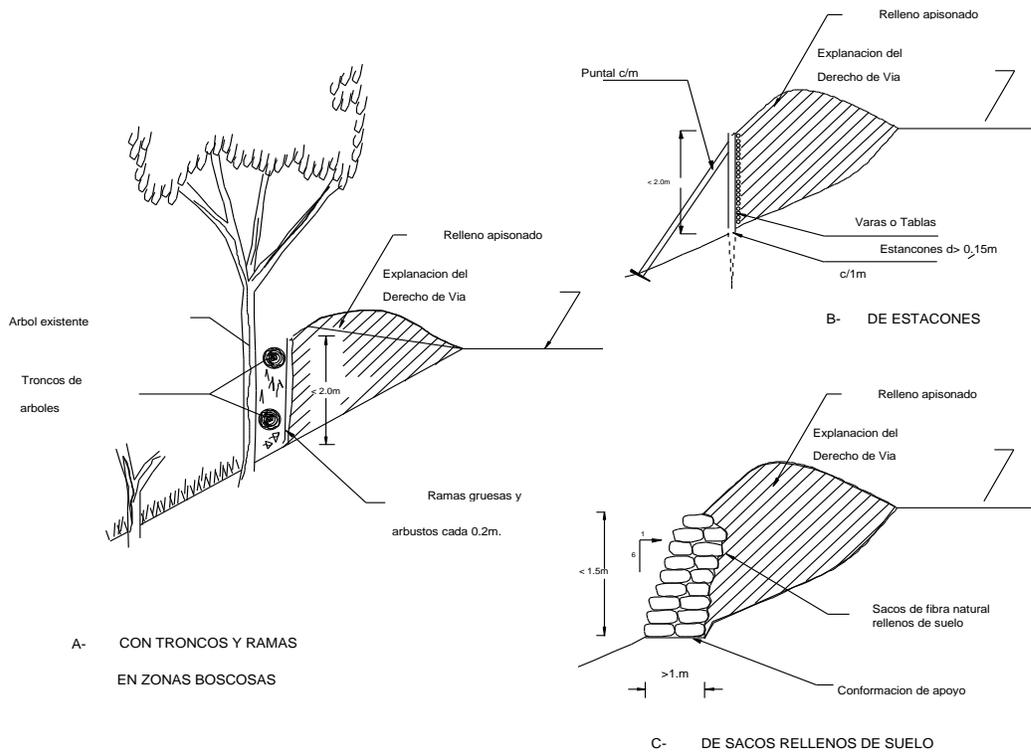
(Ingenostrum Colombia S.A.S., 2021)

Figura 7-43 Detalle cerca – cruce de corrientes de agua.



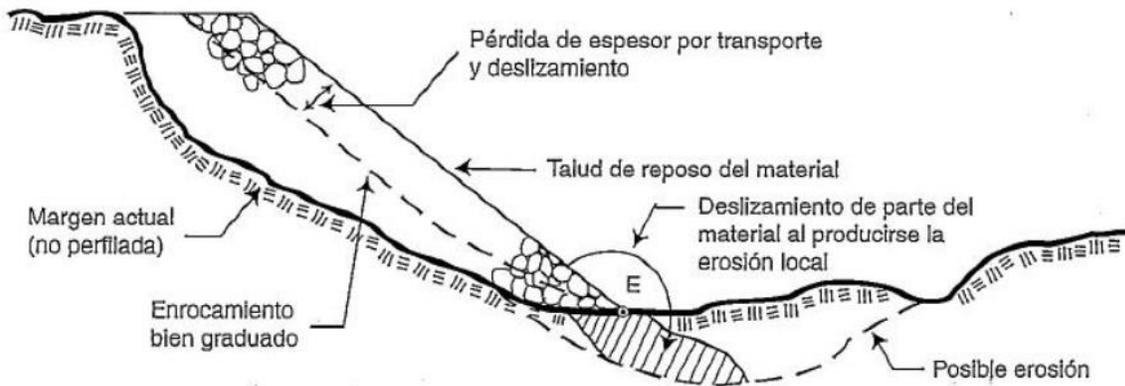
(Ingenostrum Colombia S.A.S., 2021)

Figura 7-44 Tipos De Trinchos



(Normas de ingeniería de Oleoductos – NIO)

Figura 7-45 Protección de taludes con enrocado



(Manual de Ingeniería de ríos de Maza y Garcia, 1996)

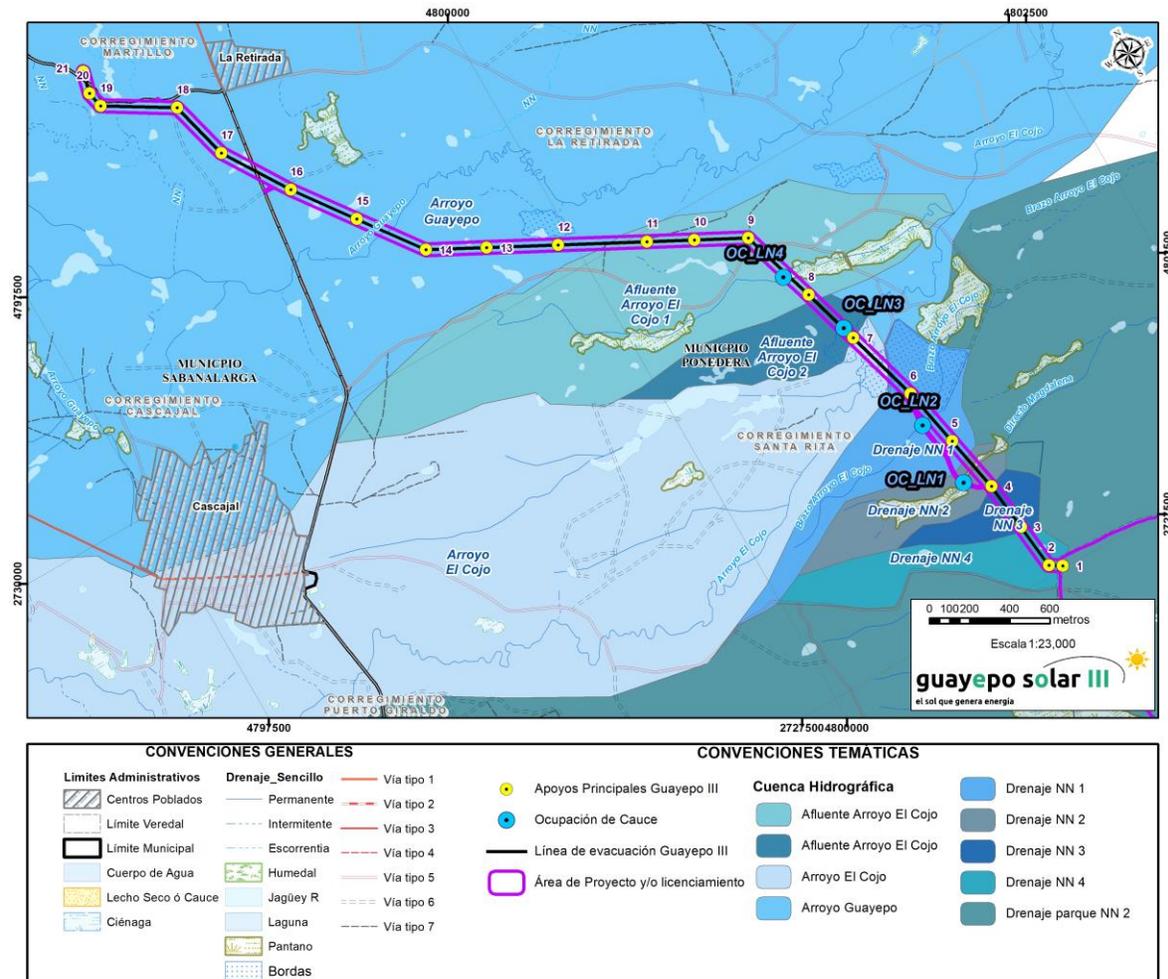
7.4.4.2 Zona Línea de Evacuación

De acuerdo con los caudales estimados para los distintos periodos de retorno en el análisis hidrológico, se realizó la modelación hidráulica en 2D en la zona de la línea de transmisión, como resultados de la simulación se obtuvieron los caudales transitados en los sitios definidos como ocupación de cauce. En la Figura 7-46 se localizan los sitios de ocupación de cauce correspondientes a la línea de evacuación.

En respuesta al requerimiento 15, el cuál cita en el literal b) "**Ajustar la solicitud de ocupaciones de cauce de acuerdo con el requerimiento 1.**" Se ajusta las ocupaciones de cauce para la línea de evacuación atendiendo lo dispuesto en el requerimiento 1a) que solicita revisar y ajustar los trazados de los accesos a los sitios de torre con el objetivo de que estos no crucen por ecosistemas sensibles, de esta forma se reubican las ocupaciones OCLN1, OCLN2 y OCLN4, y se elimina la MLN5.

A continuación, se presentan los análisis para cada uno de los sitios de ocupación requeridos para la construcción de la línea de evacuación y en la Tabla 7-34 se resumen las características de las ocupaciones de cauce.

Figura 7-46 Ubicación de los sitios de ocupación de cauce en la línea de evacuación

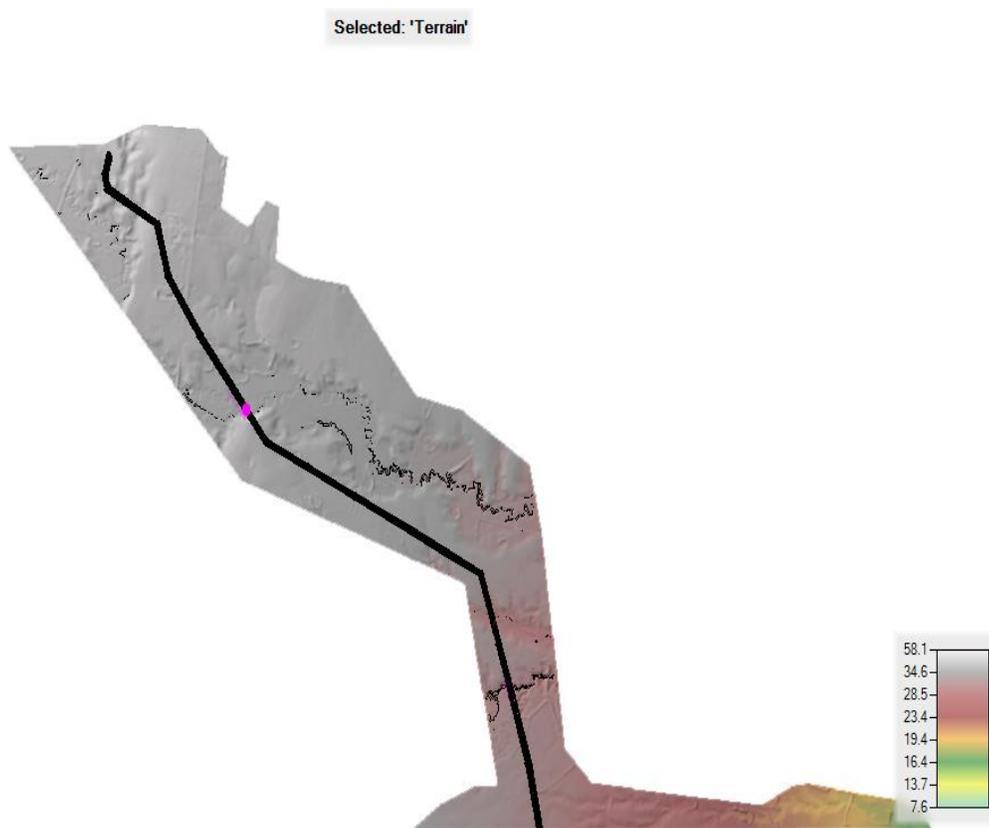


(Ingenostrum Colombia S.A.S, 2021)

Para la configuración geométrica del modelo se utilizó el archivo ráster “Ponedera_DTM_1m_geometricas_origen_nacional.tif”, obtenido del LIDAR de INGEOVISTA y georreferenciado en el sistema de coordenadas CTM12, levantado y construido para el proyecto en el sector de la línea.

Así, los sitios drenaje considerados como ocupación de cauce están integrado en la modelación 2D del sector de la línea, en la Figura 7-47 se presenta la vista en planta de la configuración geométrica del modelo en la zona de la línea de transmisión.

Figura 7-47 Geometría modelo 2D del sector de la línea de transmisión – Hec Ras



(Ingenostrum Colombia S.A.S, 2021)

En la Figura 7-48 a Figura 7-51 se presenta la sección transversal sacada del modelo en los sitios de ocupación cauce y la vista del sitio.

Figura 7-48 Sitio de ocupación de cauce OCLN 1- Drenaje NN 2 (Cuerpo lótico)

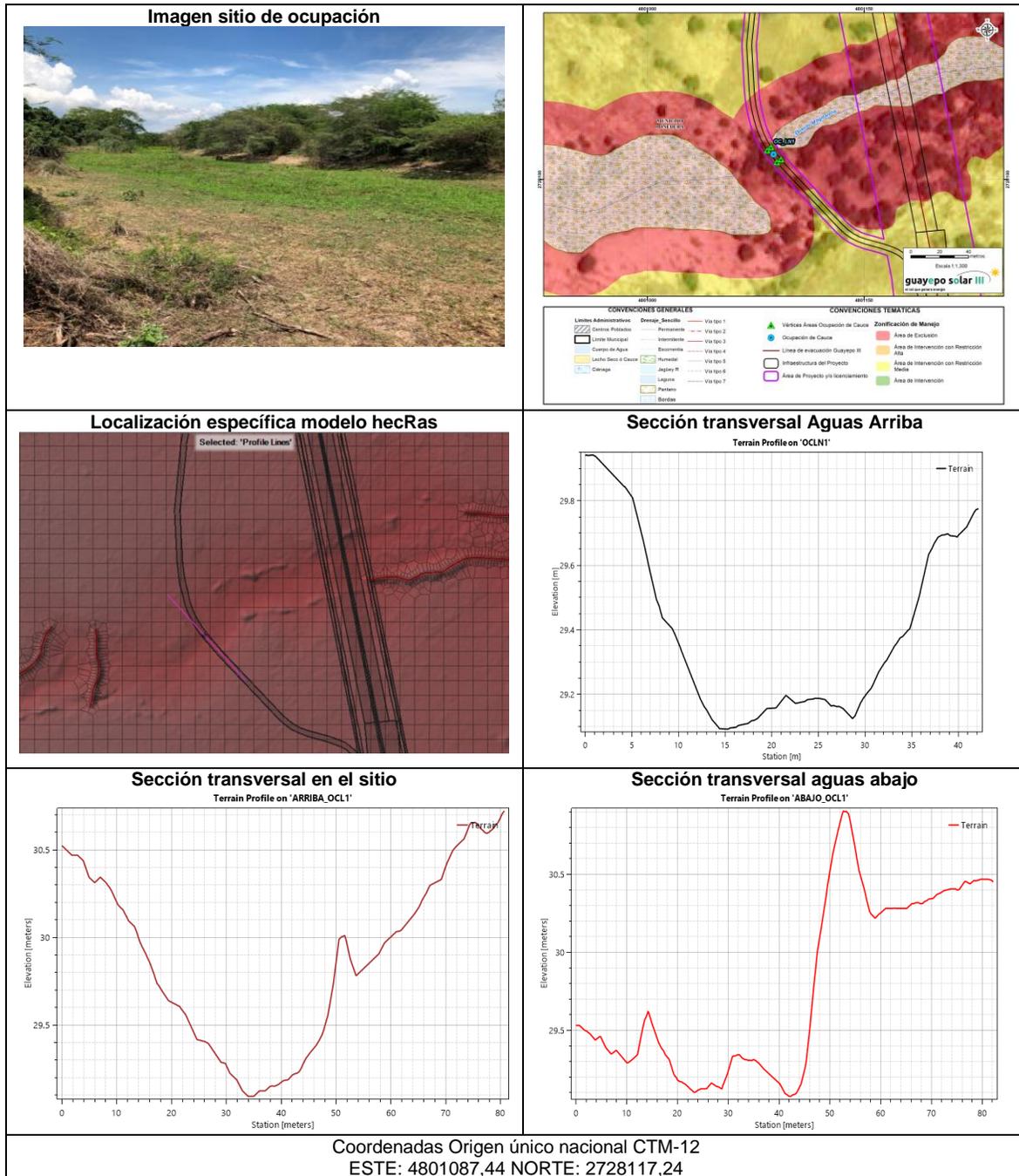


Figura 7-49 Sitio de ocupación de cauce OCLN2- Drenaje NN1 (Cuerpo lótico)

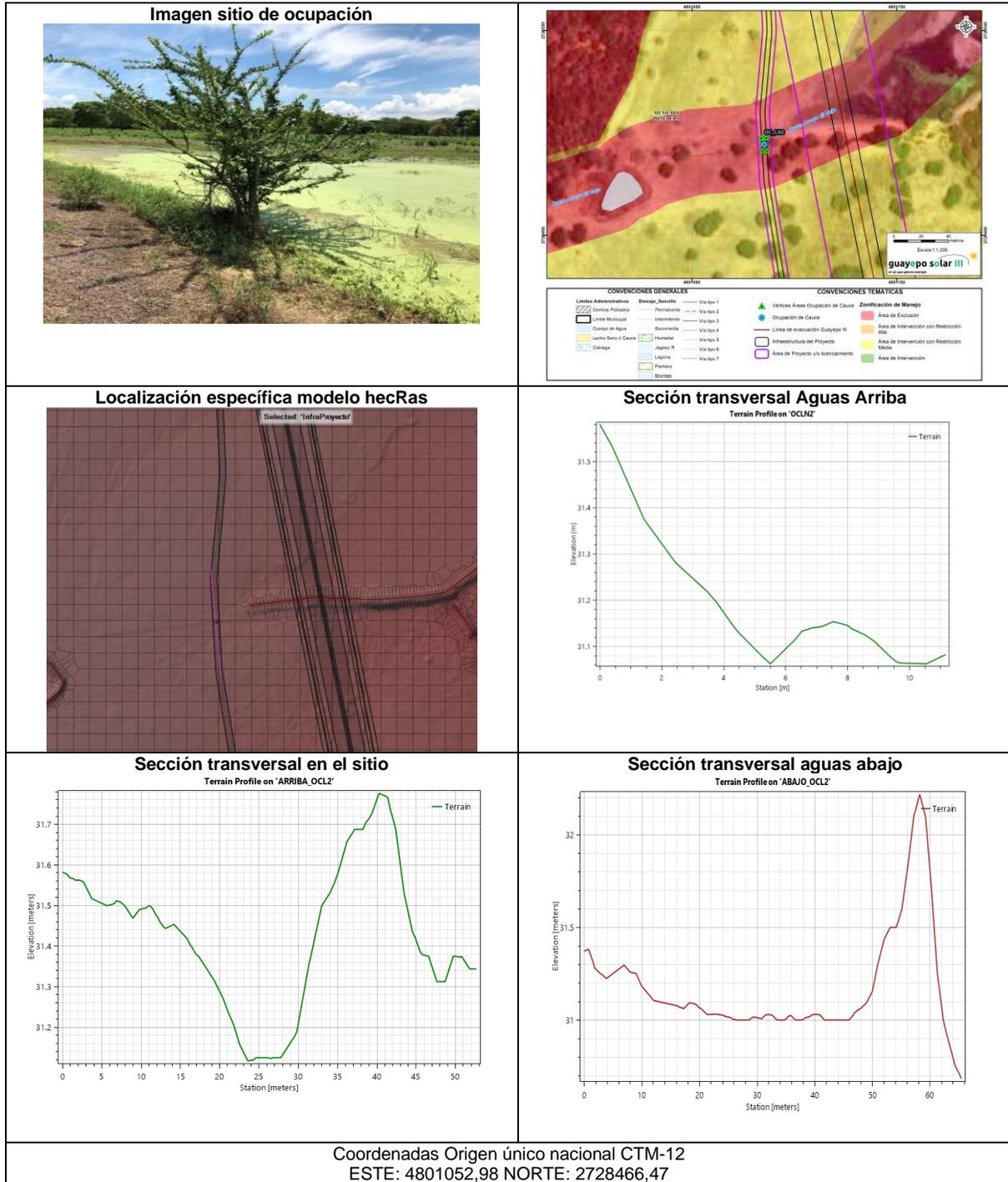


Figura 7-50 Sitio de ocupación de cauce OCLN 3- Afluente Arroyo El Cojo 2 (Cuerpo Lótico)

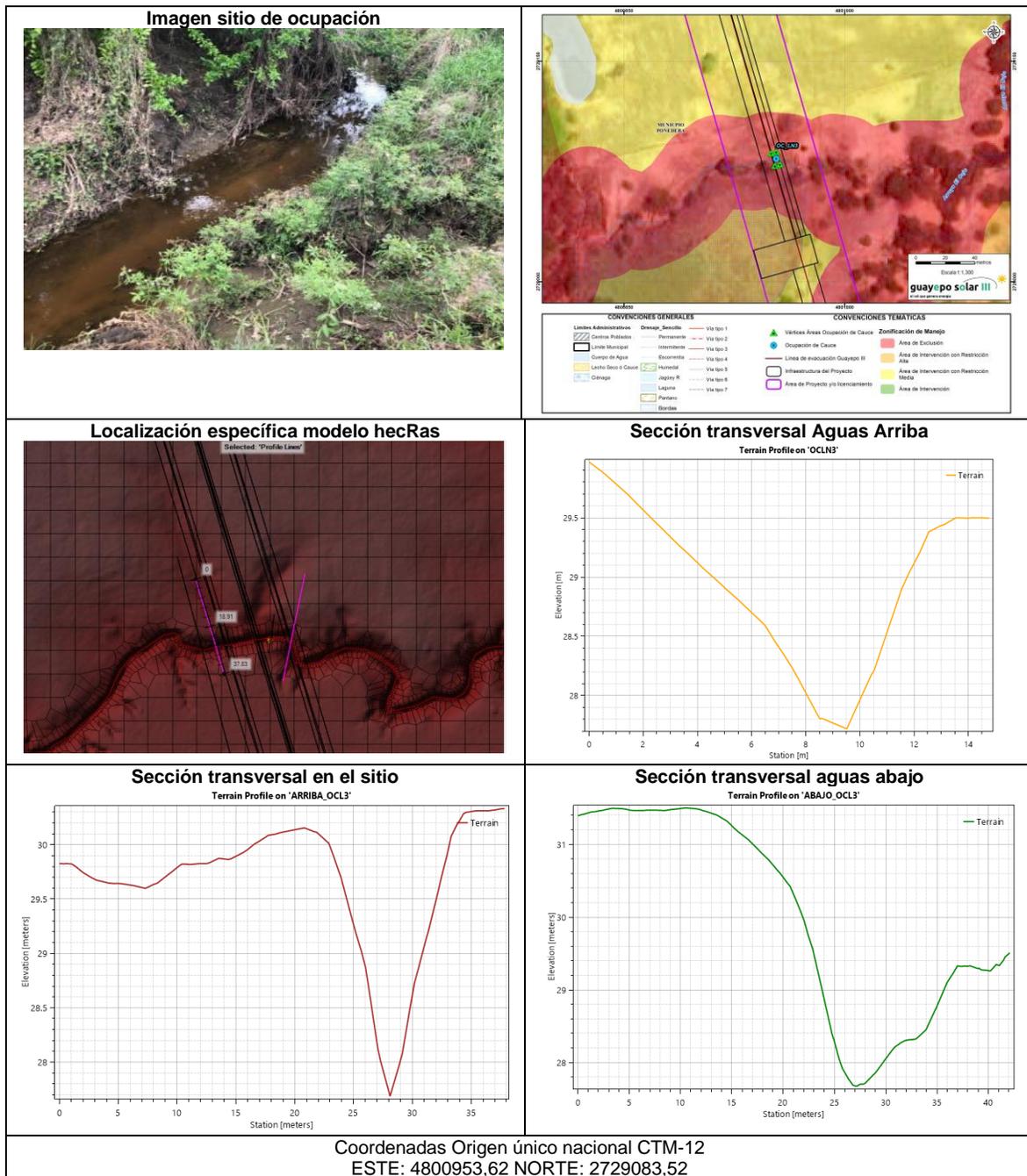
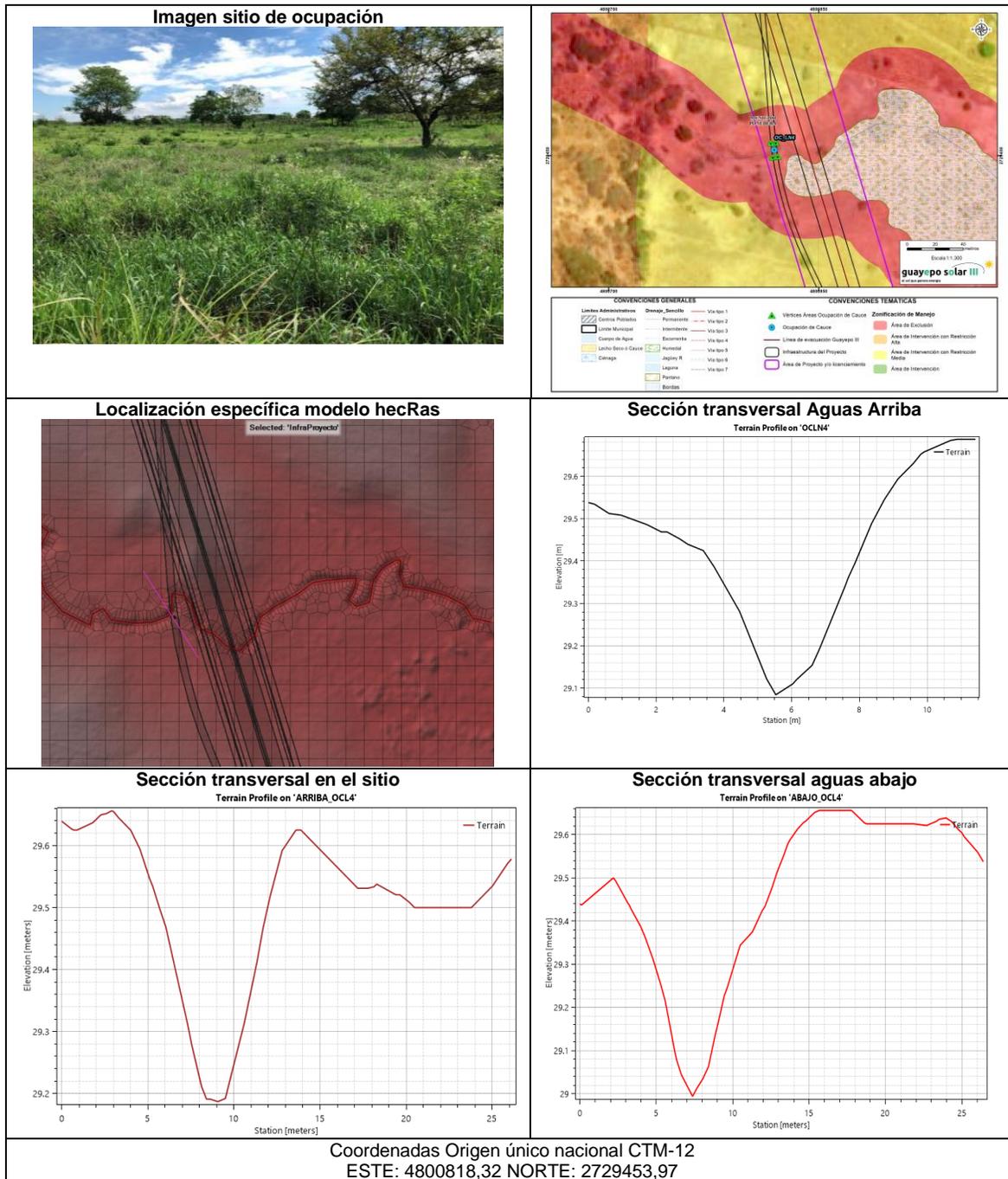


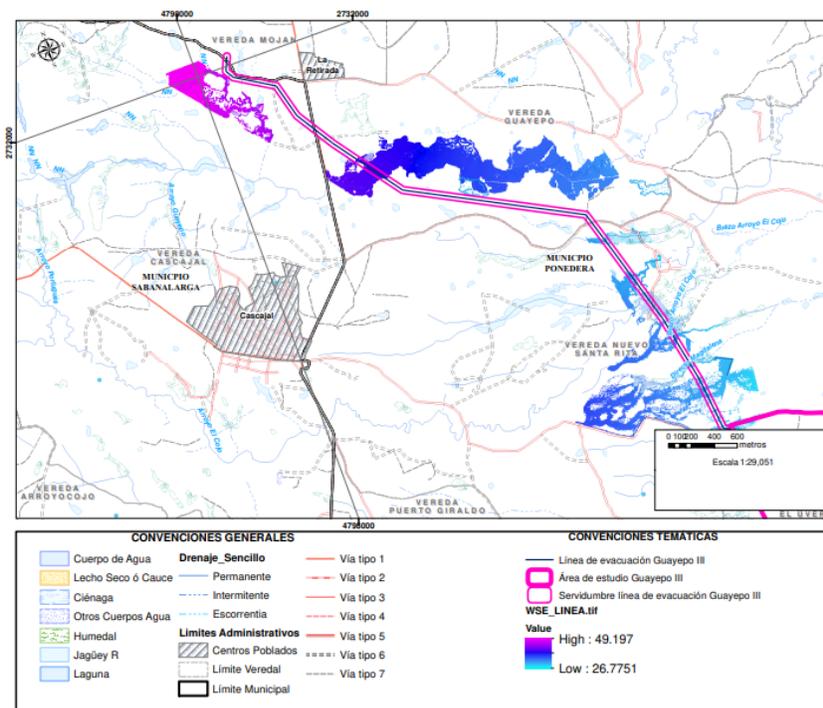
Figura 7-51 Sitio de ocupación de cauce OCLN 4- Afluente Arroyo El Cojo 1 (cuerpo lotico)



Las obras proyectadas en los sitios establecidos como de ocupación de cauce se diseñarán para un periodo de retorno de 10 años para los sitios OCLN1, OCLN2 y OCLN4 por ser cuerpos de agua intermitentes, en el caso del sitio OCLN3 se diseñará para un periodo de retorno de 50 años tomando cuenta la importancia del arroyo El Cojo y adoptando la recomendación del manual de drenajes para carreteras del INVIAS en cuanto a obras mayores con luz entre 10 y 50 m de ancho, que para el caso de estudio se adopta obra mayor tipo Box- Culvert.

En la Figura 7-52 se muestra la distribución de elevaciones obtenidas con la modelación en dos dimensiones para el máximo escenario de diseño adoptado (Tr 50 años) y en la Tabla 7-33 se presenta los caudales de diseño en los sitios de ocupación de cauce en el sector de la línea, producto de la modelación hidráulica en dos dimensiones.

Figura 7-52 Distribución de inundación Tr 50 años – Línea de transmisión



(Ingenostrum Colombia S.A.S., 2021)

Tabla 7-33 Caudales de diseño en sitios de ocupación de cauce – Zona Línea de Transmisión

SITIO	CAUDAL DISEÑO	
	Tr 10 años (m ³ /s)	Tr 50 años (m ³ /s)
OCLN1	0.27	-
OCLN2	0.04	-
OCLN3	-	33.32
OCLN4	1.40	-

(Ingenostrum Colombia S.A.S., 2021)

Con base en los caudales de diseño se dimensionaron las obras en los sitios de ocupación de cauce, en la Tabla 7-34 se presenta el resumen de las dimensiones y en la Figura 7-53 a Figura 7-55 se presentan los resultados de las características y perfiles hidráulicos obtenido.

El esquema tipo de implantación de alcantarillas se presenta en la Figura 7-56. Para información más detallada sobre los diseños de obra revisar Anexo 7. Aprovechamiento de recursos/ 7.1 Ocupaciones de Cauce.

Tabla 7-34 Características hidráulicas de los sitios de ocupación de cauce a solicitar – Zona Línea de Transmisión

Id de ubicación	Tipo de caudal	Sitio de cruce	Obra propuesta	Cuenca	Coordenadas CTM -12	
					Este	Norte
OC_LN1	Intermitente	K0+689 de la servidumbre.	Alcantarilla Diámetro 90cm	Drenaje NN 2	4801087,44	2728117,24
OC_LN2	Intermitente	K0+958 de la servidumbre.	Alcantarilla Diámetro 90cm	Drenaje NN 1	4801052,98	2728466,47
OC_LN3	Continuo	K1+635 de la servidumbre.	Box Culvert 350x350	Afluente Arroyo El Cojo 2	4800953,62	2729083,52
OC_LN4	Intermitente	K2+007 de la servidumbre.	Alcantarilla Diámetro 150cm	Afluente Arroyo El Cojo 1	4800818,32	2729453.97

(Ingenostrum Colombia S.A.S., 2021)

Figura 7-53 Características y perfil hidráulico obras OCLN1 y OCLN2

Total Discharge (cms)	Culvert Discharge (cms)	Headwater Elevation (m)	Inlet Control Depth(m)	Outlet Control Depth(m)	Flow Type	Normal Depth (m)	Critical Depth (m)	Outlet Depth (m)	Tailwater Depth (m)	Outlet Velocity (m/s)	Tailwater Velocity (m/s)
0.10	0.10	13.70	0.24	0.27	2-M2c	0.24	0.18	0.18	0.03	1.11	0.78
0.12	0.12	13.72	0.27	0.30	2-M2c	0.27	0.20	0.20	0.04	1.17	0.84
0.14	0.14	13.75	0.29	0.32	2-M2c	0.29	0.21	0.21	0.04	1.22	0.89
0.16	0.16	13.77	0.31	0.34	2-M2c	0.31	0.23	0.23	0.04	1.26	0.94
0.18	0.18	13.79	0.33	0.37	2-M2c	0.33	0.24	0.24	0.04	1.30	0.98
0.20	0.20	13.81	0.35	0.39	2-M2c	0.35	0.26	0.26	0.05	1.34	1.03
0.22	0.22	13.83	0.37	0.41	2-M2c	0.37	0.27	0.27	0.05	1.38	1.06
0.24	0.24	13.85	0.39	0.43	2-M2c	0.39	0.28	0.28	0.05	1.41	1.10
0.26	0.26	13.87	0.40	0.45	2-M2c	0.41	0.29	0.29	0.06	1.45	1.14
0.28	0.28	13.89	0.42	0.46	2-M2c	0.42	0.30	0.30	0.06	1.48	1.17
0.30	0.30	13.91	0.44	0.48	2-M2c	0.44	0.32	0.32	0.06	1.51	1.20

Crossing - OBRAS 0.9, Design Discharge - 0.20 cms
Culvert - Culvert 1, Culvert Discharge - 0.20 cms

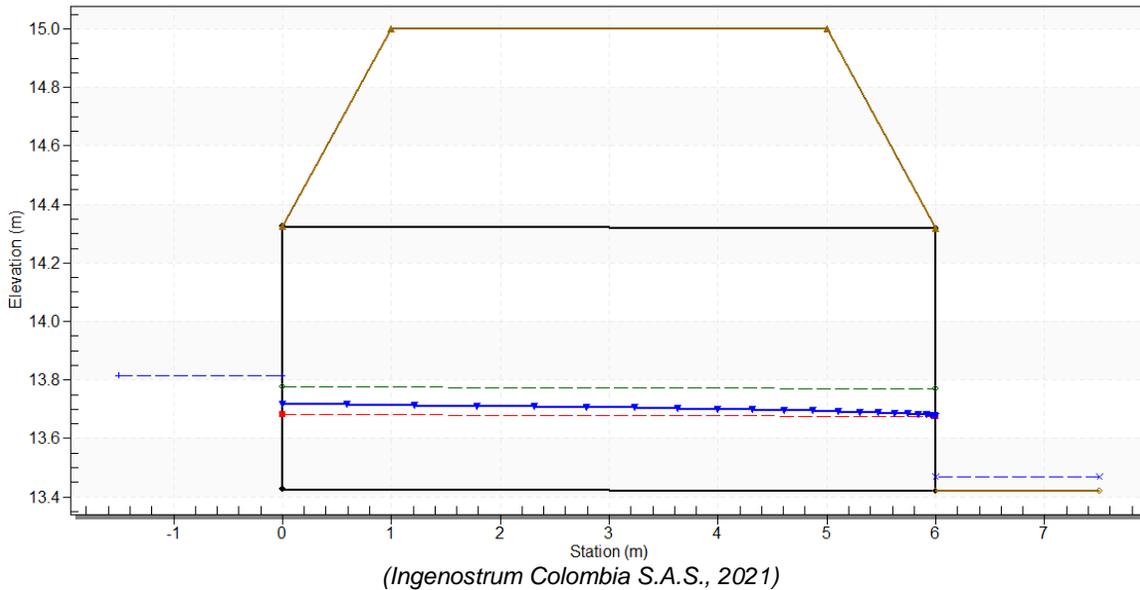


Figura 7-54 Características y perfil hidráulico obras OCLN3

Total Discharge (cms)	Culvert Discharge (cms)	Headwater Elevation (m)	Inlet Control Depth(m)	Outlet Control Depth(m)	Flow Type	Normal Depth (m)	Critical Depth (m)	Outlet Depth (m)	Tailwater Depth (m)	Outlet Velocity (m/s)	Tailwater Velocity (m/s)
20.00	20.00	16.04	1.61	2.15	3-M1t	1.31	0.94	2.00	2.00	1.43	1.11
21.90	21.90	16.15	1.71	2.27	3-M1t	1.40	1.00	2.10	2.10	1.49	1.14
23.80	23.80	16.26	1.81	2.38	3-M1t	1.49	1.06	2.20	2.20	1.55	1.17
25.70	25.70	16.37	1.90	2.48	3-M1t	1.58	1.11	2.29	2.29	1.61	1.19
27.60	27.60	16.47	1.99	2.58	3-M1t	1.66	1.17	2.38	2.38	1.66	1.22
29.50	29.50	16.57	2.08	2.68	3-M1t	1.75	1.22	2.46	2.46	1.71	1.24
31.40	31.40	16.66	2.16	2.78	3-M1t	1.83	1.27	2.54	2.54	1.76	1.26
33.32	33.32	16.76	2.25	2.87	3-M1t	1.91	1.32	2.62	2.62	1.82	1.28
35.20	35.20	16.85	2.33	2.96	3-M1t	2.00	1.37	2.70	2.70	1.86	1.30
37.10	37.10	16.93	2.41	3.05	3-M1t	2.08	1.42	2.77	2.77	1.91	1.32
39.00	39.00	17.02	2.49	3.14	3-M1t	2.16	1.47	2.84	2.84	1.96	1.34

Crossing - OCLN3, Design Discharge - 33.32 cms
Culvert - OBRA_OCLN3, Culvert Discharge - 33.32 cms

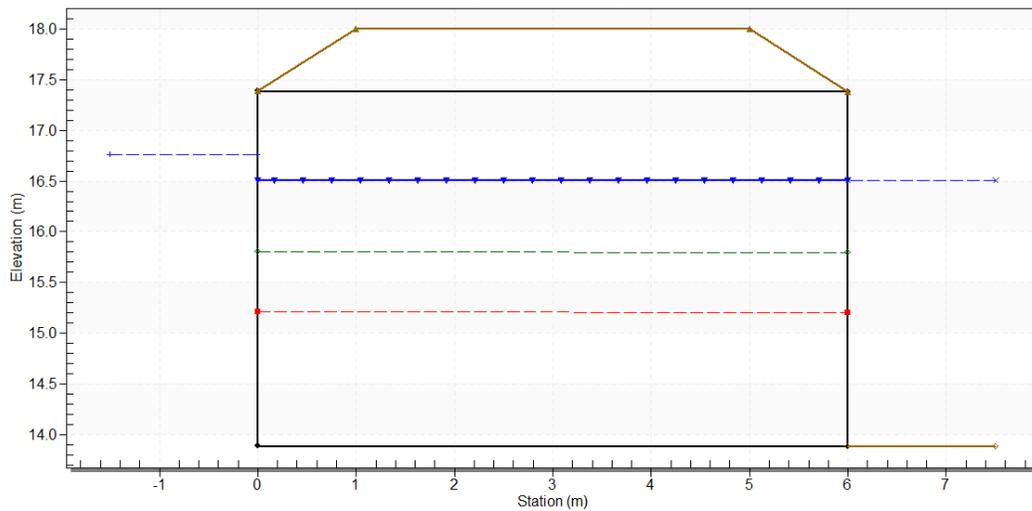


Figura 7-55 Características y perfil hidráulico obras OCLN4

Total Discharge (cms)	Culvert Discharge (cms)	Headwater Elevation (m)	Inlet Control Depth(m)	Outlet Control Depth(m)	Flow Type	Normal Depth (m)	Critical Depth (m)	Outlet Depth (m)	Tailwater Depth (m)	Outlet Velocity (m/s)	Tailwater Velocity (m/s)
0.50	0.50	13.96	0.48	0.53	2-M2c	0.46	0.35	0.35	0.07	1.57	1.26
0.60	0.60	14.01	0.53	0.59	2-M2c	0.51	0.39	0.39	0.07	1.65	1.35
0.70	0.70	14.06	0.58	0.64	2-M2c	0.55	0.42	0.42	0.08	1.72	1.44
0.80	0.80	14.11	0.62	0.68	2-M2c	0.59	0.45	0.45	0.09	1.79	1.51
0.90	0.90	14.15	0.66	0.73	2-M2c	0.63	0.48	0.48	0.09	1.85	1.58
1.00	1.00	14.20	0.70	0.77	2-M2c	0.67	0.51	0.51	0.10	1.91	1.65
1.10	1.10	14.24	0.74	0.81	2-M2c	0.71	0.53	0.53	0.10	1.96	1.71
1.20	1.20	14.28	0.78	0.85	2-M2c	0.75	0.56	0.56	0.11	2.01	1.77
1.30	1.30	14.32	0.82	0.89	2-M2c	0.78	0.58	0.58	0.12	2.06	1.83
1.49	1.49	14.39	0.89	0.96	2-M2c	0.85	0.62	0.62	0.13	2.15	1.92
1.50	1.50	14.39	0.89	0.96	2-M2c	0.85	0.63	0.63	0.13	2.15	1.93

Culvert - Culvert 1, Culvert Discharge - 1.49 cms

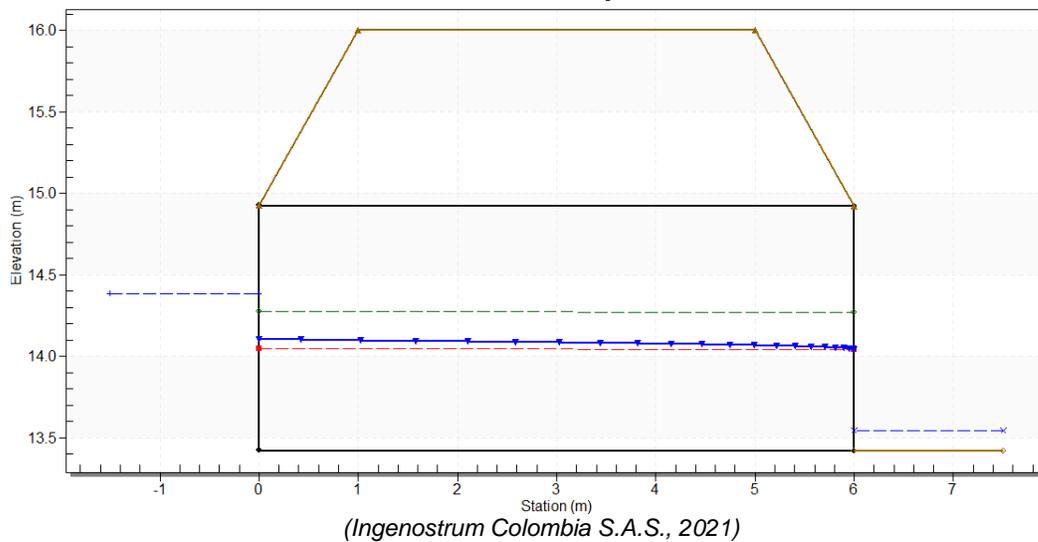
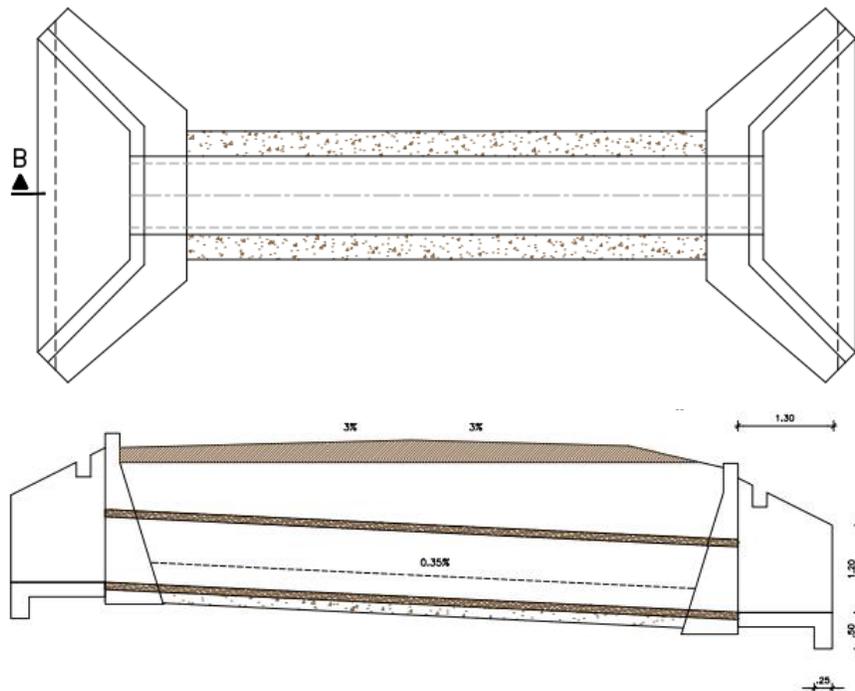


Figura 7-56 Esquema tipo de implantación alcantarillas Box Culvert – Línea de Transmisión



: (Ingenostrum Colombia S.A.S., 2021)

7.4.4.3 Proceso Constructivo Obras de Drenaje

El proceso constructivo de las obras de drenaje comprende las siguientes actividades:

- Señalización y demarcación del área de trabajo
- Replanteo topográfico y demarcación
- Adecuación y funcionamiento de sitios de uso temporal.
- Movilización y acopio de los recursos para la construcción.
- Remoción cobertura vegetal, descapote y aprovechamiento forestal.
- Excavaciones y entibados: Comprende la realización de toda clase de excavaciones necesarias para la ejecución de la obra, de acuerdo con las líneas, niveles y profundidades indicadas en los planos de detalle o que se

hacen necesarias durante el proceso constructivo. El proceso de entibado se hace necesario en excavaciones donde las características del suelo son deficientes y por ende propensas a derrumbes o colapso de los taludes de corte. El entibado proporciona condiciones seguras al personal.

El material procedente de la excavación que sea apto para el relleno de la misma se separa y se acumula al lado de la excavación utilizando trinchos en madera para la retención de los mismos. El resto de material, en especial los suelos orgánicos, se almacenan para reutilizarlos en la reimplantación y extendido de la cobertura vegetal de la excavación. Los rellenos y en general todos los residuos no factibles de ser utilizados, serán retirados del área de la obra para ser depositados en la ZODME del proyecto.

- g) Instalación de tuberías: Se refiere a la instalación de los tubos de concreto o concreto reforzado para las alcantarillas en los diámetros y especificaciones definidos en la ingeniería de detalle dentro de las zanjas o excavaciones.
- h) Concretos: Esta actividad consiste en la construcción de las obras en concreto simple, ciclópeo o reforzado que forman parte de estructuras de: box culvert, alcantarillas, cunetas revestidas, estructuras de disipación de energía y demás estructuras de drenaje requeridas en la ingeniería de detalle. Comprende el suministro de materiales, preparación y diseño de mezclas; suministro, colocación y remoción de formaletas; transporte, colocación, fraguado, acabado, curado, reparaciones, herramientas, ensayos de resistencia de las mezclas usadas y en general todas las operaciones para ejecutar las obras de acuerdo con los planos y las especificaciones.

- i) Todos los trabajos relacionados con concreto se deben regir primordialmente por las estipulaciones aplicables de las Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente NSR-2010.
- j) Rellenos estructurales: Se refiere al suministro, transporte, colocación, eventual humedecimiento o secamiento, mezclado, conformación y compactación de los rellenos en el contorno o a lo largo de estructuras de concreto, tuberías, cunetas, ductos, filtros, lechos filtrantes, zanjas, donde lo indiquen los planos. Estos rellenos se deben hacer con materiales seleccionados provenientes de la misma excavación (cuando sean aptos) o de otras fuentes, de acuerdo con las especificaciones del diseño.

7.5 APROVECHAMIENTO FORESTAL

El presente numeral se presenta ajustado con objeto de dar cumplimiento al requerimiento número 16 de la reunión de información adicional llevada a cabo con la ANLA, el día 16 de junio de 2022. Este requerimiento solicita lo siguiente: **“Complementar la solicitud de aprovechamiento forestal, de tal manera que se incluya:**

- a) La totalidad de individuos a ser aprovechados, según el área de intervención del proyecto.**
- b) Los individuos presentes en las bordas.**
- c) La capa de Aprovechamiento forestal tipo polígono”**

Para dar cumplimiento a estos requerimientos, se realizó un nuevo trabajo de campo el cual se llevó a cabo entre los días 27 de junio al 5 de julio y 30 de julio, por parte de dos profesionales forestales y posteriormente se realizó la consolidación de la información obtenida y el respectivo cálculo de volúmenes para los nuevos individuos encontrados (**Censo nuevo**), con lo cual se complementó la información previamente radicada en el Estudio de Impacto Ambiental la cual se denominó como **censo anterior**.

Para dar un contexto claro de los ajustes solicitados a continuación, se detallan los siguientes ajustes realizados al presente numeral 7.5 APROVECHAMIENTO FORESTAL, de acuerdo con cada uno de los literales solicitados.

Respuesta literal a). Con objeto de completar los individuos faltantes en las áreas de reducción de velocidad, los cuales se habían marcado previamente y se habían sacado del censo anterior, pero que de acuerdo con la visita de campo de ANLA si se encontraban en el sitio de intervención, se realizó la reincorporación al cálculo del inventario de cinco (5) individuos.

Así mismo, se realizó la revisión en las áreas de intervención correspondientes a la línea de evacuación, donde se incorporaron 90 individuos nuevos teniendo en cuenta tanto los individuos adicionales que se habían sacado del censo anterior (pero que efectivamente se encuentran dentro de estas áreas a intervenir), así como los individuos inventariados en el censo nuevo correspondientes a los ajustes en los accesos solicitados en el requerimiento número uno (1) de la información adicional.

Adicionalmente, fueron incorporados 50 nuevos individuos de la cobertura de pastos limpios, los cuales también habían sido excluidos en el censo anterior, pero que reingresan debido a los cambios en las áreas de intervención producto de los requerimientos solicitados por la ANLA principalmente en los requerimientos 1 y 2. Con lo cual esta área de intervención pasó de tener una extensión de 430,26 ha a tener 499,39 hectáreas.

Respuesta literal b). Para dar respuesta a este literal, se realizó la inclusión de 457 nuevos individuos forestales, a partir del trabajo de campo realizado entre los días 27 de junio al 5 de julio y el 30 de julio, la cual fue realizada por un profesional forestal, específicamente, para las áreas de bordas. Estos individuos fueron incorporados al volumen forestal total., el cual se presenta en el numeral 7.5.4 Volumen de aprovechamiento forestal.

A partir de los ajustes realizados, es importante mencionar que ingresan 602 nuevos individuos producto del censo nuevo, los cuales complementan a los 506 individuos del censo anterior, totalizando una cantidad de 1108 individuos para aprovechamiento forestal al 100%, los cuales incluyen tanto las coberturas de pastos limpios y bordas en el área del parque, como del inventario al 100% de todas las coberturas de la línea de evacuación. El detalle de esta información se presenta en el “numeral 7.5.4.1.2 Resultados para el área con censo al 100%” del presente documento.

Respuesta literal c. para dar cumplimiento a este requerimiento, se diligenció y agregó la capa Aprovechamiento forestal PG, en la cual se incluyó la información del aprovechamiento forestal calculado estadísticamente específicamente para las coberturas Vegetación secundaria alta (Vsb), Vegetación secundaria baja (Vsb), Pastos enmalezados (Pe) y Pastos arbolados (Pa) teniendo en cuenta los ajustes en el área producto tanto de la cobertura de pastos enmalezados como de Vegetación secundaria baja.

De esta manera, se abordaron la totalidad de los tres requerimientos exigidos, con lo cual se da cumplimiento total al requerimiento 16 de la solicitud de información adicional de ANLA. Con base en lo anterior, el numeral 7.5 en su totalidad, se presenta a continuación.

El aprovechamiento forestal se define como la extracción de productos de un bosque y comprende desde su obtención hasta el momento de su transformación; este se encuentra reglamentado por el Decreto 1791 de 1996, a su vez compilado dentro del decreto 1076 de 2015 “Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible”.

De esta manera, el presente documento contiene la información necesaria en cuanto al recurso forestal a aprovechar por cada una de las actividades a realizar contempladas en el estudio de impacto ambiental del Proyecto Parque Solar Fotovoltaico Guayepo III 200 MW y su línea de evacuación 500kV el cual se encuentra a cargo de la empresa Ingenostrum Colombia S.A.S, ubicado en los municipios de Ponedera y Sabanalarga, en el departamento del Atlántico.

Específicamente, se presentarán los volúmenes maderables a extraer, se discriminan las especies aprovechadas para cada tipo de cobertura a intervenir y se especifica de manera detallada el inventario forestal realizado para la estimación de los volúmenes de madera a extraer.

7.5.1 Objetivos

- Establecer las áreas correspondientes a actividades del proyecto donde se proyecta realización del aprovechamiento forestal.
- Realizar la estimación de volumen total y comercial tanto para el área del parque como para la línea de evacuación e identificar las características de las especies que aportan a este volumen.
- Identificar las especies amenazadas y en veda presentes en el área de intervención del Proyecto.

7.5.2 Metodología

El inventario forestal se abordó en tres etapas, la primera etapa precampo o de preparación para la elaboración del documento y la salida de campo; la segunda etapa de campo que correspondió a la toma de información primaria y finalmente la tercera etapa en oficina, donde se hicieron los ajustes, se filtró y se procesó la información para la elaboración del documento.

Con objeto de obtener de la manera más aproximada los volúmenes de aprovechamiento forestal para las diferentes coberturas y dependiendo de las diferentes actividades; se aplicaron dos técnicas de inventario forestal. Para el área de intervención del parque solar se aplicó un muestreo estadísticamente representativo el cual fue aplicado para las coberturas de Vegetación secundaria alta (Vsa), Vegetación secundaria baja (Vsb), Pastos arbolados (Pa) y Pastos enmalezados (Pe), mientras que para la cobertura de pastos limpios, bordas (y puntualmente para las áreas de trabajo de los carriles de cambio de velocidad) se aplicó un censo al 100% (Por otra parte, para las áreas de intervención de la línea de evacuación se realizó un censo al 100%, en todos los predios de la línea, encontrándose que se presenta aprovechamiento forestal sobre las coberturas de vegetación secundaria alta, pastos arbolados, pastos limpios y bordas. Así mismo se realizó la verificación de individuos en el paso de la línea, sin embargo, no hay

necesidad de tala de estos, en ningún sector. El análisis detallado se presenta más adelante. Tabla 7-35).

Por otra parte, para las áreas de intervención de la línea de evacuación se realizó un censo al 100%, en todos los predios de la línea, encontrándose que se presenta aprovechamiento forestal sobre las coberturas de vegetación secundaria alta, pastos arbolados, pastos limpios y bordas. Así mismo se realizó la verificación de individuos en el paso de la línea, sin embargo, no hay necesidad de tala de estos, en ningún sector. El análisis detallado se presenta más adelante.

Tabla 7-35 Técnicas empleadas para el cálculo del volumen de aprovechamiento

DESCRIPCIÓN	TÉCNICA DE INVENTARIO	COBERTURA
Parque solar	Inventario forestal con Muestreo estadístico	Vegetación secundaria alta
		Vegetación secundaria baja
		Pastos arbolados
		Pastos enmalezados
	Censo 100%	Pastos limpios
		Bordas
Línea de evacuación	Censo 100%	Vegetación secundaria alta
		Pastos arbolados
		Pastos limpios
		Bordas

(Ingenostrum Colombia S.A.S., 2021)

Es importante resaltar que las demás coberturas, establecidas para el proyecto relacionadas más a uso antrópico como vías de acceso, entre otras, no presentaron arboles fustales que requieran aprovechamiento forestal, tanto en el parque solar como en la línea de evacuación.

7.5.2.1 Fase de precampo

7.5.2.1.1 Inventario forestal con muestreo estadístico

7.5.2.1.1.1 Diseño de muestreo

Para la definición del tipo de muestreo a realizar para la caracterización de la vegetación arbórea se han tenido en cuenta los siguientes aspectos, primero que

se trata de un área definida con condiciones biofísicas relativamente similares, pues todas las coberturas vegetales se encuentran asociadas a un solo bioma (Zonobioma alternohigróico tropical Cartagena y delta del Magdalena), y en segundo lugar que la población a muestrear corresponde a árboles que se pueden individualizar fácilmente y que la población no cambiará drásticamente las variables medidas en corto plazo, además de buscar la mayor precisión posible respecto a las especies, número de árboles y tamaños de los individuos que pueden ser intervenidos.

De acuerdo con lo anterior, el tipo de muestreo correspondió a un muestreo estratificado sistemático, en el cual la estratificación corresponde a las coberturas intervenidas por el proyecto.

7.5.2.1.1.1.1 Forma de las unidades de muestreo

Las parcelas establecidas se realizaron de forma rectangular (100 m x10 m), por ser las más prácticas en el campo y empleadas en inventarios forestales en bosques naturales bajo condiciones tropicales.

7.5.2.1.1.1.2 Cálculo del error de muestreo

Una vez levantada la información en campo de parcelas por cada cobertura tanto de coberturas naturales y seminaturales (Vegetación secundaria alta y Vegetación secundaria baja), así como de coberturas transformadas asociadas a pastos (Pastos arbolados y Pastos enmalezados) y para cumplir los requerimientos de los términos de referencia para el proyecto, se realizó el cálculo de los estadígrafos sobre el volumen total de las parcelas por ecosistema de acuerdo con la metodología para la realización de inventarios forestales a nivel semidetallado tomado del documento: Guías Técnicas para la Ordenación y el Manejo Sostenible de los Bosques Naturales. (Ministerio del Medio Ambiente, 2012). Bajo los parámetros estadísticos relacionados en la Tabla 7-36, se puede observar que las

parcelas levantadas para el pre-muestreo fueron usadas para los cálculos del muestreo.

Tabla 7-36 Parámetros estadísticos

PARÁMETROS ESTADÍSTICOS	
Promedio (X)	$X = \frac{\sum Xi}{n}$ donde: Xi= valor observado de unidad i-ésima de la muestra n= número de unidades de la muestra (tamaño muestra)
Desviación estándar (S)	$S = \sqrt{\frac{\sum Xi^2 - \frac{(\sum Xi)^2}{n}}{n-1}}$
Coeficiente de variación (CV)	$CV = \frac{S}{X} * 100$
Error estándar (Sx)	$Sx = \frac{S}{\sqrt{\frac{N-1}{N}}}$ donde: S = Desviación estándar N= Tamaño de la muestra (número de unidades muestréales) n= Tamaño de la población (expresado en parcelas)
Error de muestreo absoluto (ECM)	$ECM = X - t(Sx)$
Error de muestreo relativo (E%)	$E\% = \frac{t(Sx)}{X} * 100$
n (Número de parcelas)	$n = \frac{t^2 * CV^2}{E\%^2}$ n = número de parcelas t = constante de Student CV = Coeficiente de variación E% = Error de muestreo relativo (15%)

(Ingenostrum Colombia S.A.S., 2021) con base en Ministerio de Ambiente, 2012

7.5.2.1.1.3 Censo forestal al 100%

Para el área de intervención del parque, se levantó el censo al 100% para la cobertura de pastos limpios y para bordas teniendo en cuenta todos los árboles aprovechables con diámetro a la altura de pecho (DAP) mayor o igual a 10 cm (DAP≥10 cm). Cada árbol fue georreferenciado y marcado con pintura amarilla o roja, con un número consecutivo y en formularios se registraron datos como: nombre común, DAP, altura total y altura comercial de cada individuo. Los datos correspondientes se presentan en el **Anexo 5.2.1 Flora / 5.2.1.1 Datos de campo o 5.2.1.2 Bases de datos.**

Así mismo, para las áreas de intervención de la línea de evacuación se realizó el censo al 100%, encontrándose individuos con DAP mayor a 10 cm y por tanto susceptibles a aprovechamiento en las coberturas de Pastos limpios, Pastos arbolados, Vegetación secundaria alta y Bordas.

7.5.2.1.2 Fase de campo

7.5.2.1.2.1 Inventario forestal con muestreo estadístico

7.5.2.1.2.1.1 Localización de las unidades de muestreo

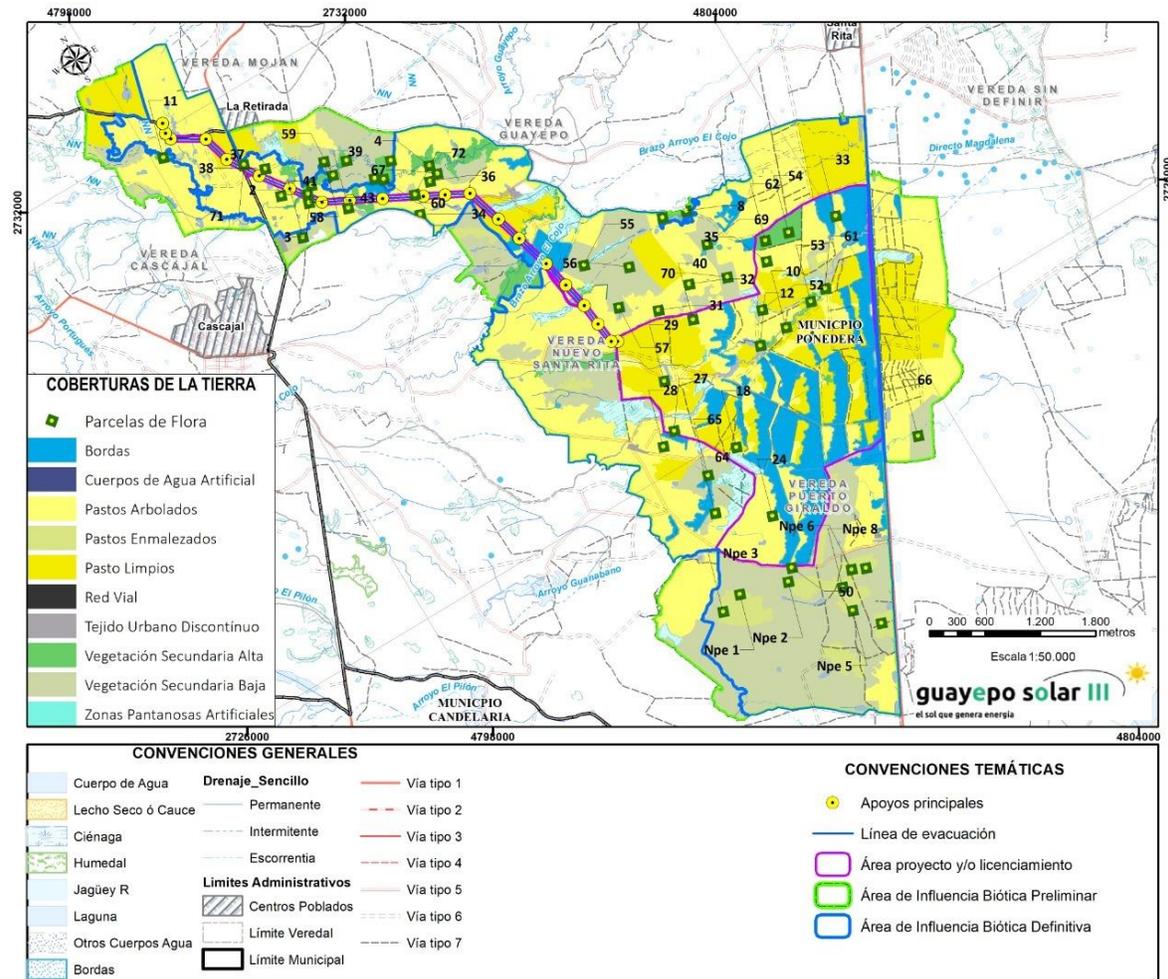
Sobre la base cartográfica del mapa de ecosistemas a intervenir, se ubicaron las unidades de muestreo o parcelas, se georreferenció el punto inicial y final del eje respectivo de cada unidad muestreada. Con el fin de efectuar el muestreo estadístico se establecieron un total para el área de 52 parcelas temporales con dimensiones de 10 x 100 m, (0,1 ha). Estas fueron establecidas en las coberturas de Vegetación secundaria alta, Vegetación secundaria baja, Pastos arbolados y pastos enmalezados. (Ver Tabla 7-37 y Figura 7-57). Para la Vegetación secundaria baja se tuvieron en cuenta 12 de las 14 parcelas iniciales, así como cuatro (4) parcelas adicionales de las que en su momento se reclasificaron como pastos enmalezados y que con el ajuste en el mapa de cobertura vegetal pasaron a ser de Vsb.

Tabla 7-37 Número de parcelas por unidad de cobertura para el inventario estadístico

COBERTURA	NUMERO DE PARCELAS	
	Fustal (DAP > 10cm)	Número de parcelas
Vegetación secundaria alta	10 X 100	12
Vegetación secundaria baja	10 X 10	16
Pastos arbolados	10 X 100	16
Pastos enmalezados	10 X 100	8
TOTAL		52

(Ingenostrum Colombia S.A.S., 2022)

Figura 7-57 Localización parcelas de muestreo inventario estadístico

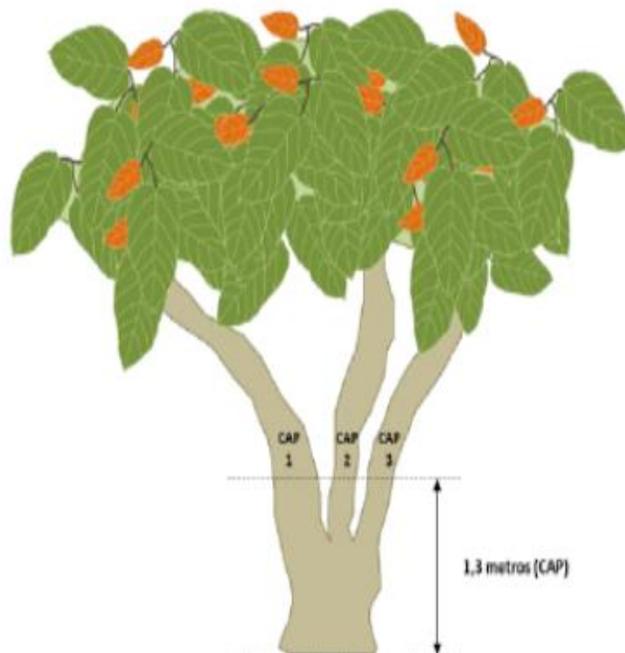


(Ingenostrum Colombia S.A.S., 2022)

7.5.2.1.2.1.2 Parámetros de captura de información

Cada individuo fue inventariado teniendo en cuenta los parámetros correspondientes al diámetro a la del pecho, (DAP mayor o igual a 10 cm), el cual procede de la medición de la Circunferencia a la Altura del Pecho (CAP), que consiste en medir el perímetro del fuste a 1,3 m de altura. En cada individuo se midieron hasta cinco (5) circunferencias mayores a 10 cm de diámetro la altura del pecho (CAP), en razón a que algunas especies pueden presentar bifurcaciones por debajo de los 1,3 m del suelo y, consecuentemente, es necesario medir todas las CAP para estimar con precisión la CAP de cada individuo (ver Figura 7-58). Los datos recolectados en campo para el presente inventario forestal al 100% pueden ser consultados en el Anexo 5.2.1 Flora / 5.2.1.1 Datos de campo o 5.2.1.2 Bases de datos - Cálculos.

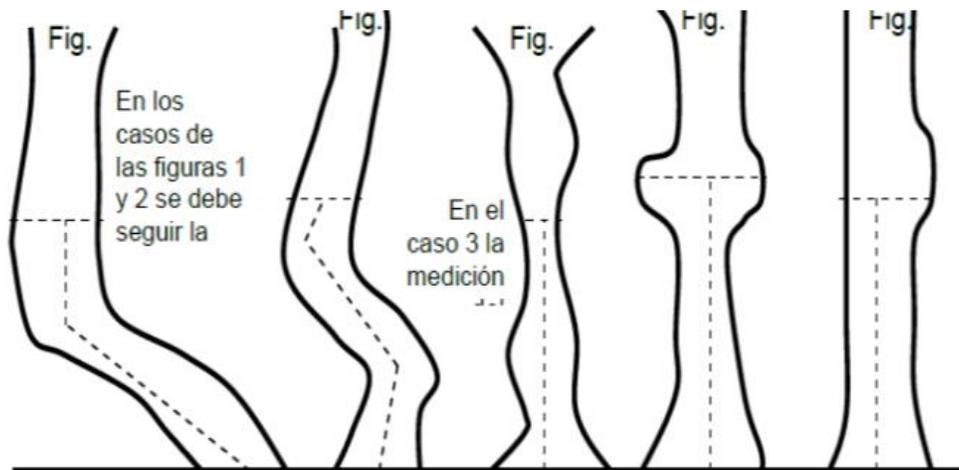
Figura 7-58 Esquema representativo para la toma del CAP en árboles bifurcados



(Ingenostrum Colombia S.A.S., 2021), adaptado de: Ramírez y Kleinn (2001).

De otro lado, si el árbol presenta daños a la altura del pecho, el diámetro es medido preferiblemente en la parte superior al sitio donde se localizó el daño (Figura 7-59).

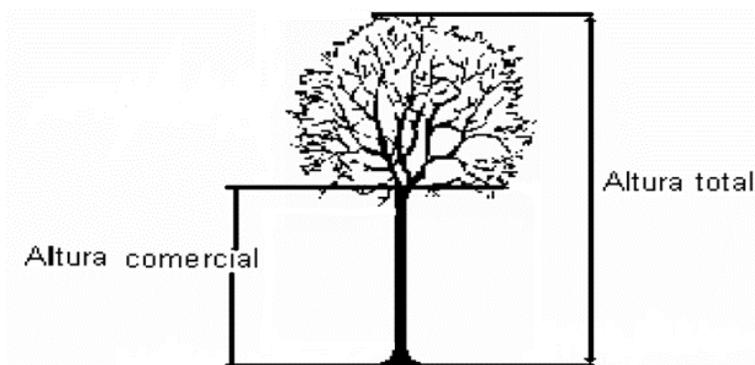
Figura 7-59 Medición diámetros arboles con defectos



Tomado de MAVDT Guía OIMT 2002.

La altura del individuo se divide en dos aspectos: altura total, dada desde la base del árbol hasta el ápice de este; Altura comercial, dada desde la base del árbol hasta el inicio de la copa, tomada para árboles y palmas (Ver Figura 7-60).

Figura 7-60 Esquema para medición alturas



Tomado de MAVDT Guía OIMT, 2002.

7.5.2.1.3 Fase de procesamiento de la información

7.5.2.1.3.1 Inventario forestal con muestreo estadístico

Dando cumplimiento a los términos de referencia TdR-015, se realizó un inventario forestal sobre los ecosistemas naturales y seminaturales como transformados (coberturas vegetales) objeto de intervención para el parque. Es importante mencionar que se tuvieron en cuenta tanto coberturas predominantemente arbóreas (vegetación secundaria alta y vegetación secundaria baja), como coberturas con presencia mayoritaria de pastos (pastos arbolados y pastos enmalezados. En la Tabla 7-38 se presentan los volúmenes totales de aprovechamiento discriminados para cada parcela por unidad de cobertura. Cabe resaltar que para la cobertura de pastos enmalezados se tomaron las ocho (8) parcelas realizadas en la salida de campo para dar respuesta a la información adicional (requerimiento 16), y para la vegetación secundaria baja se tomaron 16 parcelas, de las cuales 12 corresponden al muestreo anterior y cuatro (4) que se reclasificaron de las que anteriormente aparecían en la cobertura de pastos enmalezados a Vegetación secundaria baja. no fueron tenidas en cuenta las parcelas 52 y 65 debido a su escasa representatividad en el volumen lo cual sesgaba el resultado.

Tabla 7-38 Ecosistemas naturales, seminaturales y antrópicos con muestreo estadístico en parque solar

Unidad Cobertura	Símbolo	Nomenclatura	N° Parcela	código campo	Volumen Total (m3)
Vegetación secundaria alta	Vsa	3.2.3.1	1	2	5,601
			2	3	6,514
			3	4	8,765
			4	8	9,832
			5	10	8,826
			6	11	3,672
			7	12	8,390
			8	13	4,827
			9	53	7,321
			10	54	5,599
			11	60	6,533

Unidad Cobertura	Símbolo	Nomenclatura	N° Parcela	código campo	Volumen Total (m3)
			12	62	7,207
Vegetación secundaria baja	Vsb	3.2.3.2	1	41	0,708
			2	44	0,821
			3	45	0,727
			4	50	0,731
			5	55	0,512
			6	56	0,237
			7	57	0,473
			8	58	0,350
			9	59	0,267
			10	63	0,555
			11	64	0,400
			12	66	0,472
			13	67	0,508
			14	69	0,451
			15	70	0,478
			16	72	0,401
Pastos arbolados	Pa		1	18	0,721
			2	24	0,595
			3	27	1,543
			4	28	2,132
			5	29	1,474
			6	31	1,512
			7	32	0,949
			8	33	1,527
			9	34	1,277
			10	35	1,288
			11	36	0,808
			12	38	1,492
			13	39	1,210
			14	40	1,318
			15	43	2,231
			16	71	1,221
Pastos enmalezados	Pe	2.3.3	1	Npe 1	0,225
			2	Npe 2	0,169
			3	Npe 3	0,293
			4	Npe 4	0,369
			5	Npe 5	0,299
			6	Npe 7	0,292
			7	Npe 8	0,240
			8	Npe 6	0,296
Total general					116,935

(Ingenostrum Colombia S.A.S., 2022)

De acuerdo con la metodología propuesta, para cada una de estas coberturas se calculó el error de muestreo, el cual para todos los casos arrojó un valor menor al 15% con una probabilidad del 95%. En la siguiente tabla se muestran los cálculos del error de muestreo para cada cobertura, donde se evidencia que la vegetación secundaria alta es la que menor error presenta (13,67) con 12 parcelas muestreadas, mientras que la cobertura de pastos enmalezados presenta el mayor valor (14,82) con ocho (8) parcelas. En el Anexo 5.2.1 Flora / 5.2.1.1 Datos de campo / 5.2.1.2 cálculos se presenta el detalle del error calculado.

Tabla 7-39 Cálculo del error del muestreo en ecosistemas naturales y seminaturales

INDICADOR	Vegetación secundaria alta	Vegetación secundaria baja	Pastos arbolados	Pastos enmalezados
Volumen total/ha	69,24	5,06	13,31	2,73
Desviación estandar	1,83	0,17	0,45	0,06
Media	6,92	0,506	1,33	0,27
CV:	26,36	33,27	33,48	22,12
Tamaño de la muestra (número de parcelas):	12	16	16	8,00
Grados de libertad	11	15	15	7,00
t student	1,80	1,75	1,75	1,89
Error estándar	7,61	8,32	8,37	7,82
<u>Error de muestreo</u>	<u>13,67</u>	<u>14,58</u>	<u>14,67</u>	<u>14,82</u>

Ingenostrum Colombia S.A.S., 2021

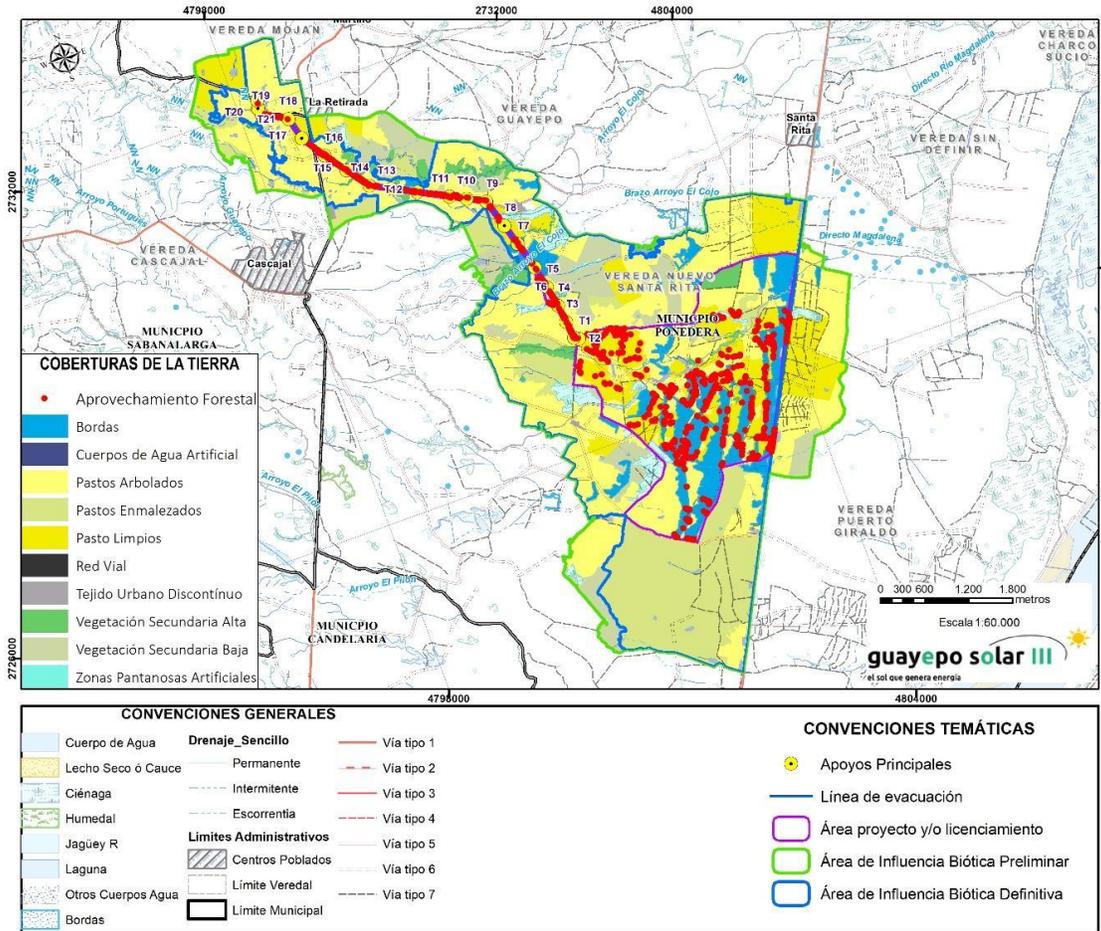
7.5.2.1.3.2 Censo al 100%

Para el área de intervención del parque se realizó el censo forestal al 100% únicamente en las coberturas de pastos limpios y bordas y puntualmente en las áreas de trabajo de los carriles de cambio de velocidad, cuya cobertura es de pastos arbolados (Pa). Adicionalmente, se realizó el censo al 100% en la totalidad de las coberturas presentes en las áreas de intervención de la línea de evacuación.

Posteriormente, con base en el layout final, se optimizó el área de aprovechamiento forestal, para lo cual se dejó únicamente el registro de árboles

con presencia en estas áreas efectivamente intervenidas, su distribución y extensión se presenta en Figura 7-61 y la Tabla 7-40 respectivamente.

Figura 7-61 Localización individuos susceptibles a aprovechamiento forestal de censo al 100%



(Ingenostrum Colombia S.A.S., 2021)

Tabla 7-40 Ecosistemas con censo al 100% en el área del parque solar

Ecosistema con censo al 100%	Área (ha)	Área (%) ³
Pastos limpios	162,47	33,2%
Bordas	127,33	26,0%
Pastos arbolados ⁴	0,55	0,1%
Total	290,35	59,4%

(Ingenostrum Colombia S.A.S., 2022)

³ Porcentaje con respecto al área total de intervención del parque solar (488,96 ha)

⁴ Únicamente en el tipo de infraestructura correspondiente a área de trabajo carriles cambio de velocidad

Con respecto a la línea de evacuación de 500 kV, se realizó el censo al 100% de todos los ecosistemas presentes en el área de intervención de la línea, las cuales suman un área de 10,19 ha como se puede observar en la Tabla 7-41.

Tabla 7-41 Coberturas con censo al 100% en la servidumbre de la Línea de evacuación.

COBERTURAS CON CENSO AL 100%	SIMBOLO	ÁREA (ha)	ÁREA (%)
Vegetación secundaria alta	Vsa	0,502	4,81%
Pastos limpios	Pl	1,626	15,58%
Pastos arbolados	Pa	7,590	72,75%
Bordas	Bs	0,567	5,43%
Otras coberturas	Rv, Zpa, Vsb, Caa	0,15	1%
Total		10,43	100%

(Ingenostrum Colombia S.A.S., 2021)

7.5.2.1.3.3 Análisis de acercamiento al conductor

Con respecto al inventario al 100%, es importante resaltar que este se realizó sobre la totalidad de la servidumbre de la línea, a lo largo de toda la longitud. Lo anterior con objeto de verificar, adicional a las áreas donde se establecerán las torres, cuales individuos forestales eventualmente requerirían tala o poda debido a que podrían interferir con el conductor al interior de la servidumbre en el espacio entre cada una de las torres.

Para llevar a cabo este análisis se tuvo en cuenta por una parte la distancia entre cada torre, la altura de cada una de estas y la catenaria formada entre estas por el cable; para esto se utilizó el documento correspondiente al listado de estructuras del proyecto (ver Anexo Biótico/flora/soporte Análisis acercamiento línea/GRE.EEC.L.99.CO.P.08529.14.008.01-List estructuras.pdf). Por otra parte, se tuvo en cuenta la altura total de los individuos encontrados, así como la especie a la cual pertenecen. Al respecto, es importante mencionar que el listado completo de individuos inventariados en la servidumbre de la línea se encuentra en el Anexo 5.2 Biótico/5.2.1 .Flora/ 5.2.1.5 Soporte análisis acercamiento línea/3. Inventario al 100% línea de evacuación.

Adicional a las consideraciones anteriores, se tuvo en cuenta la distancia mínima de separación con respecto al conductor, el cual para la línea de 500 kV, indica 11,1 m de acuerdo con lo contemplado en el numeral 13.2 del Artículo 13 del Anexo General del RETIE establecido en la Resolución 9 0708 de agosto 30 de 2013, en la cual se define expresamente “la distancia mínima en áreas de bosques y huertos donde se dificulta el control absoluto del crecimiento de estas plantas y sus copas puedan ocasionar acercamientos peligrosos, se requiera el uso de maquinaria agrícola de gran altura o en cruces de ferrocarriles sin electrificar. se debe aplicar como distancia "e" estos valores”.

De acuerdo con esto, se encontró que se presentan 985 individuos en la longitud total de la servidumbre, los cuales corresponden a 45 especies. (El listado completo de individuos inventariados en la servidumbre de la línea se encuentra en el Anexo 5.2 Biótico/5.2.1 .Flora/5.2.1.5 Soporte análisis acercamiento línea/Inventario al 100% línea de evacuación).

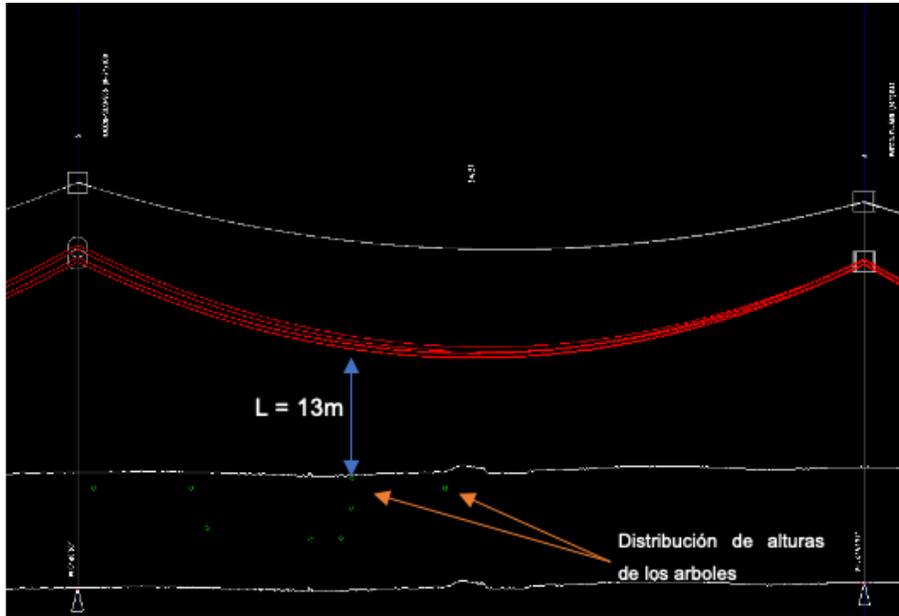
Entre las especies que se destacan por su altura se encuentran: *Machaerium capote* (presenta un solo individuo con altura total de 18 m), *Ceiba pentandra* (altura total promedio de 11,6 m), *Sterculia apetala* (10,8 m de altura total promedio), *Samanea saman* (altura total promedio de 9,3 m), *Simarouba amara* y *Spondias mombin* (altura promedio de 10m), las demás especies presentan alturas promedio menores de 9 metros.

La ubicación y altura de estas especies se cruzó con el perfil generado por el proyecto, (ver Anexo 5.2.1 Flora / 5.2.1.5 Soporte análisis acercamiento línea/Guayepo_rev_arboles.dxf) con el fin de establecer la posible necesidad de hacer talas o podas, encontrándose que no es necesario, pues en todo momento se respetan las alturas mínimas requeridas por la norma

De acuerdo con lo anterior, en la Figura 7-62, se puede observar un detalle de la distribución de alturas de individuos forestales, entre la torre 5 (MECG-FL- 500-32)

cuya altura es de 38 metros y la torre 6 (IMECG-SUS- 500-38), cuya altura es de 40,5 m. De esta manera, los individuos presentes, alcanzan una altura máxima de 11 metros, con lo cual queda aún una distancia de seguridad de 13 metros al conductor.

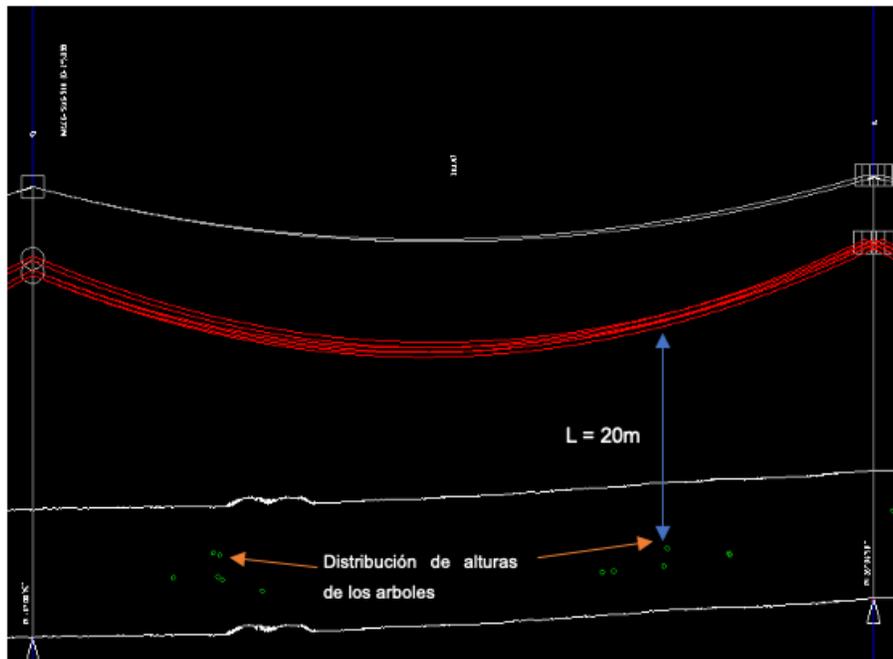
Figura 7-62 Distribución de alturas de individuos forestales con respecto a la línea entre torres 4 y 5.



(Ingenostrum Colombia S.A.S., 2021)

De forma similar, entre la torre 12 (MECG-FL- 500-38) y la torre 13 (IMECG-SUS- 500-47), cuyas alturas corresponden a 40,5 metros y 38 metros respectivamente, se puede observar un detalle de la distribución de alturas de individuos forestales, de esta manera, los individuos presentes, alcanzan una altura máxima de 8 metros, con lo cual queda aún una distancia de seguridad de 20 metros al conductor. (Figura 7-63).

Figura 7-63 Distribución de alturas de individuos forestales con respecto a la línea entre torres 12 y 13.



(Ingenostrum Colombia S.A.S., 2021)

Es importante mencionar, que acuerdo con el artículo 2.2.1.1.3.1 del Decreto 1076 de 2015, mediante el cual se modifica artículo 5 del Decreto 1791 de 1996, el tipo de aprovechamiento forestal a requerir para el proyecto es de carácter “único”, ya que ocurrirá una sola vez.

7.5.3 Área de aprovechamiento forestal

De acuerdo con el layout propuesto, el área de aprovechamiento forestal (la cual corresponde al área de intervención del proyecto) comprende una extensión de 499,39 ha, la cual se encuentra distribuida en 488,96 ha correspondientes al parque y 10,43 ha correspondientes al aprovechamiento forestal en la línea de evacuación.

En la Tabla 7-42 se presentan los resultados consolidados para las áreas de intervención tanto para el parque como para la línea de evacuación discriminados por cobertura vegetal, donde se puede observar que las coberturas con mayor

área a intervenir corresponden tanto a Pastos arbolados (37,3%) como a Pastos limpios (32,86%) y en menor medida a bordas (25,61%), mientras que las áreas de Vegetación secundaria alta y Vegetación secundaria baja serán intervenidas de manera marginal (2,68% y 0,76% respectivamente).

Tabla 7-42 Discriminación del área de aprovechamiento forestal

Tipo de infraestructura	Cobertura de la tierra	Nomenclatura	Área total (ha)	Área total (%)
Parque Fotovoltaico	Rv	1.2.2.1	0,202	0,04%
	Pl	2.3.1	162,471	32,53%
	Pa	2.3.2	178,669	35,78%
	Pe	2.3.3	2,851	0,57%
	Vsa	3.2.3.1	12,900	2,58%
	Vsb	3.2.3.2	3,786	0,76%
	Bs	5.1.4.4	127,338	25,50%
	Caa	5.1.4	0,747	0,15%
Total Parque Fotovoltaico			<u>488,96</u>	<u>97,91%</u>
Línea de Evacuación	Rv	1.2.2.1	0,029	0,01%
	Pl	2.3.1	1,626	0,33%
	Pa	2.3.2	7,590	1,52%
	Vsa	3.2.3.1	0,502	0,10%
	Vsb	3.2.3.2	0,000	0,00%
	Zpa	4.1.1.1	0,068	0,01%
	Bs	5.1.4.4	0,567	0,11%
	Caa	5.1.4	0,052	0,01%
Total Línea de Evacuación			10,434	2,09%
Total general			<u>499,39</u>	<u>100,00%</u>

(Ingenostrum Colombia S.A.S., 2022)

De manera complementaria, en la Tabla 7-43 se establecen las áreas de intervención del proyecto por cada cobertura de acuerdo con el tipo de infraestructura a instalar dentro del parque, donde se evidencia que la ocupación más grande se realizará sobre la infraestructura de grupos inversores (paneles), principalmente sobre pastos arbolados (162,86 ha), así como pastos limpios (142,72 ha) y bordas (117,72 ha).

Tabla 7-43 Discriminación del área de intervención del proyecto

TIPO DE ÁREA PROYECTO	TIPO DE INFRAESTRUCTURA	UNIDAD DE COBERTURA	ÁREA (ha)	ÁREA (%)
Parque Fotovoltaico	Área de trabajo carriles cambio de velocidad	Rv	0,202	0,04%
		Pl	0,012	0,00%
		Pa	0,554	0,11%
		Bs	0,005	0,00%
	Campamento	Pl	1,082	0,22%
		Pa	2,466	0,50%
		Bs	0,253	0,05%
	Centros de transformación	Pl	0,809	0,17%
		Pa	1,924	0,39%
		Vsa	0,389	0,08%
		Vsb	0,107	0,02%
	Drenaje camino existente	Bs	1,115	0,23%
		Pl	0,929	0,19%
		Pa	1,433	0,29%
		Pe	0,113	0,02%
		Vsa	0,178	0,04%
	Estructura de entrega	Vsb	0,077	0,02%
		Bs	1,022	0,21%
		Pa	0,001	0,00%
		Bs	0,006	0,00%
	Grupo de Inversores	Pl	142,729	29,19%
		Pa	162,866	33,31%
		Pe	2,492	0,51%
		Vsa	11,289	2,31%
		Vsb	2,995	0,61%
		Bs	117,722	24,08%
		Caa	0,744	0,15%
	Ocupación de Cauce	Pl	0,008	0,00%
		Pa	0,024	0,00%
		Vsa	0,008	0,00%
		Vsb	0,027	0,01%
		Bs	0,009	0,00%
	Operación y mantenimiento	Pl	0,165	0,03%
	Subestación Elevadora El Uvero	Pl	1,332	0,27%
	Vias Internas	Pl	2,581	0,53%
		Pa	3,210	0,66%
		Pe	0,172	0,04%
		Vsa	0,273	0,06%
		Vsb	0,179	0,04%
		Bs	1,538	0,31%
		Caa	0,003	0,00%
	Zanjas MT	Pl	0,924	0,19%
Pa		0,977	0,20%	
Pe		0,074	0,02%	
Vsa		0,143	0,03%	
Vsb		0,041	0,01%	

	Zona de disposición de Materiales	Bs	0,892	0,18%
		Pl	6,480	1,33%
		Pa	1,429	0,29%
		Vsb	0,360	0,07%
		Bs	0,196	0,04%
	Zonas de acopio	Pl	5,421	1,11%
		Pa	3,786	0,77%
		Vsa	0,619	0,13%
		Bs	4,579	0,94%
	Total Parque Fotovoltaico			488,96

(Ingenostrum Colombia S.A.S., 2021)

Así mismo, en la Tabla 7-44 se establecen las áreas a intervenir por cada cobertura de acuerdo con el tipo de infraestructura a instalar dentro de la línea de evacuación, donde se evidencia que el 43,11% de toda la intervención se dará sobre la cobertura de pastos arbolados, en la infraestructura correspondiente a franja de despeje y carretable de acceso.

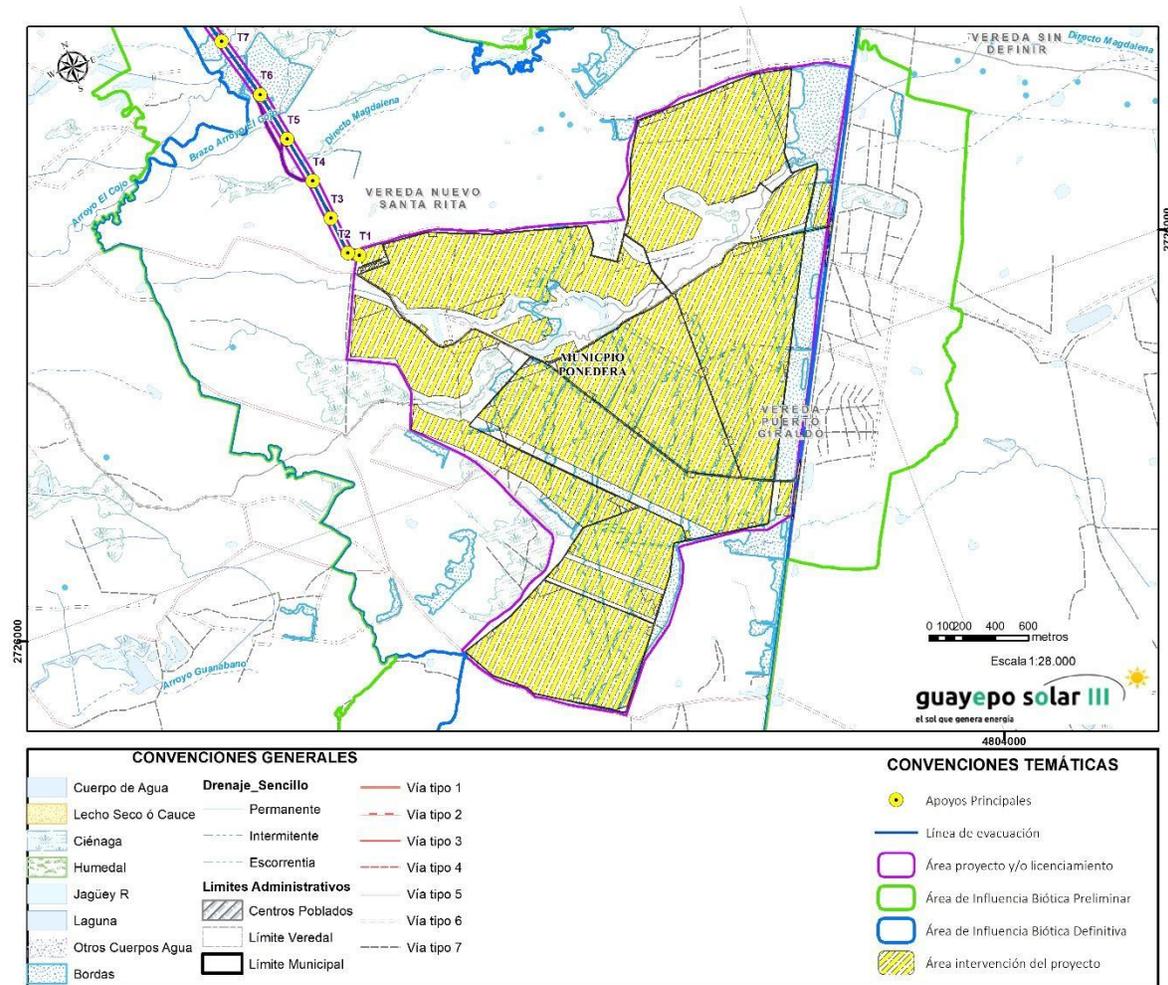
Tabla 7-44 Discriminación del área de aprovechamiento forestal en la línea de evacuación

Tipo de área proyecto	Tipo de infraestructura	Unidad de cobertura	Área (ha)	Área (%)
Línea de Evacuación	Área de trabajo de la torre	Pl	0,188	1,80%
		Pa	1,270	12,17%
		Bs	0,062	0,60%
	Carretable de acceso	Rv	0,001	0,01%
		Pl	0,102	0,98%
		Pa	0,572	5,48%
	Franja de despeje	Rv	0,027	0,26%
		Pl	1,137	10,90%
		Pa	4,498	43,11%
		Vsa	0,460	4,41%
		Vsb	0,000	0,00%
		Bs	0,485	4,65%
		Caa	0,052	0,49%
		Zpa	0,068	0,66%
		Franja de despeje y carretable de acceso	Pl	0,199
	Pa		0,690	6,61%
	Vsa		0,042	0,41%
	Bs		0,019	0,19%
	Plaza de tendido	Pa	0,561	5,38%
	Total Línea de Evacuación			10,434

(Ingenostrum Colombia S.A.S., 2022)

Cabe resaltar que el área de aprovechamiento correspondiente tanto al parque como a la línea de evacuación se encuentra en los municipios de Sabanalarga y Ponedera, distribuida sobre 5 unidades territoriales como se puede observar en la Figura 7-64.

Figura 7-64 Área de intervención del proyecto (área donde se realizó inventario forestal) en el Parque Solar



(Ingenostrum Colombia S.A.S, 2021)

7.5.4 Volumen de aprovechamiento forestal

Una vez realizado los cálculos correspondientes, se obtuvo un Volumen Total de aprovechamiento forestal de 3620,31 m³. En la Tabla 7-45 es posible evidenciar los volúmenes calculados por cada tipo de inventario forestal realizado (estadísticamente representativo e inventario al 100%). Donde se obtuvo que el mayor porcentaje de aprovechamiento se presenta en los individuos inventariados a partir del muestreo estadísticamente representativo en unidades de pastos arbolados (Pa), pastos enmalezados (Pe), vegetación secundaria alta (Vsa) y vegetación secundaria baja (Vsb) con un 90,9% del total del volumen de aprovechamiento forestal requerido.

Tabla 7-45 Volumen de aprovechamiento forestal solicitado

Descripción	Tipo de Inventario	Cobertura asociada	Volumen Total (m3)	Volumen Total (m3)	Volumen Comercial (m3)	Volumen Comercial (%)
Volumen parque solar	Estadísticamente representativo	Pastos arbolados (Pa) Pastos enmalezados (Pe) Vegetación secundaria alta (Vsa) Vegetación secundaria baja (Vsb)	3290,96	90,9%	847,99	91,9%
	100%	Pastos limpios (Pl), Bordas (Bs), Pastos arbolados ⁵ (Pa)	184,34	5,1%	41,39	4,5%
Volumen Línea de evacuación	100%	Pastos limpios (Pl) Pastos arbolados (Pa) Pastos enmalezados (Pe) Vegetación secundaria alta (Vsa)	145,01	4,0%	33,48	3,6%
TOTAL			3620,31		922,86	

(Ingenostrum Colombia S.A.S., 2022)

De acuerdo con lo descrito anteriormente en la metodología, se utilizaron dos métodos para el cálculo del volumen de aprovechamiento forestal de acuerdo con las características del proyecto y del área. Para el área de intervención del parque solar, se aplicó un inventario forestal con muestreo estadístico para las coberturas de vegetación secundaria, así como pastos arbolados y enmalezados y un censo al 100% en la cobertura de pastos limpios y de Bordas.

⁵ Únicamente en carriles de aceleración y desaceleración

Por otro lado, para el área de intervención correspondiente a la línea de evacuación se realizó un censo al 100% sobre todas las coberturas que se presentan en el área de intervención del proyecto. A continuación, se presentan los resultados para el cálculo del volumen de aprovechamiento forestal. Los cuales también pueden ser consultados en el **Anexo 5.2.1 Flora / 5.2.1.1 Datos de campo** o **5.2.1.2 Bases de datos - Cálculos**.

7.5.4.1 Volumen de aprovechamiento forestal para el área de parque solar

7.5.4.1.1 Resultados de volumen para las coberturas con inventario estadísticamente representativo

A partir del muestreo estadístico realizado, se encontró que para el área de intervención de estas coberturas correspondientes a Vegetación secundaria alta, Vegetación secundaria baja, Pastos enmalezados y pastos arbolados (197,65 ha), se presentará un volumen total de aprovechamiento de 3290,96 m³ y un volumen comercial de 847,99 m³. En la Tabla 7-46, se presentan los volúmenes estimados para cada cobertura, donde se observa que los pastos arbolados son los que mayor volumen aportan (2370,86 m³), que representan el 72% del total del volumen total.

Tabla 7-46 Volumen de aprovechamiento forestal calculado para el área de intervención del Parque por muestreo estadístico

Unidad de cobertura	Área (ha)	Volumen total (m3/ha)	Volumen Total (m3)	Volumen comercial (m3/ha)	Volumen comercial (m3)
Vegetación secundaria alta	12,90	69,24	893,17	17,21	221,94
Vegetación secundaria baja	3,79	5,06	19,15	1,39	5,24
Pastos arbolados	178,12	13,31	2370,86	3,48	620,30
Pastos enmalezados	2,85	2,73	7,78	0,18	0,50
Total por muestreo estadístico	197,65		3290,96		847,99

Todas las coberturas pertenecen al Zonobioma Alternohigrico Tropical Cartagena y delta del Magdalena (Ingenostrum Colombia S.A.S., 2022)

En la Tabla 7-47, se presenta el volumen a aprovechar por tipo de infraestructura y cobertura vegetal, encontrándose que el mayor volumen será obtenido por la

instalación de grupos inversores (paneles), el cual corresponde a 2971,49 m³, que representan el 89,8% del total. De estos, el 73% se obtendrá de la cobertura de pastos arbolados.

Tabla 7-47 Volumen de aprovechamiento por muestreo estadístico para el área de intervención del Parque solar por tipo de infraestructura

Infraestructura	Unidad de Cobertura	Área (ha)	Volumen Total (m3/ha)	Volumen Total (m3)	Volumen Comercial (m3/ha)	Volumen Comercial (m3)
Campamento	Pa	2,47	13,31	32,82	3,48	8,59
Centros de transformación	Pa	1,92	13,31	25,60	3,48	6,70
	Vsa	0,39	69,24	26,92	17,21	6,69
	Vsb	0,11	5,06	0,54	1,39	0,15
Drenaje camino existente	Pa	1,43	13,31	19,08	3,48	4,99
	Pe	0,11	2,73	0,31	0,18	0,02
	Vsa	0,18	69,24	12,36	17,21	3,07
	Vsb	0,08	5,06	0,39	1,39	0,11
Estructura de entrega	Pa	0,00	13,31	0,01	3,48	0,00
Grupo de Inversores	Pa	162,87	13,31	2167,88	3,48	567,20
	Pe	2,49	2,73	6,80	0,18	0,44
	Vsa	11,29	69,24	781,67	17,21	194,23
	Vsb	2,99	5,06	15,15	1,39	4,15
Ocupación de Cauce	Pa	0,02	13,31	0,32	3,48	0,08
	Vsa	0,01	69,24	0,55	17,21	0,14
	Vsb	0,03	5,06	0,14	1,39	0,04
Vías Internas	Pa	3,21	13,31	42,73	3,48	11,18
	Pe	0,17	2,73	0,47	0,18	0,03
	Vsa	0,27	69,24	18,92	17,21	4,70
	Vsb	0,18	5,06	0,91	1,39	0,25
Zanjas MT	Pa	0,98	13,31	13,00	3,48	3,40
	Pe	0,07	2,73	0,20	0,18	0,01
	Vsa	0,14	69,24	9,92	17,21	2,46
	Vsb	0,04	5,06	0,21	1,39	0,06
Zona de disposición de Materiales	Pa	1,43	13,31	19,02	3,48	4,98
	Vsb	0,36	5,06	1,82	1,39	0,50
Zonas de acopio	Pa	3,79	13,31	50,39	3,48	13,18
	Vsa	0,62	69,24	42,83	17,21	10,64
Total Parque		197,652		3290,96		847,99

(Ingenostrum Colombia, 2022)

7.5.4.1.2 Resultados para el área con censo al 100%

Una vez realizado el censo forestal al 100% sobre un área de 265,54 ha, correspondiente en su totalidad a las coberturas de pastos limpios y Bordas dentro del área de intervención del parque y un área de 0,55 ha correspondiente a pastos arbolados en las áreas de trabajos de los carriles de cambio de velocidad para ingreso y salida del parque; se calculó un volumen total de aprovechamiento de 184,34 m³ y un volumen comercial de 41,39 m³, distribuidos en un total de 730 individuos. En la Tabla 7-48, se presentan los valores obtenidos.

Tabla 7-48 Volumen de aprovechamiento forestal calculado por censo forestal al 100% para el área de intervención del parque solar

Cobertura	Símbolo	Nomenclatura	Área (ha)	Número de individuos	Volumen Total (m3)	Volumen Comercial (m3)
Pastos limpios	PI	2.3.1	137,66	169	34,41	9,84
Pastos arbolados	Pa	2.3.2	0,55	49	9,61	2,54
Bordas	Bs	5.1.4.4	127,33	457	129,67	25,98
Total general			265,54	730	184,34	41,39

(Ingenostrum Colombia S.A.S., 2022)

Así mismo, en la Tabla 7-49, se realizó la discriminación de los volúmenes obtenidos por cada tipo de infraestructura, encontrándose que el mayor volumen de aprovechamiento se obtendrá en la instalación de grupos inversores (paneles) con un total de 140 m³, que equivalen al 76% del total registrado.

Tabla 7-49 Volumen de aprovechamiento forestal calculado por censo forestal al 100% para el área de intervención del parque solar y su infraestructura asociada

Tipo de Infraestructura	Número de individuos	Volumen Total (m3)	Volumen Comercial (m3)
Campamento	1	0,258	0,043
Centros de transformación	11	1,275	0,420
Drenaje camino existente	24	5,005	0,785
Grupo de Inversores	539	140,006	32,824

Tipo de Infraestructura	Número de individuos	Volumen Total (m3)	Volumen Comercial (m3)
Vías Internas	38	11,608	1,534
Zanjas MT	19	3,650	0,700
Área de trabajo carriles cambio de velocidad	54	11,830	3,149
Zona de disposición de Materiales	5	0,848	0,298
Zonas de acopio	35	9,205	1,449
Subestación Elevadora El Uvero	4	0,656	0,190
Total general	730	184,341	41,391

(Ingenostrum Colombia S.A.S., 2022)

7.5.4.2 Volumen de aprovechamiento forestal para el área de línea de evacuación

Por medio del censo al 100% de los individuos fustales en el área de aprovechamiento forestal en la línea de evacuación (10,43 ha) se registró un volumen total de aprovechamiento de 145,01 m³ y un volumen comercial de 33,48 m³, correspondientes a 378 individuos. En la Tabla 7-50 se presenta la discriminación por cobertura del suelo para esta parte del proyecto.

Tabla 7-50 Volumen de aprovechamiento forestal al 100% por cobertura para el área de intervención de la línea de evacuación

Cobertura	Símbolo	Nomenclatura	Número de individuos	Volumen Total (m3)	Volumen Comercial (m3)
Vegetación secundaria alta	Vsa	3.2.3.1	53	22,70	5,14
Pastos limpios	Pl	2.3.1	4	0,87	0,30
Pastos arbolados	Pa	2.3.2	310	118,71	27,11
Bordas	Bs	5.1.4.4	11	2,73	0,92
Total general			378	145,01	33,48

(Ingenostrum Colombia S.A.S., 2022)

En cuanto al volumen por tipo de infraestructura para la línea de evacuación, los resultados presentados en la Tabla 7-51, evidencian que la franja de despeje es la que mayor volumen forestal requiere, siendo las coberturas de pastos arbolados con 81,07 m³ y la de Vegetación secundaria alta con 20,7 m³ las que mayor volumen aportarán.

Tabla 7-51 Volumen de aprovechamiento forestal al 100% por tipo de infraestructura para el área de intervención de la línea de evacuación

Tipo de Infraestructura	Símbolo Cobertura	Número de individuos	Volumen Total (m3)	Volumen Comercial (m3)
Franja de despeje	Bs	10	2,649	0,904
	Pa	192	81,074	18,072
	Pl	3	0,693	0,250
	Vsa	49	20,780	4,577
Franja de despeje y carretable de acceso	Bs	1	0,083	0,017
	Pa	28	7,210	1,649
	Vsa	4	1,919	0,566
Carretable de acceso	Pa	24	16,803	4,467
	Pl	1	0,173	0,049
Plaza de tendido	Pa	14	2,475	0,499
Área de trabajo de la torre	Pa	52	11,147	2,428
Total general		378	145,007	33,476

(Ingenostrum Colombia S.A.S., 2022)

7.5.4.3 Solicitud volumen de aprovechamiento forestal total

De acuerdo con los datos presentados, para la construcción del Proyecto Parque Solar Fotovoltaico Guayepo III y su línea de evacuación de 500kV, se requiere el aprovechamiento de un volumen total de **3620,31 m³** de volumen y un volumen total comercial de **922,86 m³** como se muestra en la Tabla 7-52. De estos, el mayor valor está concentrado en el volumen estadístico del parque solar con **3.290 m³**, que representan el 90,1% del total, mientras que la línea de evacuación, con un volumen de 145,01 m³, representa únicamente el 4% del total a aprovechar. En el Anexo 7.2 Aprovechamiento Forestal / FUN Aprovechamiento Forestal se puede consultar el formulario único nacional de solicitud aprovechamiento forestal con las especificaciones del permiso solicitado, el cual corresponde permiso de aprovechamiento forestal “único” de acuerdo con lo relacionado en el artículo 2.2.1.1.3.1 del Decreto 1076 de 2015, mediante el cual se modifica artículo 5 del Decreto 1791 de 1996. Así mismo, en el Anexo 11. Cartografía // Temática_Guayepo III se pueden consultar los datos, volúmenes y demás especificaciones del permiso a solicitar.

Tabla 7-52 Volumen de aprovechamiento forestal solicitado

Descripción	Tipo de Inventario	Volumen Total (m3)	Volumen Total (m3)	Volumen Comercial (m3)	Volumen Comercial (%)
Volumen parque solar	Estadísticamente representativo	3290,96	90,9%	847,99	91,9%
	100%	184,34	5,1%	41,39	4,5%
Volumen Línea de evacuación	100%	145,01	4,0%	33,48	3,6%
TOTAL		3620,31		922,86	

(Ingenostrum Colombia S.A.S., 2022)

En cuanto al volumen por cada ecosistema (cobertura de la tierra), en la Tabla 7-53, se presentan los resultados consolidados por cada una de las coberturas a intervenir, ya sea en el parque solar o en la línea de evacuación. De acuerdo con esto, los pastos arbolados, concentran el 69,13% del volumen total (2502 m³), mientras que la vegetación secundaria alta, aporta el 25,3% del mismo.

Otras coberturas como Vegetación secundaria baja hacen aportes muy reducidos los cuales sumados no alcanzan a representar el 1% del volumen total solicitado.

Es importante mencionar que en el Anexo 5.2.1 Flora / 5.2.1.2 Bases de datos – Cálculos / 2. Cálculos / 5. Volúmenes aprovechamiento se presentan los volúmenes de aprovechamiento forestal a requerir por cada área de proyecto, tipo de muestreo realizado e identificador de infraestructura asociado.

Tabla 7-53 Volumen total de aprovechamiento por cobertura

Bioma	Unidad de cobertura	Volumen Total (m3)	Volumen Comercial (m3)
Zonobioma Alternohígrico Tropical Cartagena y delta del Magdalena	Vegetación secundaria alta	915,87	227,08
	Vegetación secundaria baja	18,69	5,00
	Pastos limpios	43,01	12,50
	Pastos Arbolados	2502,10	650,62
	Pastos Enmalezados	7,78	0,50
	Bordas	132,40	26,90
	Otras coberturas	0,00	0,00
	TOTAL		3619,85

Todas las coberturas pertenecen al Zonobioma Alternohígrico Tropical Cartagena y delta del Magdalena (Ingenostrum Colombia S.A.S., 2021)

Con respecto a estos datos, se resalta que durante la etapa de construcción se reportarán los datos de volumen total aprovechado, en los informes de cumplimiento ambiental – ICA. Cabe resaltar que este aprovechamiento se realizará teniendo en cuenta las medidas de manejo contempladas en el subprograma de manejo del aprovechamiento forestal (GIII-PMA-BI-03), que se encuentra en el numeral 10.1 Plan de Manejo Ambiental Del Capítulo 10. Planes y programas.

7.5.4.4 Volumen de aprovechamiento por especie

En la Tabla 7-54, se presenta el volumen de aprovechamiento calculado por especie para los fustales levantados por medio del censo forestal al 100% tanto para el área al interior del parque solar, como para las diferentes coberturas presentes en la línea de evacuación. De acuerdo con estos resultados, el mayor volumen es aportado por la especie *Enterolobium schomburgkii* (Benth.) Benth. (Carito) con 111,48 m³, seguido por la especie Totumo (*Crescentia cujete*) con 35,39 m³.

Tabla 7-54 Volumen total de aprovechamiento por especie para el censo al 100%

Nombre Científico	Nombre común	Número de individuos	Volumen total (m3)	Volumen Comercial (m3)
<i>Enterolobium schomburgkii</i>	Carito	103	111,489	22,903
<i>Crescentia cujete</i>	Totumo	278	35,398	5,841
<i>Handroanthus coralibe</i>	Coralibe	117	34,434	8,665
<i>Prosopis juliflora</i>	Trupillo	141	19,619	4,256
<i>Ceiba pentandra</i>	Ceiba	11	17,326	5,042
<i>Guazuma ulmifolia</i>	Guacimo	63	14,739	2,855
<i>Chloroleucon mangense</i>	Vainillo	89	12,970	2,756
<i>Handroanthus chrysanthus</i>	Cañaguante	14	11,325	1,700
<i>Crateva tapia</i>	Naranjito	28	10,650	2,456
<i>Samanea saman</i>	Campano	13	7,617	4,409
<i>Cordia dentata</i>	Uvito	68	5,940	1,136
<i>Tabebuia rosea</i>	Roble	9	5,224	2,004
<i>Albizia niopoides</i>	Guacamayo	9	4,168	1,403
<i>Quadrella odoratissima</i>	Olivo	15	3,634	1,105
<i>Vachellia farnesiana</i>	Aromo	28	3,571	0,730
<i>Lonchocarpus punctatus</i>	Carasucia	17	3,473	0,681
<i>Roseodendron chryseum</i>	Roble blanco	8	3,462	0,762

<i>Sterculia apetala</i>	Camajon	3	3,049	1,407
<i>Handroanthus ochraceus</i>	Polvillo	8	2,990	0,733
<i>Ruprechtia ramiflora</i>	Volador	4	1,776	0,366
<i>Maclura tinctoria</i>	Mora	2	1,733	0,131
<i>Licania sp.</i>	Licania	2	1,375	0,305
<i>Gliricidia sepium</i>	Mataraton	14	1,363	0,342
<i>Simarouba amara</i>	Aceituno	1	1,226	0,123
<i>Caesalpinia mollis</i>	Yaguaro	4	1,171	0,293
<i>Azadirachta indica</i>	Neem	7	1,170	0,305
<i>Machaerium arboreum</i>	Sangregao	9	1,121	0,280
<i>Astronium graveolens</i>	Santa cruz	3	1,113	0,403
<i>Moringa oleifera</i>	Moringa	10	1,098	0,246
<i>Tabernaemontana cf. cymosa</i>	Cojon de frayle	4	1,021	0,135
<i>Albizia sp.</i>	Chicho	2	0,678	0,175
<i>Albizia guachapele</i>	Igua	2	0,578	0,110
<i>Cordia sp.</i>	Muñeco	2	0,539	0,207
<i>Ficus pallida</i>	Pivijay	2	0,342	0,031
<i>Malpighia glabra</i>	Cerezo	2	0,334	0,104
<i>Pereskia guamacho</i>	Guamacho	2	0,281	0,102
<i>Ziziphus mauritiana</i>	Guinda guinda	1	0,261	0,056
<i>Caesalpinia coriaria</i>	Dividivi	2	0,260	0,079
<i>Pouteria caimito</i>	Peñique	2	0,240	0,055
<i>Cordia gerascanthus</i>	Vara de humo	1	0,149	0,041
<i>Caesalpinia glabra</i>	Granadillo	3	0,131	0,053
<i>Platymiscium hebestachyum</i>	Trebol	1	0,074	0,007
<i>Cassia grandis</i>	Cañandongga	1	0,070	0,015
<i>Ficus dendrocida</i>	Matapalo	1	0,060	0,017
<i>Spondias mombin</i>	Hobo	1	0,056	0,031
<i>Pithecellobium dulce</i>	Maiz tostao	1	0,049	0,012
Total general		1108,000	329,35	74,87

(Ingenostrum Colombia S.A.S., 2021)

En la Tabla 7-55, se presenta la aproximación al volumen por hectárea para el aprovechamiento calculado por especie para cada una de las cuatro coberturas objeto de análisis estadístico. Con base en estos datos, se observa que el mayor volumen es aportado por la especie *Guazuma ulmifolia* (Guácimo) con 10,54 m³, en vegetación secundaria alta, seguido por la especie *Handroanthus coralibe* (Coralibe), con 7,8 m³ en esta misma cobertura.

Tabla 7-55 Volumen de aprovechamiento aproximado por especie para árboles levantados en inventario forestal estadístico

Unidad Cobertura	Nombre Científico	Volumen Total muestreo (m ³)	Volumen Comercial muestreo (m ³)	Volumen Total (m ³ /ha)	Volumen Comercial (m ³ /ha)
Vsa	<i>Acacia farnesiana</i> (L.) Willd.	0,33	0,05	0,27	0,04
	<i>Albizia niopoides</i> (Spruce ex Benth.) Burkart.	7,57	3,16	6,31	2,63
	<i>Albizia</i> sp.	1,75	0,46	1,46	0,38
	<i>Astronium graveolens</i> Jacq.	0,84	0,26	0,70	0,22
	<i>Caesalpinia coriaria</i> (Jacq.) Willd.	2,50	0,56	2,08	0,46
	<i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn.	3,05	1,25	2,54	1,04
	<i>Chloroleucon mangense</i> (Jacq.) Britton & Rose.	0,55	0,06	0,46	0,05
	<i>Cordia dentata</i> Poir.	3,66	0,68	3,05	0,56
	<i>Cordia</i> sp.	0,24	0,04	0,20	0,03
	<i>Crateva tapia</i> L.	3,20	0,69	2,67	0,58
	<i>Crescentia cujete</i> L.	0,54	0,13	0,45	0,11
	<i>Cynophalla polyantha</i> (Triana & Planch.) Cornejo & Iltis	1,00	0,24	0,83	0,20
	<i>Enterolobium schomburgkii</i> (Benth.) Benth.	6,27	1,36	5,23	1,13
	<i>Faramea</i> sp.	0,52	0,19	0,43	0,16
	<i>Ficus retusa</i> L.	1,41	0,20	1,17	0,16
	<i>Genipa americana</i> L.	0,07	0,04	0,06	0,04
	<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	12,64	2,56	10,54	2,14
	<i>Handroanthus coralibe</i> (Standl.) S.O.Grose.	9,36	2,02	7,80	1,68
	<i>Lonchocarpus punctatus</i> Kunth.	0,18	0,08	0,15	0,07
	<i>Machaerium arboreum</i> (Jacq.) Benth.	0,26	0,10	0,22	0,08
	<i>Maclura tinctoria</i> (L.) D. Don ex Steud.	0,04	0,02	0,04	0,01
	<i>Mimosa camporum</i> Benth.	1,27	0,17	1,06	0,15
	<i>Pereskia guamacho</i> F.A.C. Weber	1,32	0,34	1,10	0,28
	<i>Phyllanthus botryanthus</i> Müll.Arg.	3,66	0,59	3,05	0,49
	<i>Pithecellobium dulce</i> (Roxb.) Benth.	0,04	0,02	0,04	0,01
	<i>Platymiscium hebestachyum</i> Benth.	1,83	0,45	1,53	0,38
	<i>Platypodium elegans</i> Vogel.	2,60	0,46	2,17	0,39
	<i>Prosopis juliflora</i> (Sw.) DC.	2,87	0,50	2,39	0,42
	<i>Quadrella odoratissima</i> (Jacq.) Hutch.	0,29	0,06	0,24	0,05
	<i>Roseodendron chryseum</i> (S.F. Blake) Miranda.	1,19	0,05	0,99	0,05
<i>Ruprechtia ramiflora</i> (Jacq.) C.A. Mey.	2,21	0,60	1,84	0,50	
<i>Spondias mombin</i> L.	3,79	1,43	3,16	1,19	
<i>Sterculia apetala</i> (Jacq.) H. Karst.	5,83	1,74	4,85	1,45	
<i>Triplaris</i> sp.	0,21	0,09	0,17	0,08	
Vsb	<i>Acacia farnesiana</i> (L.) Willd.	0,40	0,12	0,19	0,06
	<i>Albizia niopoides</i> (Spruce ex Benth.) Burkart.	0,58	0,18	0,28	0,09
	<i>Chloroleucon mangense</i> (Jacq.) Britton & Rose.	1,56	0,36	0,74	0,17
	<i>Cordia dentata</i> Poir.	0,38	0,08	0,18	0,04

Unidad Cobertura	Nombre Científico	Volumen Total muestreo (m ³)	Volumen Comercial muestreo (m ³)	Volumen Total (m ³ /ha)	Volumen Comercial (m ³ /ha)
	<i>Crateva tapia</i> L.	0,66	0,19	0,32	0,09
	<i>Crescentia cujete</i> L.	0,90	0,18	0,43	0,08
	<i>Enterolobium schomburgkii</i> (Benth.) Benth.	0,99	0,23	0,47	0,11
	<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	0,45	0,13	0,21	0,06
	<i>Handroanthus coralibe</i> (Standl.) S.O.Grose.	1,61	0,61	0,77	0,29
	<i>Handroanthus ochraceus</i> (Cham.) Mattos.	0,29	0,07	0,14	0,04
	<i>Pereskia guamacho</i> F.A.C. Weber	0,40	0,11	0,19	0,05
	<i>Prosopis juliflora</i> (Sw.) DC.	1,71	0,46	0,81	0,22
	<i>Roseodendron chryseum</i> (S.F. Blake) Miranda.	0,42	0,05	0,20	0,02
Pa	<i>Acacia farnesiana</i> (L.) Willd.	1,05	0,18	0,66	0,11
	<i>Albizia niopoides</i> (Spruce ex Benth.) Burkart.	0,16	0,06	0,10	0,04
	<i>Caesalpinia coriaria</i> (Jacq.) Willd.	0,07	0,03	0,05	0,02
	<i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn.	0,79	0,13	0,50	0,08
	<i>Chloroleucon mangense</i> (Jacq.) Britton & Rose.	1,08	0,28	0,67	0,17
	<i>Cordia dentata</i> Poir.	1,04	0,23	0,65	0,14
	<i>Cordia</i> sp.	0,11	0,07	0,07	0,04
	<i>Crateva tapia</i> L.	0,66	0,13	0,41	0,08
	<i>Crescentia cujete</i> L.	2,45	0,76	1,53	0,47
	<i>Enterolobium schomburgkii</i> (Benth.) Benth.	2,62	0,58	1,63	0,36
	<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	0,49	0,16	0,31	0,10
	<i>Handroanthus coralibe</i> (Standl.) S.O.Grose.	0,74	0,28	0,46	0,18
	<i>Lonchocarpus punctatus</i> Kunth.	0,35	0,11	0,22	0,07
	<i>Prosopis juliflora</i> (Sw.) DC.	5,19	1,21	3,24	0,76
<i>Tamarindus indica</i> L.	0,14	0,03	0,09	0,02	
Pe	<i>Acacia farnesiana</i> (L.) Willd.	0,26	0,01	0,33	0,01
	<i>Caesalpinia coriaria</i> (Jacq.) Willd.	0,09	0,01	0,11	0,01
	<i>Chloroleucon mangense</i> (Jacq.) Britton & Rose.	0,92	0,03	1,15	0,04
	<i>Crateva tapia</i> L.	0,14	0,00	0,17	0,00
	<i>Crescentia cujete</i> L.	0,14	0,00	0,18	0,00
	<i>Enterolobium schomburgkii</i> (Benth.) Benth.	0,04	0,00	0,06	0,00
	<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	0,25	0,06	0,32	0,07
	<i>Prosopis juliflora</i> (Sw.) DC.	0,25	0,00	0,32	0,00
<i>Quadrella odoratissima</i> (Jacq.) Hutch.	0,08	0,03	0,10	0,04	

(Ingenostrum Colombia S.A.S., 2021)

7.5.5 Solicitud de poda de arboles

De acuerdo con el análisis de acercamiento al conductor realizado y presentado arriba, no se considera la poda de individuos forestales para la línea de evacuación de 500 kV.

7.5.6 Especies en amenaza y/o endemismo en las áreas de intervención del proyecto

En revisión de las diferentes categorías de amenaza y vedas que poseen las especies de flora a nivel regional y nacional en las diferentes fuentes donde se reportan estas vulnerabilidades, entre las que se encuentran la Resolución 1912 del MADS del año 2017, y la Resolución CRA 0025 de 1996, se encontró que el principal reporte para las especies registradas en la composición florística en la composición florística de las coberturas caracterizadas corresponde a especies en Preocupación Menor (LC) reportadas en el portal la Unión Internacional Para la Conservación de la Naturaleza (UICN), dentro de las cuales se presenta la especie *Crescentia cujete*, *Guazuma ulmifolia*, *Cordia dentata*, *Chloroleucon mangense*, entre otras. No obstante, dicha clasificación no implica una categoría de amenaza, así mismo para flora arbórea no se determinó la presencia de especies en veda, sin embargo, si se presenta la especie *Handroanthus coralibe* (Standl.) S.O.Grose (Coralibe), la cual se encuentra reportada con endemismo.

7.5.7 Especies en veda – flora epífita.

Con respecto a las especies de flora epífita, la caracterización de estas se presenta en el **numeral 5.2 Caracterización Biótica** del presente estudio. Específicamente en el numeral 5.2.1.2.10 “Caracterización de las especies de tipo vascular y no vascular en veda presentes en el área de intervención del proyecto”, el cual da alcance al **requerimiento No. 13 de la solicitud de información**

Adicional, en el cual se indica que, para la caracterización de flora epífita, se deberá:

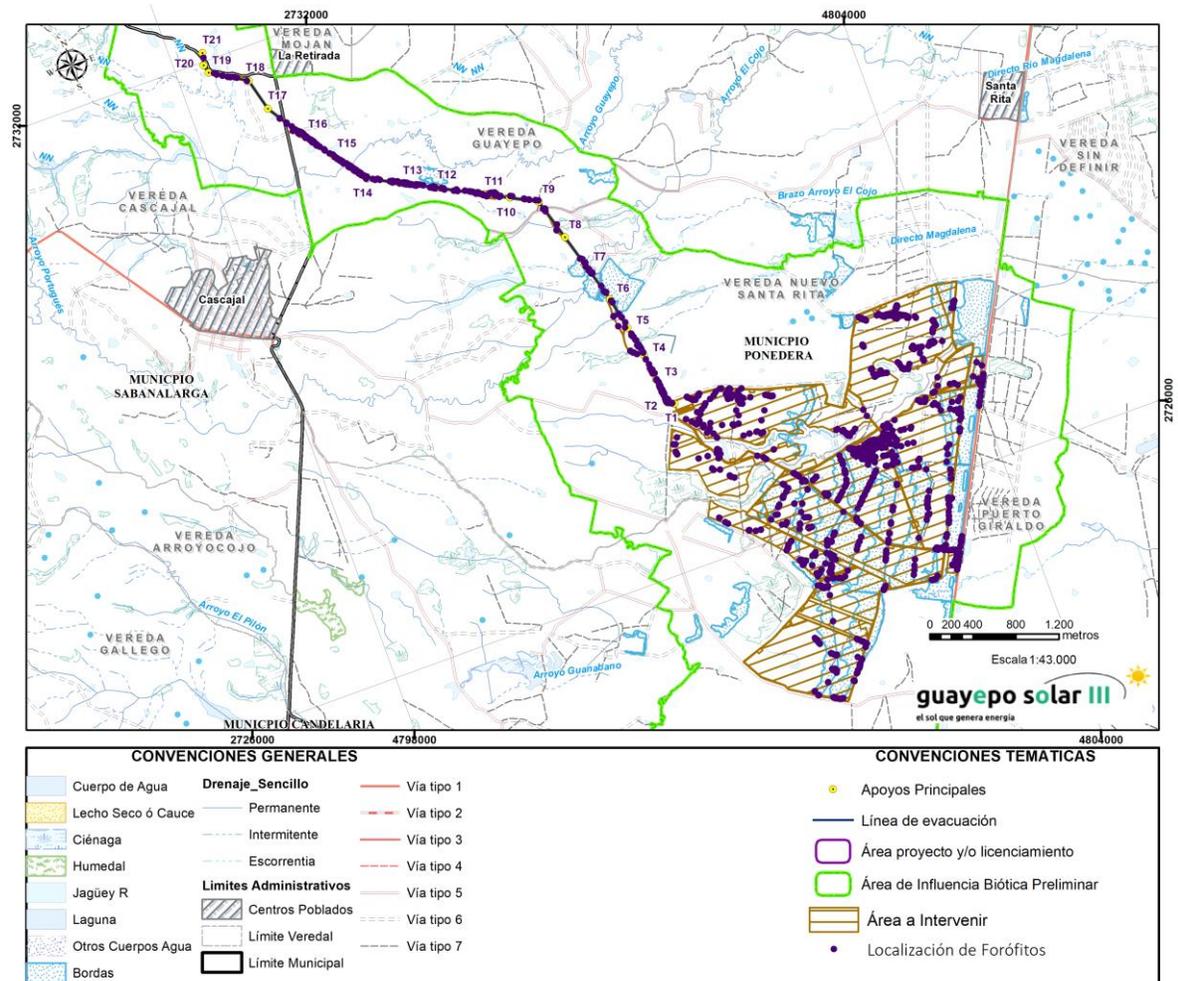
a. Complementar la caracterización de flora epífita, acorde con la intensidad de muestreo establecida en el anexo de la Circular-MADS-8201-2-808 del 09-12-2019.

b. Ajustar el análisis de composición de flora epífita vascular y no vascular, de acuerdo con los resultados del literal anterior.

De acuerdo con esto, se realizó la caracterización para el área de intervención del proyecto que es objeto para caracterizar las especies de epífitas de tipo vascular (Orquídeas y Bromelias) y de tipo no vascular (Líquenes, musgos y hepáticas), el cual corresponde a 499,40 hectáreas y son aquellas áreas que por la construcción de la infraestructura asociada al proyecto requieren de la remoción de la cobertura vegetal y por consiguiente del aprovechamiento forestal.

En la Figura 7-65 se presenta la localización respectiva de las especies epífitas vasculares y no vasculares identificadas en el área del proyecto.

Figura 7-65 Ubicación de los forófitos caracterizados en el área de intervención del proyecto



(Ingenostrum Colombia S.A.S., 2021)

Adicionalmente, a continuación, se presentan los resultados encontrados en esta caracterización tanto para especies epifitas vasculares como no vasculares.

➤ Especies epifitas vasculares

Las especies epifitas vasculares que fueron encontradas en el área de intervención puntual del proyecto se presentan en la Tabla 7-56.

Tabla 7-56 Listado de especies de tipo vascular registradas en el área de intervención del proyecto de acuerdo con el sustrato de crecimiento

Familia	Genero	Especie	Abundancia en número de individuos de las especies vasculares por tipo de sustrato de crecimiento			
			F	TE	RU	TD
Bromelias						
Bromeliaceae	Tillandsia	Tillandsia flexuosa	335	-	-	-
	Pitcairnia	Pitcairnia sp	-	26	-	-
Total,			335	26	0	0
Orquídeas						
Orchidaceae	Oncidium	Oncidium cebolleta	1	-	-	-
Total,			1	0	0	0

(Ingenostrum Colombia SAS, 2022)

➤ Especies epifitas no vasculares

Las epifitas no vasculares que fueron inventariadas en el área de intervención de la Línea de evacuación y en general donde se realizó inventario al 100% se presentan en la Tabla 7-57. La relación de las especies epifitas vasculares y no vasculares registradas se presenta en el Anexo 5.2. Biótico / 5.2.2. Epífitas.

Tabla 7-57 Listado de especies de tipo no vasculares registradas en el área de intervención del proyecto de acuerdo con el sustrato de crecimiento

Familia	Genero	Especie	Abundancia en cm ² de las especies no vasculares por tipo de sustrato de crecimiento		
			Forófitos	Terrestre	
Líquén					
Arthoniaceae	Arthonia	<i>Arthonia aff. bessalis</i>	59	-	
		<i>Arthonia aff. polygramma</i>	381	-	
		<i>Arthonia antillarum</i>	682	-	
		<i>Arthonia cf. bessalis</i>	470	-	
		<i>Arthonia cf. rubella</i>	514	-	
		<i>Arthonia complanata</i>	789	-	
		<i>Arthonia leptospora</i>	447	-	
		<i>Arthonia sp1</i>	2.250	-	
		<i>cf Arthonia sp.</i>	133	-	
		Coniocarpon	<i>Coniocarpon cinnabarinum</i>	10.050	-
		Cryptothecia	<i>Cryptothecia sp.</i>	2.700	-
			<i>Cryptothecia sp1</i>	3.912	-
			<i>Cryptothecia sp2</i>	505	-
			<i>Cryptothecia striata</i>	13.005	-
		Helminthocarpon	<i>Helminthocarpon leprevostii</i>	2.578	-
		Herpothallon	<i>aff Herpothallon sp</i>	4.841	-
			<i>Herpotallon cf granulare</i>	300	-
			<i>Herpothallon cf. albidum</i>	524	-
			<i>Herpothallon rubrocinctum</i>	313	-
	<i>Herpothallon sp1</i>		507	-	
	<i>Herpothallon sp2</i>		2.844	-	
	<i>Herpothallon sp3</i>		603	-	
Caliciaceae	Buellia	<i>Buellia sp.</i>	152	-	
	Dirinaria	<i>Dirinaria applanata</i>	614	-	
		<i>Dirinaria cf. poncinsii</i>	1.595	-	
		<i>Dirinaria confluens</i>	245	-	
		<i>Dirinaria confusa</i>	2.095	-	
		<i>Dirinaria picta</i>	2.447	-	
		<i>Dirinaria sp.</i>	420	-	
	Pyxine	<i>Pyxine cocoes</i>	2.369	-	
Candelariaceae	Candelariella	<i>Candelariella aff. vitellina</i>	240	-	
Chrysothricaceae	Chrysothrix	<i>Chrysothrix xanithina</i>	1.600	-	
Coenogoniaceae	Coenogonium	<i>Coenogonium magdalena</i>	234	-	
		<i>Coenogonium zonatum</i>	218	-	
Graphidaceae	Diorygma	<i>Diorygma aff. poitaei</i>	339	-	
		<i>Diorygma cf. reniforme</i>	466	-	
		<i>Diorygma sp.</i>	191	-	
	Fissurina	<i>Fissurina aff. dumastii</i>	600	-	
		<i>Fissurina aff. pseudostromatica</i>	324	-	
		<i>Fissurina incrustans</i>	279	-	
		<i>Fissurina sp1</i>	673	-	
		<i>Fissurina sp2</i>	2.096	-	
	Glyphis	<i>Glyphis scyphulifera</i>	293	-	
	Graphis	<i>Graphis cf. glaucescens</i>	130	-	
		<i>Graphis glaucescens</i>	5.265	-	
		<i>Graphis acharii</i>	336	-	
		<i>Graphis aff. scripta</i>	555	-	
		<i>Graphis caesiella</i>	45	-	
		<i>Graphis cf. argentina</i>	351	-	
<i>Graphis cf. Daintriensis</i>		60	-		
<i>Graphis chlorotica</i>		71	-		
<i>Graphis comma</i>	36	-			

Familia	Genero	Especie	Abundancia en cm ² de las especies no vasculares por tipo de sustrato de crecimiento		
			Forófitos	Terrestre	
		<i>Graphis dendrogramma</i>	689	-	
		<i>Graphis furcata</i>	670	-	
		<i>Graphis glauconigra</i>	216	-	
		<i>Graphis lineola</i>	3.578	-	
		<i>Graphis nanodes</i>	77	-	
		<i>Graphis scripta</i>	930	-	
		<i>Graphis sp1</i>	135	-	
		<i>Graphis sp2</i>	211	-	
		Leucodecton	<i>Leucodecton occultum</i>	25	-
		Ocellularia	<i>Ocellularia sp.</i>	15	-
		Phaeographis	<i>Phaeographis aff. dendritica</i>	1.943	-
			<i>Phaeographis cf. decipiens</i>	14	-
			<i>Phaeographis sp.</i>	130	-
			<i>Phaeographis sp1</i>	36	-
			<i>Phaeographis sp2</i>	652	-
		Sarcographa	<i>Sarcographa cf. tricola</i>	54	-
		Thelotrema	<i>Thelotrema cf. porinoides</i>	12	-
	<i>Thelotrema sp1</i>		16	-	
	<i>Thelotrema sp2</i>		256	-	
	Platygramme	<i>Platygramme aff. caesiopruinosa</i>	90	-	
Lecanoraceae	Lecanora	<i>Lecanora caesiorubella</i>	1.766	-	
		<i>Lecanora sp2</i>	18	-	
Malmideaceae	Malmidea	<i>Malmidea aff. Leptoloma</i>	585	-	
		<i>Malmidea sp.</i>	72	-	
Megalosporaceae	Megalospora	<i>Megalospora tuberculosa</i>	1.311	-	
Melaspileaceae	Melaspilea	<i>Melaspilea sp.</i>	221	-	
Monoblastiaceae	Anisomeridium	<i>Anisomeridium sp1</i>	302	-	
		<i>Anisomeridium sp2</i>	1.945	-	
		<i>Anisomeridium subprostans</i>	503	-	
		Monoblastia	<i>Monoblastia rappii</i>	305	-
Mycoporaceae	Mycoporum	<i>Mycoporum sp.</i>	700	-	
Opegraphaceae	Opegrapha	<i>Opegrapha viridis</i>	971	-	
		<i>Opegrapha aff. difficilior</i>	194	-	
		<i>Opegrapha aff. viridis</i>	311	-	
		<i>Opegrapha cf. viridis</i>	16	-	
		<i>Opegrapha dekeselii</i>	691	-	
		<i>Opegrapha irosina</i>	9	-	
		<i>Opegrapha sp</i>	252	-	
		<i>Opegrapha subvulgata</i>	882	-	
Parmeliaceae	Parmotrema	<i>Parmotrema Praesorediosum</i>	214	-	
Pertusariaceae	Pertusaria	<i>Pertusaria aff. leioplaca</i>	62	-	
		<i>Pertusaria sp2</i>	80	-	
Physciaceae	Hyperphyscia	<i>Hyperphyscia adglutinata</i>	2.063	-	
		<i>Hyperphyscia mobergii</i>	3.360	-	
	Phaeophyscia	<i>Phaeophyscia cf. orbicularis</i>	36.403	-	
		<i>Phaeophyscia aff. orbicularis</i>	1.504	-	
	Physcia	<i>Physcia aff. convexa</i>	555	-	
		<i>Physcia alba</i>	699	-	
		<i>Physcia atrostriata</i>	2.421	-	
		<i>Physcia cf. alba</i>	22.387	-	
		<i>Physcia lopezii</i>	463	-	
		<i>Physcia sp.</i>	420	-	
<i>Physcia tenuis</i>		719	-		
<i>Physcia undulata</i>		1.148	-		
Porinaceae	Porina	<i>Porina americana</i>	2	-	
		<i>Porina nitidula</i>	192	-	
		<i>Porina nucula</i>	24	-	

Familia	Genero	Especie	Abundancia en cm ² de las especies no vasculares por tipo de sustrato de crecimiento	
			Forófitos	Terrestre
		<i>Porina sp1</i>	572	-
Pyrenulaceae	Lithothelium	<i>Lithothelium obtectum</i>	250	-
		<i>Pyrenula ochraceoflava</i>	10.661	-
	Pyrenula	<i>Pyrenula aff. erumpens</i>	135	-
		<i>Pyrenula aff. Mamillana</i>	156	-
		<i>Pyrenula cf. macrocarpa</i>	1.105	-
		<i>Pyrenula cf. microcarpa</i>	9	-
		<i>Pyrenula cubana</i>	445	-
		<i>Pyrenula laii</i>	917	-
		<i>Pyrenula microtheca</i>	149	-
		<i>Pyrenula nitidula</i>	253	-
		<i>Pyrenula ochraceoflava</i>	2.206	-
		<i>Pyrenula santensis</i>	12	-
		<i>Pyrenula sp</i>	47	-
		<i>Pyrenula sp1</i>	57	-
<i>Pyrenula sp2</i>	209	-		
Ramalinaceae	Bacidia	<i>Bacidia sp.</i>	6.808	-
		<i>Bacidia brittoniana</i>	270	-
		<i>Bacidia aff. medialis</i>	2.800	-
	Lopezaria	<i>Lopezaria versicolor</i>	9	-
	Phyllopsora	<i>Phyllopsora confusa</i>	490	-
		<i>Phyllopsora intermediella</i>	1.041	-
		<i>Phyllopsora nigrocincta</i>	19	-
	Ramalina	<i>Phyllopsora sp.</i>	454	-
	<i>Ramalina celastris</i>	37	-	
Roccellaceae	Bactrospora	<i>Bactrospora sp</i>	315	-
	Chiodecton	<i>Chiodecton divaceum</i>	400	-
	Cresponea	<i>Cresponea proximata</i>	3.002	-
	Enterographa	<i>Enterographa sp1</i>	1.518	-
Teloschistaceae	Caloplaca	<i>Caloplaca sp.</i>	182	-
Trypetheliaceae	Bathelium	<i>Bathelium degenerans</i>	221	-
	Laurera	<i>Laurera phaeomelodes</i>	112	-
	Trypethelium	<i>Trypethelium eluteriae</i>	836	-
		<i>Trypethelium sp.</i>	36	-
Total,			201.998	0

(Ingenostrum Colombia S.A.S., 2021)

7.5.8 Justificación del tipo de aprovechamiento forestal

El aprovechamiento forestal está reglamentado por el Decreto 1076 de 2015 “Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible”, donde en el Artículo 2.2.1.1.3.1 Clases de aprovechamiento forestal, se consideran tres (3) clases:

- a. *Únicos: los que se realizan por una sola vez, en áreas donde con base en estudios técnicos se demuestre mejor aptitud de uso del suelo diferente al*

forestal o cuando existan razones de utilidad pública e interés social. Los aprovechamientos forestales únicos pueden contener la obligación de dejar limpio el terreno, al término del aprovechamiento, pero no la de renovar o conservar el bosque.

- b. Persistentes: los que se efectúan con criterios de sostenibilidad y con la obligación de conservar el rendimiento normal del bosque con técnicas silvícolas, que permitan su renovación. Por rendimiento normal del bosque se entiende su desarrollo o producción sostenible, de manera tal que se garantice la permanencia del bosque;*
- c. Domésticos: los que se efectúan exclusivamente para satisfacer necesidades vitales domésticas sin que se puedan comercializar sus productos.*

Teniendo en cuenta los conceptos anteriormente mencionados, es importante resaltar que el tipo de aprovechamiento a realizar en el proyecto es de tipo **Único**. Y se justifica dado que este es un proyecto de utilidad pública e interés social en la puesto que si propósito es la generación de energía eléctrica, que posteriormente será dispuesta mediante la prestación del servicio público. Dicha consideración, se realiza a la luz del artículo 16 de la Ley 56 de 1981 y puede ser consultada en el Anexo 2.5.2 DUPIS.

Así mismo es importante mencionar que se hará el retiro total de la cobertura vegetal de manera manual o mecánica, con caída direccionada, utilizando las medidas de seguridad apropiadas, con el fin de evitar accidentes en las labores y afectar los recursos naturales aledaños a las áreas establecidas como aprovechamiento.

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

7.5.8.1 Sistema de aprovechamiento y extracción (labores de remoción de cobertura)

Para el desarrollo de las actividades propias del aprovechamiento forestal, es fundamental que los trabajadores lleven a cabo el cumplimiento de los siguientes aspectos:

7.5.8.1.1 Medidas de seguridad e higiene

- Previo a las actividades de tala, rocería y aprovechamiento se deberán realizar capacitaciones con respecto a temas de seguridad industrial en el trabajo, estas capacitaciones como mínimo deben abordar temas como: Generalidades de la empresa, Aspectos generales y legales en seguridad, salud en el trabajo y ambiente, Políticas de no alcohol, consumo de sustancias psicoactivas y fumadores, Políticas de seguridad, salud en el trabajo y ambiente, Reglamento de higiene y seguridad industrial.
- El personal operativo debe estar provisto de la totalidad del equipo de seguridad necesario para la realización de la actividad de corta.
- Se debe garantizar que cada trabajador cuente con los elementos de protección personal. Estos elementos son: casco de seguridad, protector auditivo, gafas o pantalla de protección ocular, guantes, pantalones de protección, botas de seguridad y cinturón de herramientas. Así mismo, deberá portar en un lugar visible su identificación
- Los equipos y herramientas deberán ser inspeccionados mediante una lista de chequeo.
- Equipos como la motosierra deben ser usados exclusivamente para las actividades de apeo, podas y desarrames. No se recomienda su transporte en funcionamiento o con la “espada” expuesta.
- En caso de requerirse el transporte manual de cargas, los trabajadores destinados a esta labor deben recibir capacitación específica en manejo de cargas.

- El plan de entrenamiento del personal operativo debe incluir los siguientes temas: Técnicas de aprovechamiento de bajo impacto, técnicas de tala dirigida, técnicas de prevención de la erosión, mantenimiento de equipos, autocuidado, trabajo seguro y primeros auxilios.
- El extintor y el equipo de primeros auxilios debe permanecer en un sitio seguro y visible para todo el personal que realice la labor.
- La seguridad en las operaciones para el aprovechamiento forestal debe estar basado en la capacitación y seguridad de las personas encargadas y deben ocupar el primer lugar en la etapa de planeación de la tala y su posterior puesta en marcha, de este modo se salvaguarda la seguridad de los trabajadores que participan en dicha operación, se minimizan los accidentes y se controlan los efectos en el medio ambiente.
- Con respecto a las medidas anteriormente mencionadas, es importante aclarar que, si bien estas no se relacionan en las fichas de los subprogramas de manejo ambiental del medio biótico, pues no son el enfoque de las acciones específicas allí establecidas, deben ser llevadas a cabo durante la ejecución de las actividades asociadas al aprovechamiento forestal (tala, podas, rocería) con objeto de minimizar los riesgos inherentes a las actividades forestales a los cuales los trabajadores se ven expuestos y prevenir la presentación de accidentes de trabajo y/o enfermedades profesionales en el personal.

7.5.8.2 Recursos requeridos para el aprovechamiento

Personal: Cada cuadrilla de tala estará conformada por un operador de motosierra (con experiencia certificada) y dos auxiliares. La totalidad de las cuadrillas será dirigida por un Ingeniero Forestal.

Materiales y maquinaria: Para las actividades de tala de fustales se utilizarán motosierras de media o alta intensidad de uso, que sean robustas y que proporcionen un buen rendimiento.

El tamaño y potencia de las motosierras a emplear dependerá del tamaño del árbol a apearse y del tipo de madera. De igual forma, la longitud de la espada adecuada estará determinada por el tamaño del árbol y por el grado de experiencia del operario.

De esta manera, se seleccionará la espada de longitud adecuada para árboles de diferentes tamaños. Espadas más cortas pesan menos y son más fáciles de manipular a la hora de llevar a cabo tareas de desrame. Asimismo, las espadas largas serán útiles para talar árboles de mayor tamaño.

7.5.8.3 Planificación y orientación del aprovechamiento forestal

El aprovechamiento forestal se hará con anticipación a los trabajos inherentes del proyecto de construcción, mediante el corte total o tala rasa de la vegetación existente y técnicamente necesaria, la cual se ubica en los sitios previstos para la adecuación del derecho de vía, y demás áreas que requieran ser intervenidas por la obra, tales como; área de campamento, centros de transformación, subestación elevadora, zona de disposición de materiales, entre otras (Ver en Tabla 7-46, Tabla 7-48 y Tabla 7-50 los volúmenes a aprovechar por cada tipo de infraestructura). Consistente en la extracción de toda la masa forestal y desmonte de árboles con DAP > 10 cm de las áreas involucradas en el proyecto. Se establecen las siguientes fases y especificaciones para tala de árboles:

Pre tala

Durante la pre-tala, se desarrollarán actividades que incluyen la planificación de la operación de tala, la delimitación y señalización del lugar en el cual se realizará el

aprovechamiento para evitar la afectación a zonas adyacentes a los sitios de intervención.

Previo a las actividades de la tala se debe evaluar la medida del diámetro del árbol y la especie a intervenir, de los individuos identificados preliminarmente durante el inventario, la calidad del terreno, la topografía, la densidad del árbol y en general la ecología del sitio, debido a que estos aspectos determinan la calidad y la variedad de los fustes que desarrollan los árboles e incide en la dirección de caída del árbol. También es apropiado inspeccionar el estado físico y sanitario del tronco, su grado de inclinación, si presenta bifurcaciones a diferentes alturas del suelo, de igual manera verificar su estado sanitario (orificios, termitas o secreciones); llevar a cabo la eliminación de lianas, ramas desgajadas y remoción de termiteros, con el propósito de evitar posibles accidentes al momento de la caída del árbol

Es indispensable que antes de iniciar la actividad de apeo, se identifique la dirección de caída del árbol teniendo en cuenta la dirección natural (de acuerdo a la pendiente del suelo, inclinación del tronco, distribución de ramas y contrafuertes en la base), la dirección del viento, la existencia de árboles próximos, la dirección prevista de saca y los posibles obstáculos existentes en la zona del derribo, de igual manera es necesario asegurarse de que la zona de influencia esté libre de personas o cosas que puedan ser alcanzadas en la caída del árbol; una vez fijada su dirección de caída, permitiendo la identificación de vías de escape, la cual garantiza la seguridad de las personas que están desarrollando la labor de apeo..

Para el aprovechamiento de árboles que se encuentren en buen estado fitosanitario, se utilizará la tala direccionada como técnica para el derribo. En las zonas donde existan manchas de vegetación autorizadas para su intervención, el corte del aprovechamiento estará dirigido desde el borde de la mancha boscosa hacia fuera de la misma con el propósito de dirigir la caída de los árboles en las zonas libres de vegetación. Los árboles que presenten contacto a nivel de copa

con otros árboles a permanecer serán descopados antes de apearse el árbol objetivo a talar.

Tala

Teniendo en cuenta la evaluación previa realizada a los individuos objeto de aprovechamiento, se determinará el método de apeo apropiado para cada árbol, el corte direccional determina la dirección de caída, mientras que el corte de tala es el que finalmente logra derribar el árbol, en medio de dichos cortes se deja una bisagra que permite dirigir de manera segura la caída del árbol hacia el lado previsto.

Desrame: Se deben eliminar todas las ramas del individuo, considerada desde el momento en que el árbol ha caído al suelo, hasta el momento en el cual se desrama por completo. Para minimizar los riesgos, teniendo en cuenta el diámetro de las ramas, se considera oportuno hacer los cortes con herramientas manuales como el serrucho o machete, cuando el tamaño de las ramas sea el adecuado para este tipo de herramientas.

Trozado: Consiste en el corte en secciones determinadas de acuerdo con el uso que tendrá la madera, es considerado según el diámetro de las trozas y la densidad de la madera, el fuste debe estar bien apoyado sobre el suelo con el fin de evitar posibles accidentes en el proceso de corte.

Adicional a lo anterior, las técnicas especiales de tala se utilizarán en los siguientes casos:

- Árboles cuya dirección natural de caída requiere ser alterada. Para facilitar el arrastre y proteger árboles remanentes, el control de la dirección de caída puede ser reforzado al dejar la bisagra más estrecha en el lado de caída natural. Esta parte rompe primero, causando una torsión y orientando la caída del árbol para el lado deseado.

- Árboles con hueco: Si el árbol está hueco solamente en la base del tronco (un metro de altura), la tala arriba del hueco resuelve el problema. No obstante, si el hueco se extiende más de la base del tronco, es necesario adoptar un corte especial ampliando los bordes de la bisagra a ambos lados, culminando con el corte de tumba.
- Árboles con troncos muy inclinados: Los árboles con inclinación acentuada ofrecen mayores riesgos de accidentes durante el corte por causa de la rapidez con que ellos tienden a caer. Adicionalmente, las rajaduras causadas por errores en el corte son más comunes en estos árboles.
- Al hacer la muesca, esta debe estar orientada exactamente en la dirección de caída, esto se puede comprobar mirando en la línea del mago anterior
- El corte oblicuo y el corte horizontal deben dar lugar a una entalladura, que mira hacia la zona donde va a caer el árbol; estos no deben profundizarse demasiado, deben reservarse suficiente madera de sostén para que actúe como bisagra y poder mantener el control del árbol de modo que no se raje, resbale o tuerza el tocón y caiga en otra dirección que la prevista
- El tercer corte es llamado corte de caída el cual debe ser horizontal y se debe realizar a una altura ligeramente superior al corte anterior, esto a fin de evitar el riesgo de que el árbol caiga hacia atrás (Figura 7-66)
- Los árboles que tienen copas simétricas o que están ligeramente inclinados en una dirección que no es la óptima para la caída pueden desviarse de la dirección prevista al caer o no llegar a caer. En estos casos, es necesario emplear herramientas como palancas de apeo (para árboles pequeños) o martillos y cuñas (para árboles grandes) a fin de desplazar el centro de gravedad natural del árbol en la dirección deseada (Tacha, 2016).

Figura 7-66 Esquema de cortes para apeo con motosierra.



Tacha, 2016.

- Es posible que en su caída el árbol sea interceptado por otros árboles cercanos, quedándose “suspendido”, lo cual constituye una situación muy riesgosa que debe solucionarse con la mayor premura. Para bajar los árboles suspendidos con seguridad y eficacia se pueden utilizar palancas y ganchos giratorios en el caso de árboles pequeños y cabrestantes manuales o montados sobre tractor de tratarse de árboles de gran tamaño
- En derribo de los árboles se debe tener cuidado con la motosierra al retirarse de la zona de peligro pues la cadena puede estar en marcha, además es necesario asegurarse que no hallan personas antes de iniciar el derribo
- Se debe observar bien la zona de la copa del árbol (no el tocón) y las copas de los árboles vecinos para apartarse de las ramas que caen y lianas o bejucos que

Labores Post a la tala

Limpeza: se realiza la disposición adecuada del material vegetal resultante. Los residuos de rocería y ramas del follaje se picarán y se utilizarán para conformar una capa de materia orgánica que aporte nutrientes para la recuperación de suelos, apilándose sobre el margen de las áreas de vegetación secundaria para su

descomposición. Acopio temporal: se deben establecer sitios de acopio temporal, en los que se ubicarán los productos de las labores de tala, estarán localizados en áreas de poca arborización y que cumplan con los requerimientos de manejo definidos a fin de causar el menor impacto sobre la vegetación circundante a la zona de obra. Las medidas de manejo específicas al acopio temporal del material vegetal resultante de las actividades de remoción de cobertura vegetal y aprovechamiento forestal pueden ser consultadas en la Ficha GIII-PMA-BI-01 Subprograma de manejo de remoción de cobertura vegetal y descapote y Ficha GIII-PMA-BI-03 Subprograma de manejo del aprovechamiento forestal.

7.5.8.4 Destinación de residuos vegetales

Los residuos provenientes de talas, podas y desmonte, en las que se producen madera, ramas y raíces entre otros, deben ser manejados de la siguiente manera:

- Donación a la comunidad: se donará a la comunidad la madera rolliza o ramas y follaje que no sean empleados en las diferentes actividades constructivas del proyecto, o en la implementación de acciones de revegetalización. La donación será realizada previa solicitud escrita, para lo cual, se elaborará un acta de donación en la que se especificará como mínimo: a) cantidad por tipo de producto, b) Volumen por especie y total, c) Destino de los productos, d) Personas que reciben los productos, e) lugar y fecha de entrega. De acuerdo con la normatividad vigente no se permite la movilización ni comercialización de la madera donada, la cual tendrá un uso doméstico (p.e construcción de viviendas, cercos, establos, entre otros), y no podrá ser empleada para quemas.
- Disposición final en ZODME: Las ramas y follaje que no se destinen a las actividades anteriormente descritas serán dispuestas en el ZODME, por medio del intercalamiento de una capa de 10 cm a 15 cm de residuos vegetales, cada 40 cm de material estéril y escombros dispuestos, compactando el relleno de acuerdo con el procedimiento para la

conformación del sitio de disposición final de materiales. La información correspondiente a la ubicación, construcción y/o adecuación de la ZODME se presenta en el capítulo tres (3) numeral 3.3.6 “(...) MANEJO Y DISPOSICIÓN DE MATERIALES SOBREPANTES DE EXCAVACIÓN, CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN(..)” y el anexo 3.2 del mismo capítulo. Así mismo, las medidas de manejo asociadas a ésta se presentan en la Ficha GIII-PMA-AB-02 Subprograma de manejo materiales y manejo de residuos de construcción y demolición RCD, y Zonas de disposición final – ZODME.

Finalmente, la capa de suelo obtenida del descapote se reutilizará en la zona de disposición final (ZODME), extendiéndola en la superficie de esta área, la cual favorecería las posteriores labores de empedradización o revegetalización. Este material debe ser acopiado adecuadamente para evitar su descomposición, para lo cual se procederá a efectuar riego y volteo periódico al mismo. En caso de presentarse zonas desprovistas de suelo orgánico, se podrá reutilizar el material en la restauración de estos sitios, con el fin de fomentar la revegetalización del área y para lograr la recuperación de la cobertura vegetal alterada durante el desarrollo de las obras. Cuando se requiera transportar los residuos de tala (troncos, ramas, hojas), se debe contar con el permiso de movilización que otorga la autoridad ambiental presente en jurisdicción del proyecto.

Dichas medidas asociadas a la disposición de residuos vegetales se presentan en la Ficha GIII-PMA-BI-01 Subprograma de manejo de remoción de cobertura vegetal y descapote y la Ficha GIII-PMA-BI-03 Subprograma de manejo del aprovechamiento forestal.

7.6 PERMISO DE ESTUDIO PARA LA RECOLECCIÓN DE ESPECÍMENES DE ESPECIES SILVESTRES DE LA BIODIVERSIDAD

Como parte del Plan del Manejo Ambiental (Capítulo 10.1.1 PLANES DE MANEJO AMBIENTAL) se estableció el Programa de Manejo del Medio Biótico, donde se determina la necesidad de realizar actividades de ahuyentamiento, rescate y reubicación de fauna y flora, con el fin de mitigar el impacto que puede generarse sobre las poblaciones de la fauna y la flora que se halla en el área de intervención del proyecto al momento de realizar las actividades de aprovechamiento forestal, desmonte y limpieza. Lo anterior, implica una eventual captura y manipulación de especímenes de la diversidad biológica, de aquellas especies de baja movilidad o susceptibilidad a eventos de afectación o muerte por no encontrarse en condiciones óptimas para alejarse de forma voluntaria de los frentes de obra en el caso del momento de ejecución de actividades constructivas, como también durante las actividades de la fase operativa y post-operativa del proyecto. Para ello se debe contar con el debido “Permiso de Estudio para la Recolección de Especímenes de Especies Silvestres de la Diversidad Biológica con Fines de Elaboración de Estudios Ambientales” o Licencia Ambiental (objeto del presente estudio), otorgada por la Autoridad Nacional de Licencia Ambientales (ANLA) y cumplir con los métodos establecidos. Así mismo, los profesionales que desarrollen dicha labor deberán comprobar la experiencia específica bajo el cumplimiento del perfil establecido en el numeral 7.6.3 Perfil de los profesionales.

Así mismo, dentro del Plan de Seguimiento y Monitoreo (Capítulo 10.1.2 PLANES DE SEGUIMIENTO Y MONITOREO AMBIENTAL), se plantea la manipulación de flora, fauna e hidrobiológicos, la cual implica la eventual aplicación de métodos de captura y manipulación de especímenes de la diversidad biológica, con el fin de evaluar la composición y abundancia individuos de la fauna silvestre e hidrobiológica. Por otro lado, el Programa de Manejo de flora y fauna, contempla el grupo de epífitas, incluyen las actividades de rescate, traslado y reubicación de

especies vasculares en veda nacional previo a la remoción de cobertura vegetal y aprovechamiento forestal. Por esta razón, también es necesaria la colecta temporal de especímenes de la diversidad biológica de este grupo biológico, para su posterior traslado al sitio de reubicación, donde posteriormente se llevará a cabo el seguimiento y monitoreo.

7.6.1 Flora

Las medidas descritas a continuación, encaminadas a minimizar el impacto generado sobre el recurso flora en las áreas a intervenir por el proyecto, se presentan con mayor detalle en la Ficha GIII-PMA-BI-02 Subprograma de Manejo de Flora.

7.6.1.1 Flora arbórea

Previo a las actividades de remoción de cobertura y de aprovechamiento forestal, un profesional forestal debe realizar la verificación y localización de la regeneración natural de especies florísticas endémicas, amenazadas y de importancia ecológica, económica y cultural que se encuentren en el área de intervención y que sean aptas para su reubicación en ecosistemas equivalentes. Entendiendo que previo a la ejecución debe realizarse una evaluación rigurosa tanto del estado físico y sanitario de las especies y su capacidad adaptativa, así como una evaluación de la disponibilidad de recursos presentes en el ecosistema semejante.

Es importante para estas actividades contar previamente con un censo riguroso de las especies e individuos susceptibles a aprovechamiento forestal. Dicha información se presenta en el numeral 7.5 Aprovechamiento forestal, donde se relacionan los métodos, resultados y solicitud de permiso de aprovechamiento forestal de los individuos inventariados en el área proyecto y/o licenciamiento que deben ser intervenidos. Dicho inventario se realizó mediante dos (2) métodos;

inventario estadísticamente representativo (parque solar y línea de evacuación) e inventario forestal al 100% (línea de evacuación). Los soportes de la información fuente, datos dasométricos y volúmenes pueden ser consultados en el Anexo 5.2.1 Flora (5.2.1.1 Datos de campo y/o 5.2.1.2 Bases de datos -Cálculos) y en el Anexo 7. Demanda de recursos / Datos aprovechamiento.

Se tendrán en cuenta los siguientes aspectos:

- Se debe contar con las siguientes herramientas y materiales: pica, pala, palín, azadón, tijeras podadoras, palustre, bolsas plásticas (diferentes tamaños de calibre grueso), costales de fique, cajas plásticas tipo embalaje de frutales o verduras, cicatrizante hormonal, papel periódico, agua y cabuyas para amarre.
- Se debe llevar registro de las plantas rescatadas, lugar de reubicación y estado sanitario.
- La vegetación que haya sido rescatada se deberá transportar bajo las medidas necesarias, para causar el menor daño en los individuos, a su lugar de reubicación definitiva o un vivero temporal que se adecuará para las labores de rescate. Las zonas de reubicación deben contar con características ecológicas similares a las del sitio de remoción y el tiempo de reubicación no debe ser mayor de tres meses.

7.6.1.1.1 Trasplante de brinzales

A los individuos seleccionados se le realizará bloqueo de las raíces, se extraerán de su medio con suficiente sustrato, procurando que las raíces de cada individuo queden envueltas en bolsas de plástico y/o colocadas en cajas de cartón, para posteriormente ser transportados en carretillas o vehículo, según sus dimensiones, al sitio de acopio, donde se mantendrán en condiciones óptimas mediante mantenimiento (riego, fertilizado, actividades fitosanitarias, etc.), hasta su traslado y trasplantado a los sitios definitivos.

Las plantas se deberán obtener con cepellón (porción de tierra adherida a las raíces de las plantas), cuidando de no estropear ni exponer al aire las raíces de las plantas. Además, se deberá reducir en lo posible, el tiempo entre su extracción y su trasplante. Las características del sitio en que se vayan a trasplantar deben ser similares del que fueron obtenidas. La planta debe ser liberada de cualquier clase de competencia que pueda presentarse (maleza, exceso de cobertura, etc.).

Cuando el trasplante es a raíz desnuda, lo más importante es cuidar que la planta se introduzca a la cepa de manera adecuada sin que la raíz sufra estrechez que pueda deformarla. El hoyo o cepa en que se vaya a introducir la planta debe contar con las dimensiones adecuadas, dependiendo del tamaño de las raíces, que les permita conservar una posición lo más natural posible. El inicio del tallo debe quedar por lo menos al ras del suelo, o preferentemente un poco debajo, para prevenir un asentamiento del sustrato. La tierra fina que cubre el sistema radicular es presionada con la mano, mientras que el relleno total de la cepa es compactado mediante el pisoteo.

Cuando la planta tiene cepellón (porción de tierra adherida a las raíces de las plantas), lo más importante es que se logre la profundidad de trasplante correcta y que exista buen contacto con el suelo. Por ningún motivo se debe enterrar el contenedor o envase (plástico o cartón) en el que se envolvió la raíz al momento de extraerse de su sitio de origen.

El riego se realizará en las horas de menor insolación, muy temprano o por la tarde, efectuándose con mangueras o manualmente, utilizando cubetas regaderas.

7.6.1.2 Flora de hábito epífita, terrestre y/o rupícola

Previo a las actividades de remoción de cobertura y de aprovechamiento forestal, se debe realizar la verificación y localización de las especies vasculares objeto de rescate, para las cuales se propone su traslado y reubicación.

Teniendo en cuenta la caracterización realizada a este grupo biológico, se tendrán en cuenta los especímenes que pueden ser objeto de colecta temporal y manipulación durante las actividades de rescate y traslado. (Ver numeral 7.5.7 Especies en veda – flora epífita). Es posible encontrar algunas especies no registradas pese a que se obtuvo la representatividad del muestreo, en este caso, se deberá reportar en el informe de cumplimiento ambiental, el hallazgo de una especie no registrada en el estudio.

Como es bien sabido, la Resolución 0213 de 1977 emitida por el INDERENA, estableció la veda en todo el territorio nacional para el aprovechamiento, transporte y comercialización de las especies de musgos, líquenes, lamas, parásitas, quiches y orquídeas, así como lama, capote y broza, entre otras, y las declara como plantas y productos protegidos. Cabe anotar que estas corresponden a especies vasculares sobre las cuales se llevarán a cabo los procedimientos de rescate y traslado, pues en el caso de las especies no vasculares se tomarán medidas de compensación.

7.6.1.2.1 Metodologías de extracción temporal (captura) en campo

7.6.1.2.1.1 Especies vasculares de hábito epífita

El rescate de individuos de bromelias y orquídeas se hará de manera previa a la tala, o después de hacer tala dirigida con el fin minimizar el daño de los individuos objeto de rescate durante el aprovechamiento forestal y se deberán seguir las siguientes etapas y recomendaciones:

7.6.1.2.1.1.1 Revisión preliminar del estado fitosanitario de especies epífitas vasculares

Previo a las actividades constructivas del proyecto en los que haya lugar aprovechamiento forestal, se deberá verificar la presencia de individuos

(Bromelias y orquídeas), esta actividad se debe realizar por parte de profesionales con conocimiento en el manejo de flora epífita en veda, y deberán realizar las siguientes actividades:

- Registrar el estado fitosanitario y número de individuos por cada especie.
- Demarcar e informar de la presencia de epifitas vasculares que le permita al personal de obra y a la comunidad en general identificar los árboles hospederos sujetos a restricción por la afectación de estas especies y que tendrán un manejo especial por parte del personal calificado.
- Registro en los formatos correspondientes y respectivos registros fotográficos de esta actividad.

7.6.1.2.1.1.2 Rescate de individuos de epifitas vasculares

Para el rescate de los individuos de bromelias y orquídeas, el procedimiento de rescate se realizará de la siguiente manera:

- Los individuos de bromelias serán removidos antes de empezar cualquier actividad de tala o remoción de cobertura vegetal. Los individuos que se encuentren a una altura inferior a 3 metros se removerán manualmente antes de la tala del árbol; una vez talado éste, se revisará si en las ramas más altas persisten más individuos objeto de rescate y que se encuentren en condiciones óptimas.
- Los individuos se deben retirar con parte de la corteza del árbol, principalmente para no afectar sus tallos y raíces aéreas, y en lo posible que lleven epifitas no vasculares asociadas al forófito, ya que en muchos de los casos se encuentran asociadas a las raíces de las epifitas vasculares. Se recomienda mantenerlas en posición vertical todo el tiempo por ser hábitats de algunos grupos de insectos y anfibios.

Considerando el rescate de los individuos de las epífitas vasculares en el área de intervención del proyecto, se deberá tener en cuenta 3 criterios importantes:

- Criterio fitosanitario: se rescatarán individuos con órganos vegetativos en óptimas condiciones, es decir: hojas, tallos, raíces, y/o presencia o ausencia de yemas florales, que no presenten daños por agentes biológicos tales como hongos, larvas y/o enfermedades ya sea por bacterias, que se puedan evidenciar físicamente. A su vez no se deben tener en cuenta individuos que se encuentren con órganos vegetativos afectados por necrosis, y/o que se encuentren “quemados” por la acción excesiva del sol y el viento.
- Criterio reproductivo: no se deberán tener en cuenta los individuos ya florecidos, ni tampoco en estados iniciales de desarrollo, debido a la susceptibilidad al deterioro y su bajo nivel de adaptación a las condiciones ambientales.
- Criterio de senescencia: se deberán rescatar individuos que estén en un desarrollo no muy avanzado o adulto; este estado “intermedio” se deberá tener en cuenta dado que los individuos deberán responder positivamente al cambio de hospedero del cual se extrae.

Se sugiere realizar la reubicación del material vegetal dentro de las 72 horas siguientes, garantizando las condiciones de sobrevivencia; en el eventual suceso de no ser posible, y de ser requerido llevar el material vegetal a un acopio temporal o vivero, el tiempo máximo de permanencia de los individuos rescatados no debe superar los tres (3) meses, en todo caso, asegurando que durante la época de reubicación se presenten las condiciones de humedad requeridas.

7.6.1.2.1.1.3 Especies vasculares de hábito terrestre y/o rupícola

A continuación, se describen los pasos para el rescate de especies terrestres de orquídeas y bromelias en el área de intervención (básicamente, se debe rescatar

individuos que no estén en floración ni en fructificación, en estado juvenil preferiblemente, con buen estado fitosanitario):

- Cavar en círculo alrededor de las especies terrestres con ayuda de herramientas adecuadas (palas o palines), conservando una distancia aproximada de 20 a 50 cm alrededor de la base y de 20 a 60 cm más de profundidad (dependiendo del tamaño del sistema radicular de cada especie), para preservar las raíces y minimizar daños mecánicos sobre estas durante la excavación.
- Si la tierra está muy seca, se debe regar unos minutos antes de comenzar a cavar, esto con el fin de mantener compactado el sustrato alrededor de la raíz, brindarle mayor apoyo durante la extracción y reducir las probabilidades de sufrir daños mecánicos.
- Una vez se haya completado la excavación, se toma el pan de tierra desde la base y se jala suavemente, al tiempo que con ayuda de la pala se hace palanca, hasta extraer por completo el pan de tierra donde se encuentran las especies terrestres, incluyendo el pan de tierra que rodea la raíz. De este modo se ayuda a reducir la probabilidad que el individuo sufra algún tipo de daño por el proceso de extracción.
- En caso de que los individuos extraídos con su pan de tierra deban permanecer expuestos por un tiempo prolongado, serán cubiertos con papel periódico o un plástico resistente con el fin de evitar la desecación de estas por la exposición directa con el aire, y así ayudar con la reducción del estrés sufrido por la planta a causa del trasplante.
- Una vez extraído y para efectos del seguimiento posterior a la reubicación, a cada individuo le será asignado un número consecutivo (código), el cual será marcado sobre una estaca de madera, enterrada junto a cada individuo, georreferenciado con su respectivo registro fotográfico.

Se sugiere realizar la reubicación del material vegetal dentro de las 72 horas siguientes al rescate, garantizando las condiciones de sobrevivencia; en el eventual suceso de no ser posible y de ser requerido llevar el material vegetal a un acopio temporal o vivero, el tiempo máximo de permanencia de los individuos rescatados no debe superar los tres (3) meses, en todo caso asegurando que durante la época de reubicación se presenten las condiciones de humedad requeridas.

7.6.1.2.2 Metodologías de manejo de especímenes ex situ

Una vez se haya colectado el material que será objeto reubicación, este será trasladado al sitio de reubicación o a un acopio temporal en vehículos que cuenten con el espacio y condiciones óptimas para evitar la exposición a la luz o calor excesivos.

7.6.1.2.2.1 Acondicionamiento de los individuos rescatados

Se dispondrá de un sitio de acondicionamiento temporal (SAT), el cual será utilizado para promover la estabilización de las epífitas, contrarrestar el estrés que pudieran haber sufrido las plantas durante la extracción, evitar la acumulación de humedad en exceso y la sobreexposición de luz. El tiempo de permanencia en el SAT será de máximo 90 días antes de su reubicación. El acondicionamiento consistirá en:

- Selección de individuos con menor daño mecánico
- Limpieza de las plantas
- Atado a un tronco pequeño a fin de evitar enredos entre ellas.

7.6.1.2.2.2 Reubicación de los individuos

Para esta actividad, se ubicarán de 3 a 4 individuos por cada fórofito seleccionado con anterioridad, buscando siempre corteza rugosa para proporcionar una mayor

adherencia de la planta y ubicando cada individuo en las intersecciones de las ramas principales o en sitios de las ramas que faciliten la sujeción de los ejemplares al hospedero. Se tendrá la precaución que las ramas en las que se coloquen las plantas epífitas no reciban sol directo durante todo el día.

Se recomienda realizar la reubicación y el traslado en época de lluvias, con el fin de garantizar el aporte de humedad. Se recomienda la aplicación de hormonas de enraizamiento.

En el nuevo forófito, se debe realizar una pequeña incisión para luego adherir la corteza retirada con la epífita rescatada fijándola al árbol con fibras naturales para darle soporte.

A cada espécimen reubicado se le asignará un código de identificación, el cual será anotado en cintas biodegradables para ser amarradas en cada epífita.

Con el fin de garantizar el adecuado crecimiento de los individuos, una vez ubicados en los forófitos se realizarán labores de mantenimiento permanentes durante todos los meses. Estas labores permitirán disminuir al mínimo el porcentaje de mortalidad del material vegetal rescatado y sembrado.

7.6.2 Fauna silvestre

Se plantea la colecta temporal de aquellos especímenes de la fauna silvestre durante las actividades de ahuyentamiento, rescate y reubicación, en los casos donde las técnicas de ahuyentamiento no propicien el desplazamiento de los individuos o se encuentren especies de movilidad restringida o que atraviesen etapas tempranas de su ciclo de vida (huevos, neonatos, polluelos y juveniles). Así mismo, se plantea la captura de algunos individuos para el monitoreo y seguimiento de la fauna en el área de influencia del proyecto. Es posible que se requiera la captura y manipulación de especímenes de algunas especies que se

encuentran en categoría de amenaza o presentan una distribución restringida al territorio colombiano (especies endémicas).

A continuación, se describen las metodologías que serán empleadas para el rescate, traslado y reubicación de la fauna en el área de intervención del proyecto y el posterior seguimiento y monitoreo en el área de influencia, es de importancia resaltar la factibilidad de encontrar especies que no fueron observadas en la caracterización, sin embargo para estas especies se plantea la ejecución de la misma metodología planteada, los reportes de de especies potenciales registradas por información secundaria para el área de influencia se presentan en el Capítulo 5.2 Caracterización biótica, numeral 5.2.1.1.3.1 Fauna silvestre potencial registrada por información secundaria y los resultados de la caracterización de los diferentes grupos en el área de influencia biótica preliminar se presenta en el numeral 5.2.1.1.3.2 Fauna silvestre registrada en el área de influencia biótica preliminar del mismo capítulo.

7.6.2.1 Metodologías de extracción temporal (captura) en campo

7.6.2.1.1 Anfibios

Teniendo en cuenta los picos de actividad de las especies de anfibios, se realizarán dos jornadas de rescate o monitoreo de anfibios en el día, durante un periodo que permita hacer un barrido completo del área a intervenir. De esta forma, se realizará una jornada, entre las 8:00 y las 22:00. La captura de individuos se realizará de forma manual. Una vez capturados, los individuos serán depositados preferiblemente en bolsas plásticas, en las cuales se habrá introducido hojarasca húmeda para evitar la desecación de los ejemplares durante su traslado.

Los individuos capturados serán valorados para establecer su condición de salud y determinar si es posible realizar la liberación inmediata. Se tomará información

sobre especie, hábitat y microhábitat donde fue capturado, hora de captura y condición física, con el fin de establecer el sitio más adecuado para su liberación, adicionalmente las coordenadas geográficas y toma de registro fotográfico y video en caso de ser posible.

7.6.2.1.2 Reptiles

Para el rescate de reptiles y posterior a la aplicación de técnicas de ahuyentamiento, se realizará una inspección del área de intervención buscando en sitios específicos donde puedan quedar individuos rezagados, como debajo de troncos muertos, rocas, hojarasca, oquedades y corteza de árboles.

Cuando se trate de especies de lagartos (suborden Sauria), se realizará captura manual, depositando los individuos atrapados en bolsas plásticas o de tela con hojarasca húmeda en su interior. En el caso de serpientes (suborden Serpentes), se realizará la captura por medio de un gancho o pinza herpetológica (este método dependerá del tamaño del individuo). Posteriormente y de acuerdo con el tamaño del ejemplar, estos serán introducidos en bolsas de tela o costales resistentes a cualquier perforación que pueda realizar el individuo capturado.

Cada uno de los individuos capturados será revisado por un médico veterinario, el cual establecerá el estado de salud y si se encuentra en las condiciones para ser reubicado de inmediato o requiere atención médica antes de ser liberado. A cada individuo se tomará información sobre especie, hábitat y microhábitat donde se encontró, condición física, estado reproductivo y hora de captura, con el fin de determinar el sitio óptimo de liberación, adicionalmente las coordenadas geográficas y toma de registro fotográfico y video en caso de ser posible.

Con relación a las actividades de seguimiento y monitoreo, se realizará captura de ejemplares que no puedan ser determinados de forma instantánea, siguiendo las

metodologías de captura descritas con anterioridad. Todos los individuos capturados serán liberados una vez finalizada la jornada de muestreo.

7.6.2.1.3 Aves

Como primera medida se aplicarán técnicas de ahuyentamiento, procurando que las aves abandonen el área de intervención por sus propios medios, para evitar el estrés que se puede causar por medio de la captura. Solo se hará captura de individuos cuyo comportamiento territorial esté causando que estos no abandonen el área que se desea intervenir, como es el caso de aves con baja capacidad de desplazamiento y alta filopatría. En este caso, se hará empleo de redes de niebla. Así mismo, en las actividades de seguimiento y monitoreo, se empleará esta técnica de muestreo. Por otro lado, se realizará el rescate de nidos, neonatos, polluelos y juveniles antes del aprovechamiento forestal.

De acuerdo con la información secundaria consultada, para el área de influencia biótica preliminar, se registrarán un total de 351 especies de aves potenciales; las cuales representan un 18,1% de la diversidad de avifauna con respecto al último listado, el cual comprende un total de 1887 aves con registro en territorio continental (Avendaño, et al., 2017).; por lo anterior se puede inferir que se trata de un registro importante, si además, se tiene en cuenta la amplitud y extensión del área de influencia del proyecto, las condiciones climáticas, el estado actual de los ecosistemas, (Aspecto que pudo haber influido en el registro de algunas especies, tal es el caso de las migratorias).

7.6.2.1.3.1 Captura en redes de niebla

Este método será empleado únicamente en coberturas naturales (y vegetación secundaria), pues en las zonas abiertas de pastos y áreas agrícolas heterogéneas se puede garantizar el retiro de los individuos sin necesidad de capturas. En caso de requerirse, se instalarán 1 a 3 redes de niebla de 12 x 3 m y ojo de malla de 30

mm, las cuales serán operadas por un ornitólogo en horario de las 6:15 a las 10:30 y las 16:00 a las 17:00 horas.

Los individuos capturados serán depositados de forma individual en bolsas de tela y se procederá de forma inmediata con la liberación en el sitio destinado para tal fin, una vez se verifique la condición óptima de salud del individuo. Si se captura un grupo familiar o pareja, la liberación debe hacerse en conjunto. Para los individuos capturados se tomará registro de especie, peso, condición corporal (grasa y músculo pectoral), estado reproductivo, muda y hábitat, adicionalmente las coordenadas geográficas y toma de registro fotográfico y video en caso de ser posible.

7.6.2.1.3.2 Rescate de nidos, neonatos, polluelos y juveniles

A lo largo del área de intervención y previo al ahuyentamiento, se hará un barrido para identificar la presencia de nidos. Una vez identificados, se realizará la revisión de los nidos que se encuentren en los individuos forestales a ser aprovechados o en la vegetación herbácea y suelo para el caso de especies que aniden en estos estratos.

Después de ubicarse los nidos, se procederá con el análisis de cada uno de ellos con el fin de identificar su estado de actividad; debido a su ubicación se realizarán procedimientos de trabajo en alturas, el cual deberá ser realizado por personal experto y certificado para este tipo de actividades.

En los casos en los que los nidos se encuentren inactivos, se recogerán o destruirán para evitar su posible recolonización; cuando los nidos se encuentren ocupados por huevos o polluelos, se protegerán y se evaluarán para determinar la especie, su etapa de crecimiento (desarrollo de los huevos y polluelos) y la viabilidad de estos.

Una vez se complete el análisis de cada uno de los individuos encontrados susceptibles a entrar al programa de rescate, se realizarán las recomendaciones de permanencia y seguimiento de los nidos e individuos en el sitio de anidación (árboles, arbustos, infraestructura), con el fin de minimizar el riesgo implícito del traslado de individuos.

Para los nidos con huevos o crías se utilizarán cintas Flagging reflectivas para indicar el estado en el que se encuentra el nido en el árbol (Cinta Roja: Nido activo con huevos o pichones, Cinta amarilla: nidos en construcción, Cinta verde: Árbol sin nidos). Posteriormente se hará seguimiento para determinar el éxito de la nidada, emplume, acompañamiento de parentales y abandono del nido, y posteriormente luego de que el individuo deje el nido se procederá a destruir para evitar ser recolonizado, lo anterior con el respectivo registro fotográfico del proceso. La intervención a los nidos se realizará de manera preliminar a la intervención arbórea del corredor y se realizará el seguimiento en el sitio donde sean reubicados.

7.6.2.1.4 Mamíferos

En términos generales, la abundancia de mamíferos dentro del área de estudio es baja según los resultados obtenidos en la caracterización de fauna (Capítulo 5.2 Caracterización biótica / numerales 5.2.1.1.3 Fauna / 5.2.1.1.3.2 Fauna silvestre registrada en el área de influencia preliminar biótica preliminar / 5.2.1.1.3.2.5 Mamíferos) y debido a su comportamiento huidizo, se espera que haya una baja afluencia de este grupo en el área de intervención, permitiendo que a partir de las técnicas de ahuyentamiento se pueda generar el desplazamiento de la mayoría de los mamíferos. Por lo anterior, las actividades de rescate y traslado estarán dirigidas principalmente a especies de talla pequeña (micromamíferos) o baja capacidad de desplazamiento (p ej. *Bradypus variegatus* – Perezoso) en caso de requerirse estrictamente. Para el primer caso, se empleará la captura de trampas

Sherman, mientras que en el segundo caso se hará captura manual. En cuanto al seguimiento y monitoreo, se plantea el desarrollo de muestreos por medio de captura en redes de niebla para mamíferos voladores y trampas Sherman para micromamíferos (órdenes Didelphimorphia y Rodentia)..

7.6.2.1.4.1 Trampas Sherman

Se emplearán trampas Sherman de dimensiones 23 x 7,5 x 9,0 cm fabricados en aluminio. Estas trampas serán ubicadas en sitios donde se presuma la presencia de pequeños mamíferos no voladores (roedores y musarañas – familias Cricetidae y Soricidae), como son áreas con vegetación arbórea y arbustiva, depósitos de madera y hojarasca, madrigueras subterráneas, entre otras. Las trampas serán dispuestas en transectos con una separación máxima de 5 m entre cada trampa. Eventualmente pueden utilizarse trampas Tomahawk y trampas conocidas como Nasa que complementen las demás técnicas

Una vez ubicadas, las trampas serán cebadas con alimentos como avena, maní, miel y esencia de vainilla. Estas se activarán al finalizar la tarde (18:00 horas) y revisadas al siguiente día a partir de las 6:00 horas. En la tarde serán recebadas, permaneciendo en el área de intervención por un periodo máximo de 5 días.

Los individuos capturados serán evaluados para determinar su condición física y proceder con la liberación inmediata, con el previo registro de datos sobre especie, edad, sexo, longitud total, longitud de la cola, longitud de la pata, longitud de la oreja, condición general del individuo y tipo de vegetación en el que se capturó.

7.6.2.1.4.2 Captura manual

Para el caso de especies con desplazamientos lentos, como el Perezoso (*B. variegatus*), en caso estrictamente necesario, al no responder de forma positiva a estímulos empleados para el ahuyentamiento, se accederá hasta la rama donde sea visualizado el individuo para proceder con su captura. Es importante

mencionar que, dicho procedimiento solo podrá ser realizado una vez se cuente con la autorización y/o acompañamiento de la Autoridad Regional Competente (CRA), por lo cual tanto la captura, el traslado, atención (donde se evaluará el estado de salud del ejemplar) y/o liberación del individuo se realizará con el debido consentimiento y acompañamiento de dicha autoridad.

7.6.2.1.4.3 Redes de niebla

Este método será empleado únicamente en las actividades de seguimiento y monitoreo, aplicándose solo a coberturas naturales (bosque denso bajo, bosque fragmentado, bosque de galería y/o ripario, arbustal denso y vegetación secundaria) y algunas antropizadas (mosaicos con espacios naturales), pues en las zonas abiertas de pastos y áreas de cultivos el éxito de captura es muy bajo.

Para la captura de mamíferos voladores (Quirópteros) se instalarán de 3 a 6 redes de niebla de 12x3m y ojo de malla de 12mm, las cuales serán operadas por un profesional con experiencia en quirópteros a partir de las 17:30 hasta las 21:30 aproximadamente, ubicadas a nivel de sotobosque en zonas de posible tránsito de murciélagos en puntos que se consideraron relevantes en las coberturas de interés, tales como corredores de vuelo, bordes de las coberturas vegetales o las zonas de transición entre dos (2) coberturas, depresiones en el relieve y cerca de cuevas y quebradas.

Una vez instaladas, las redes serán revisadas cada 20 minutos teniendo en cuenta el éxito de captura. Los individuos capturados serán mantenidos en bolsas de tela, previa a su identificación in situ y georeferenciados; posteriormente serán medidos y fotografiados, para finalmente ser devueltos a su medio natural

7.6.2.2 Metodologías de manejo de especímenes que requieran rescate y/o reubicación (ex - situ)

Los animales que en la acción de ahuyentamiento no se trasladen por sí mismos o que resulten atrapados o heridos, se rescatarán por captura. Este proceso implica emplear las técnicas relacionadas anteriormente y transporte en contenedores apropiados para cada individuo, con adaptaciones que disminuyan al mínimo el estrés y el sufrimiento de los animales capturados se llevarán a los centros de paso y recuperación de la corporación Autónoma regional del Atlántico (CRA). A continuación, se describen las metodologías para la preservación, transporte, reubicación y/o liberación de los especímenes rescatados.

7.6.2.2.1 Preservación y transporte

El transporte de especímenes se realizará en bolsas de tela y/o frascos de vidrios para anfibios y reptiles pequeños, y jaulas y guacales para aves y medianos mamíferos. Los animales capturados serán liberados lo más pronto posible para evitar un mayor estrés, si las condiciones físicas de los individuos lo permiten. Estos individuos serán ubicados en los parches boscosos previamente identificados. Sin embargo, cuando los individuos rescatados estén heridos o en malas condiciones, estos serán trasladados a un centro médico veterinario y/o las corporaciones autónomas, realizando el seguimiento del estado de salud de los individuos hasta su liberación.

Los anfibios se transportarán en bolsas Ziplock con hojarasca húmeda para evitar la desecación del animal durante el traslado. Las serpientes se transportarán utilizando bolsas de tela. La manipulación de las serpientes se debe realizar en todo momento haciendo uso del gancho para evitar el contacto manual con el individuo. Esto asegura la salud del individuo animal como la del investigador que está realizando la manipulación. Las aves rescatadas se deben transportar en Jaulas con bebederos y comederos si el trayecto es muy largo. La jaula se debe

cubrir en lo posible con una manta oscura para evitar que el individuo se estrese demasiado. Los mamíferos deberán ser transportados en guacales los cuales deben estar cerrados con llave durante el periodo de transporte. El guacal deberá ser cubierto con una manta de color oscuro para evitar el estrés del animal.

7.6.2.2 Reubicación y liberación

Como se mencionó anteriormente, todos los individuos que hayan tenido que ser rescatados tendrán una liberación inmediata, definida como la acción de liberar espontáneamente un animal, en el mismo lugar y momento de su captura y por lo general, no requieren de rehabilitación alguna (MAVDT, 2010). En los casos en donde pasan por la revisión de un médico veterinario y que este haya dado la aprobación para ser reubicado, se procede a la liberación de los estos. Es importante identificar lugares con condiciones similares al sitio donde fueron capturados y de sus requerimientos específicos: para anfibios se buscará espacios húmedos cercanos de afluentes hídricos; para reptiles se buscará espacios con hojarasca y cobertura arbustiva; para aves y mamíferos se buscará espacios con gran diversidad de especies y plantas que puedan servir en la construcción de sus nuevos hábitats y que puedan estar provistos de alimento. Se debe realizar una marcación del sitio por medio del GPS y tomar Registros Fotográficos (Jimenez-Marin, 2017).

Todas estas actividades se deben realizar con previa autorización por la autoridad ambiental, siguiendo lo indicado en la normativa vigente para fauna silvestre. Adicionalmente, se debe realizar por personal capacitado y autorizado para realizar el ahuyentamiento, captura, reubicación y liberación de las especies de fauna. Se deberá entregar un informe técnico con la información de las especies encontradas.

También es recomendable tener un convenio con un centro de recepción de fauna que puede ser sugerido por Corporación Autónoma Regional del Atlántico (CRA),

por si se llegase a presentar algún animal herido en las actividades relacionadas con los aprovechamientos forestales. Dado esto se debe contar con este convenio y avisar antes de los rescates a la CRA.

De lo anterior, es importante tener en cuenta que en el Capítulo 10.1 Plan de Manejo Ambiental, Ficha GIII-PMA-BI-08 Manejo de hábitats y poblaciones de fauna terrestre.

7.6.2.2.3 Hidrobiota

7.6.2.2.3.1 Metodologías de extracción temporal (captura) en campo

Teniendo en cuenta que se requieren del permiso de ocupaciones de cauce, es necesario realizar monitoreos aguas arriba y aguas debajo de las corrientes donde se proyectan dichas actividades, para esto se tomaran muestras de los diferentes grupos de fauna hídrica, tal como se detalla a continuación.

Fitoplancton: La preservación de la muestra se hace seguidamente a la colecta del material fitoplanctónico, para esto se adicionará 0,5ml de solución de lugol por cada 100mL de muestra y 1ml de solución transeau. Almacenándose la muestra en tarros de 500ml de boca ancha, rotulando con la información del sitio de muestreo.

Zooplancton: Preservación: Se le adicionara a la muestra 1 ml de solución transeau por cada 100mL de muestra. Almacenándose la muestra en tarros de 500ml de boca ancha, rotulando con la información del sitio de muestreo. La fijación se realiza cuando las muestras zooplanctónicas serán almacenadas por poco tiempo de lo contrario se aconseja fijar la muestra con formol al 5% (1 ml por cada 100ml de muestra). Para realizar el anestesiado de los organismos zooplanctónicos y para evitar la contracción al momento del sacrificio es necesario adicionar a la muestra antes del preservante un chorrito de agua carbonatada o algún comprimido efervescente. Cada muestra debe contar con etiquetas de

campo que cuenten con datos de lugar y fecha de colecta, estación de muestreo (georeferenciación), colector y modo de colecta.

Bentos: Luego de coleccionar las muestras bénticas, se trasladan a una serie de tamices específicamente diseñados. Una serie de uno o dos tamices con aberturas de malla de 1 y 5 cm retendrán los materiales más grandes, mientras que este permite el paso de materiales y organismos más pequeños a un tamiz US Standard N°30 que presenta una abertura de malla entre 0,595 y 0,600 mm / (ALPHA et al. 2017). Las muestras tamizadas serán preservadas en etanol al 70% y almacenadas en frascos plásticos de 500 ml. Cada muestra debe contar con etiquetas de campo que cuenten con datos de lugar y fecha de colecta, estación de muestreo (georeferenciación), colector y modo de colecta.

Perifiton: Las muestras se preservarán inmediatamente después de la colecta con 0,5 mL de solución de Lugol, luego se le adicionará 20 ml de solución transeau, y enviará en el menor tiempo posible al laboratorio. Cada muestra debe contar con etiquetas de campo que cuenten con datos de lugar y fecha de colecta (dd/mm/aaaa), estación de muestreo (georeferenciación), colector y método de colecta.

Macrófitas: Para la identificación de especies se debe contar con especímenes frescos de posible. Se evitará la colecta de plantas inmaduras o plantas que no estén provistas de flores. Como las plantas acuáticas contienen desde 80 hasta 95% agua, y tienen menos tejido de soporte que las plantas terrestres, se requiere de un procedimiento diferente de secado, preservación y montaje. De ser posible, las plantas deben ser colectadas en su pico de crecimiento, es decir, cuando posean flores y/o frutos. Se debe coleccionar toda la planta (tallos, rizomas, hojas, raíces, flores y frutos) (APHA, et al., 2017). Con el fin de que las muestras vegetales se conserven en las mejores condiciones es indispensable que una vez coleccionado el material en campo este sea prensado, el mismo día a lo sumo el día siguiente. Las muestras serán prensadas en hojas de papel periódico de formato 60X30 cm

doblado por la mitad, acomodadas en un plano manteniendo hasta donde sea posible las características de la planta en vivo. El material vegetal será prensado por medio del aplanado de la muestra botánica dejando hojas por el haz y otras por el envés. Las flores se distribuirán equitativamente permitiendo que queden el primer plano. Cada muestra se colocará por separado dentro del papel periódico y será marcada en el papel con lápiz de cera con su respectivo número de colección. Una vez el material se encuentra prensado. Se harán paquetes de entre 20 a 30 cm de altura, los cuales se envolverán con tres (3) hojas dobles de papel periódico, de manera que uno de los lados del paquete de periódico en las que se encuentran las muestras se mantenga descubierto. A continuación, sobre este paquete se ejercerá presión y se asegura con un nudo en cruz lo más ajustado posible para ser depositadas en el paquete en bolsas plásticas de calibre cuatro, una vez acomodadas las muestras se esparcirá alcohol al 90%, debido a que estas plantas presentan un mayor contenido de agua (entre 80 y 95%) y por consiguiente una mayor susceptibilidad a que se deterioren las muestras, después de lo cual se alcoholiza la bolsa y se sella con doble nudo utilizando cuerda de nylon.

Macroinvertebrados asociados a macrófitas: Una vez colectadas las macrófitas, se colocarán en bolsas plásticas y posteriormente, se lavarán cuidadosamente sus raíces para remover los organismos contenidos en ellas. Los organismos extraídos se conservarán en etanol al 70% y formalina para los oligoquetos, en frascos previamente rotulados con la fecha y el sitio de recolección.

Peces: Los individuos colectados serán anestesiados en una solución de esencia de clavo de olor. Para el trabajo ictiológico la solución fijadora más ampliamente usada es el formol al 10% de concentración, neutralizado con borato de sodio con el fin de evitar la descalcificación de los ejemplares y posteriormente preservados en alcohol al 70%. Los individuos de pequeño tamaño (<40mm de longitud total)

pueden ser puestos directamente en la solución de formol al 10% mientras que, a individuos de tamaños superiores al referenciado, se les debe inyectar con una jeringa el formol a través del ano, realizando perforaciones en los costados de los individuos, hasta que el mismo adquiera una consistencia rígida, lo cual garantiza una fijación completa de los tejidos.

Todo el material colectado y preservados será transportado en contenedores plásticos sellados.

7.6.2.2.3.2 Metodologías de manejo de especímenes muestras o especímenes ex - situ

Todo el material o espécimen colectado en campo y preservado será transportado en contenedores plásticos sellados, hasta ser dirigidos al laboratorio para su análisis. Una vez sean analizadas las muestras y/o especímenes, estos deben ser ingresados a una colección biológica, la cual emitirá e certificado respectivo del ingreso de muestras.

7.6.3 Perfil de los profesionales

A continuación, se presenta el perfil de los profesionales que estarán involucrados en las actividades de ahuyentamiento, rescate y reubicación de fauna silvestre, así como los encargados de las labores de rescate y traslado de especies vasculares de flora epífita, terrestre y rupícola (Tabla 7-58).

Tabla 7-58 Perfil profesionales

GRUPO BIOLÓGICO	FORMACIÓN ACADÉMICA	EXPERIENCIA ESPECÍFICA
Anfibios y reptiles	Profesional en biología, ecología o licenciado en biología	Experiencia en el estudio de anfibios y reptiles incluyendo: Taxonomía, montaje de trampas, captura, manipulación de ofidios, identificación en campo, sacrificio y preservación de especímenes, análisis de datos y elaboración de informes. Experiencia en técnicas de ahuyentamiento, rescate, traslado y reubicación de anfibios y reptiles.
Aves	Profesional en biología, ecología o licenciado en biología	Experiencia en el estudio de aves incluyendo: Taxonomía, montaje de redes de niebla, identificación en campo, captura y manipulación de aves, sacrificio y preservación de especímenes, análisis de datos y elaboración de informes. Experiencia en técnicas de ahuyentamiento, rescate, traslado y reubicación de aves.
Mamíferos	Profesional en biología, ecología o licenciado en biología	Experiencia en el estudio de mamíferos (Pequeños, medianos y grandes como voladores) incluyendo: Taxonomía, montaje de trampas y redes de niebla, captura, manipulación, identificación en campo, sacrificio y preservación de especímenes, análisis de datos y elaboración de informes.
Anfibios, reptiles, aves y mamíferos	Médico veterinario o zootecnista	Experiencia de (1) año en valoración, manipulación y tratamiento de fauna silvestre.
Hidrobiota	Profesional en biología, ecología o licenciado en biología	Experiencia en caracterización de fitoplancton, zooplancton, bentos, macroinvertebrados asociados a macrófitas, perifiton, macrófitas para estudios ambientales. Experiencia en manejo de técnicas y equipos de colecta, manipulación, identificación, sacrificio y preservación hidrobiológica. Manejo de análisis de datos y elaboración de informes respectivos.
Flora arbórea	Ingeniero Forestal	Experiencia en el estudio de flora incluyendo: Taxonomía, montaje de parcelas, colecta de datos en campo, identificación en campo, preservación de muestras, análisis de datos y elaboración de informes.
Epífitas vasculares	Profesional en biología, ecología, ingeniería forestal o licenciado en biología	Experiencia en el estudio de epífitas vasculares y no vasculares incluyendo: Taxonomía, montaje de parcelas, colecta de datos en campo, identificación en campo, preservación de muestras, análisis de datos y elaboración de informes. Experiencia en métodos de rescate, traslado y reubicación de flora de hábito epífita, terrestre y/o rupícola.

(Ingenostrum Colombia, 2021)

7.7 EMISIONES ATMOSFERICAS

7.7.1 Estimación de la emisión atmosférica de fuentes del proyecto

El proyecto PARQUE SOLAR FOTOVOLTAICO GUAYEPO 200 MW, SU LÍNEA DE EVACUACIÓN 500KW, no implica emisiones atmosféricas, teniendo en cuenta que, de acuerdo con las modelaciones tanto para el área del Parque Solar como para el área de la Línea de evacuación, con las medidas de control **NO** se sobrepasan los límites permisibles en la Resolución 2254 de 2017. Para PM10 los valores alcanzan como máximo en un solo punto anual dentro del área del parque **62,4 ug/m3**. Asimismo, el PM2.5 anual es de **12,9 ug/m3**, siendo el límite de 25 ug/m3, lo que supone una NO afectación a los receptores sensibles. Es importante aclarar que la máxima concentración se encontraría al interior del área de proyecto y no implicaría afectaciones a las comunidades aledañas. Se puede consultar con más detalle, los resultados de las modelaciones en el capítulo **5.1.9 Caracterización del medio abiótico Atmosfera**.

7.7.2 Modelación de dispersión de contaminantes atmosféricos

Teniendo en cuenta la modelación realizada y presentada en el capítulo 5.1 Caracterización del medio abiótico, en el numeral 5.1.9.5 Modelación matemática de calidad de aire, se puede concluir que para el área del Parque Solar y la línea de evacuación los valores obtenidos de acuerdo con la modelación no exceden el límite permisible para el parámetro PM₁₀ anual, por lo tanto, NO es necesario solicitar a la Autoridad Ambiental, el permiso de emisiones atmosféricas.

7.7.3 Fuentes de generación de Ruido

Con respecto a las emisiones de ruido, se determinó el estado de los niveles de presión sonora respecto a los límites permisibles según la Resolución 627 de 2006. La metodología más a detalle que se empleó en las campañas de monitoreo

se puede observar en el capítulo 5.1 Caracterización del Medio Abiótico numeral 5.1.9.4 Monitoreo de Ruido con su respectiva descripción. Durante estas campañas se obtuvo que, de los 6 puntos solo los puntos RA-1, RA-2 y RA-4 cumplieron con el límite en la jornada diurna ordinaria, los puntos RA-1 y RA-4 cumplieron solo para el horario diurno dominical, con respecto a la jornada nocturna ordinaria y dominical.

7.7.3.1 Inventario de Fuentes potenciales y receptoras

Los factores predominantes en los puntos de medición fueron:

- Paso de vehículos en cercanías al punto de medición
- Señales sonoras provenientes de vehículos
- Ruido natural
- Ruido de Zona Habitada

Es importante tener en cuenta que la normativa define los límites máximos permisibles con base a una clasificación de sectores y subsectores que lo componen, los cuales se estructuran dependiendo del uso del suelo predominante en la zona de ejecución de las mediciones, específicamente en este caso para el monitoreo y análisis de ruido ambiental para la construcción del proyecto PARQUE FOTOVOLTAICO GUAYEPO III 200 MW Y SU LÍNEA DE EVACUACIÓN DE 500KV. Ubicado en el departamento del Atlántico, la ficha de manejo en donde se encuentra la información sobre el manejo de emisiones atmosféricas: aire y ruido corresponde a GIII-PMA-AB-07.

7.7.3.2 Modelo de Ruido

Para un escenario de línea base se obtuvo que las proyecciones de ruido teniendo en cuenta condiciones de fondo medidas en campo, sugieren niveles de presión sonora cercanos a 24,8 dB(A), en los periodos evaluados. Esta condición de ruido es típica de la zona de estudio, pudiendo en otras locaciones no monitoreadas

estar por encima de los valores normativos establecidos por la Res. 627 de 2006 MAVDT (actual MADS).

Para el escenario constructivo con medidas de control, Se determina que el nivel de presión sonora máximo esperado aportado de 79 dB(A) dentro de la zona intervenida, mientras que en el límite del polígono se esperan valores por debajo de 60 dB(A). De acuerdo con los resultados del modelo, se esperan tener niveles de presión sonora cercanos a los niveles típicos medios establecidos en campaña de monitoreo fuera del predio de intervención (62,2 dB(A) para periodo diurno y 64,0 dB(A) para periodo nocturno, siendo estos los valores medios determinados mediante campaña de monitoreo en campo como típicos de la zona de estudio, acogiendo el Parágrafo 2 de la Tabla 2 de la Resolución 627 de 2006 MAVDT) a una distancia no mayor a 100 metros respecto al límite del polígono de intervención.

Y finalmente para el escenario constructivo sin medidas de control, Se determina que el nivel de presión sonora máximo esperado aportado de 81 dB(A) dentro de la zona intervenida, mientras que en el límite del polígono se esperan valores por debajo de 70 dB(A). De acuerdo con los resultados del modelo, se esperan tener niveles de presión sonora cercanos a los niveles típicos medios establecidos en campaña de monitoreo fuera del predio de intervención. Para más detalle sobre la modelación de ruido consultar capítulo 5.1 Caracterización del medio abiótico, numeral 5.1.9.6 Modelación Matemática de Ruido.

7.8 MATERIALES DE CONSTRUCCION

El proyecto PARQUE SOLAR FOTOVOLTAICO GUAYEPO 200 MW, SU LÍNEA DE EVACUACIÓN 500kV, requiere de material pétreo para adecuación y construcción de corredores viales, así como en la nivelación de los terrenos, sin embargo, este material será suministrado por terceros certificados, por lo cual no se hace necesario realizar explotación las fuentes naturales en el área de influencia. Así mismo, a modo de resumen se incluye las siguientes tablas (Tabla 7-59 a Tabla 7-61), con los insumos a utilizar durante la fase de construcción, como concreto, agregados pétreos y agua. En la ficha de manejo ambiental GIII-PMA-AB-02 “Manejo materiales y manejo de residuos de construcción y demolición RCD, y Zona de disposición final -ZODME” se encuentra información más a detalle del manejo de los materiales de construcción del proyecto.

Tabla 7-59 Volumen De Agregados Para Adecuación Y Construcción

TABLA RESUMEN MATERIALES PETREOS	
DESCRIPCIÓN	VOLUMEN (m ³)
Adecuación Accesos + Servidumbre	1.721
Corredores Internos Parque + Carriles cambio de velocidad	40.423
Zanjas	12.204
Otras estructuras (CT, SE)	906
Total	55.254

Ingenostrum Colombia S.A.S. 2021

Tabla 7-60 Volumen De Concreto Para Cimentación De Estructuras

CIMENTACION	AREA (m ²)	CANTIDAD	CONCRETO (m ³)
Plataforma Skid Inversor	37,3	32	239
Torres	Suspensión	9	142
	Angulo	10	649
Instalaciones Operación y Mantenimiento - O&M	Edificio O&M	1	68
	Bodegas O&M	2	168
Estructuras Subestación Elevadora El Uvero	Zona De Control Y Oficinas	1	134
	Patio De Estructuras	1	216
	Camino	1	306
TOTAL			1922

Ingenostrum Colombia S.A.S. 2021

Tabla 7-61 Estimación consumo de agua

FASE	USO	CANTIDAD	DOTACIÓN	m³/Día	m³/Mes	VOLUMEN TOTAL (m³)
Constructiva	Consumo humano en Campamento y frentes de trabajo	310 personas	140L/Hab*Día	44,24	1.327	-
	Riego en vías para control de partículas en suspensión	106.951m²	1,0L/m²	106,957	-	-
	Riego para rellenos	178.891m³	30L/m³	-	-	5.366,73
Operativa	Consumo humano en Campamento y frentes de trabajo	22 personas	140L/Hab*Día	3,08	92,40	-
	Riego en vías para control de partículas en suspensión	95.480m²	1,0L/m²	95,48	-	-
	Limpieza de Paneles		2250L/MW		202,5	

Ingenostrum Colombia S.A.S. 2021

Mediante el radicado 000197 expedido por la CRA el día 30 de abril del 2020, se obtiene el listado de empresas autorizadas para adquirir materiales pétreos y empresas que transportan agua en carrotanque. Para ver esta información a detalle Ver Anexo 2. Metodología/ 2.1 Comunicación con Entidades/ Consultas Entidades territoriales 2021/ 2.1.2.8 CRA. Así mismo, en la Tabla 7-62 y Figura 7-67 , se puede observar la lista enviada por la CRA de las Canteras autorizadas.

Tabla 7-62 Canteras autorizadas por la CRA

Empresa	Dirección de Notificación	Localización de la cantera	Municipio	Licencia o Aprobación de P.M.A.	Titulo Minero o Contrato de Concesión	Coordenadas	
						Este	Norte
Ricardo Muñoz	Carrera 42E N° 80-49 Barranquilla	6Km del Corregimiento del Vaiven en la vía que conduce a Santa veronica.	Juan de Acosta	Se establecio un plan de Manejo Ambiental, mediante 0000710 del 30 de octubre del 2008, por 30 años, desde 13 de Noviembre del 2003	Contrato de Concesión No. 20871, otorgado mediante resolución 701395 de 19 de Nov de 1996, Registrado el 17 de Dic.2003, contrato de concesión HIM N° 09301 del 26 de Agosto de 2009, registrado 25 sept. 2009	4774149,37	2760534,26
Alfagres S.A.	Avenida caracas N° 35-55, Bogota D.C.	Predio el chuval en la vereda Bajo San Luis, Municipio de Tubará	Tubará	Mediante Resolucion No. 000262 del 5 de septiembre de 2006, se otorgó Licencia Ambiental. Posteriormente, Mediante Resolucion No. 000658 del 7 de octubre de 2008, se modificó Licencia Ambiental, en sentido de ampliar el área de explotación y otorgar permi	Contrato de Concesión No. GF8-102 otorgado mediante resolución N° 21 de Abril de 2006	4780999,47	2762449,06
Cantera El Pavilo/C.E.C.G. Ingeniería y Servicios Técnicos Ltda	Carrera 21B N° 44-41	Kilometro 76, Margen derecha de la carretera la cordialidad	Luruaco	Resolución N° 0000686 del 29 de Octubre de 2008. Posteriormente mediante Resolucion No 00419 del 04 de Julio de 2012 se aprobó actualización del PMA	Mediante Resolución N° 701405 del 29 de Noviembre del 1995, se otorgo licencia N° 19931 para la exploración Resolución 024 del 24 de Noviembre del 2000 por un termino de 10 años	4769278,41	2732645,99
CT & Cia LTDA, ahora CANTERAS DE COLOMBIA	Calle 98 con carrera 65 esquina	Kilometro 53, via la cordialidad, corregimiento de Arroyo de Piedras, Municipio de Luauraco	Luruaco	Se renovó un Plan de manejo Ambiental y se otorgó permiso de emisiones atmosféricas a través de la resolución N° 000128 del 04 de Mayo del 2006, se modifico el PMA, en el sentido de utilizar explosivos mediante la resolución 1004 de 2010.	Mediante Resolución N° 002031 del 10 de diciembre del 1986 se otorgo el contrato de concesión N° 10429, inscrito el 11 de Oct. de 1990 concesión de 580,8 Ha	4770719,87	2734494,54
Pavimento universal S.A. EQUIPO UNIVERSAL S.A.	Via la cordialidad a 300 metros de la Circunvalar	Kilometro 54, via la crdialidad, en el corregimiento de Arroyo de piedra, Margen derecha en el sentido Norte-sur	Luruaco	se estableció un Plan de Manejo Ambiental a traves de la resolución N° 000298 del 16 de septiembre de 2003	Contrato de concesión 10429. subcontrato de concesión celebrado entre CT & CIA Ltda. Y Equipos Universal	4770545,42	2734424,28
Cemex concretos de Colombia SA. Mina san jorge	crr 7a # 72-64 ofc 202 centro comercial el castillo Bogotá	corregimiento Rotinet de municipio Repelon Km 7 via Luruaco Repelon.	Repelon	PMA por res: 000363 de 22 dic 2007	Titulo Minero N° 15823 otorgado mediante Resolución 51216 de 18/08/1992	4773003,71	2724486,95

Empresa	Dirección de Notificación	Localización de la cantera	Municipio	Licencia o Aprobación de P.M.A.	Titulo Minero o Contrato de Concesión	Coordenadas	
						Este	Norte
Fortaleza Ltda	Cra 64 d # 84- 134 B/ quilla	frente la intersección de la carretera la cordialidad con la via que conduce al corregimiento de rotinet	luruaco	Mediante Resolución N° 205 del 6 de julio de 2006, se otorga Licencia Ambiental. Permiso de emisiones atmosféricas, concesión de aguas, vertimientos líquidos, aprovechamiento forestal unico.	Contrato de Concesión Minera DSM # 19503 de 2006, INGEOMINAS, concesionero por 10 años	4768355,47	2730569,21
Ingecost S.A., Arroyo de Piedras	Carrera 53 N° 80-284 Local 29, Centro comercial Aranjuez	Kilometro 56, Via la cordialidad, Corregimiento de Arroyo de Piedras, Municipio de Luruaco	Luruaco	contrato de concesión Minera N° 10429. subcontrato de concesión celebrado entre C.T. & Cia Ltda e Ingecost	se estableció un Plan de Manejo ambiental y se otorga permiso de emisiones atmosféricas a través de resolución N° 000359 del 11 de Diciembre de 2006	4770001,68	2732942,34
Ingecost S.A., Arroyo Ronco - Pendales	Carrera 53 N° 80-284 Local 29, Centro comercial Aranjuez	Kilometro 40 Via que conduce de cartagena a Barranquilla, a proximadamente 11 Km del Municipio de Luruaco en los Limites con Bolivar, corregimiento de Pendales	Luruaco	Se otorga Licencia Ambiental mediante Res. 000330 del 02 de noviembre del 2006 por el termino de duración de la actividad	Contrato de concesión GEP 132, de Noviembre 16 del 2005 hasta Noviembre 15 del 2035	4757415,62	2732975,76
Cantera Valorcon	Carrera 64D N° 86-134 Barranquilla	Kilometro 58, en el corregimiento de Arroyo de Piedra, Municipio de Luruaco	Luruaco	Se aprobo un Plan de Manjo Ambiental Mediante resolución 0093 del 13 de Diciembre del 1995	Esta cantera se ubica dentro del contrato de concesión de la empresa CT & Cia. Bajo el N° 10429, pero no reposa en el expediente el subcontrato	4769973,74	2732853,16
Cantera Luis E Barrera & asociados.	Cra 51b # 82- 254 B/quilla	2 Km aproximadamente luego de la ye (Y) de los chinos en la via B/quilla Puerto Colombia	Puertocolombia	Esata en proceso de legalización por minería de hecho	reg. Minero 9334A	4794010,33	2775540,01
Cantera Nisperal /Cementos Argos	Planta Caribe Via la Flores	Km 16 via al mar zona urbana de Puerto Colombia	Puerto Colombia	Resolución N° 228 del 19 de Marzo de 1996, emanada por el Ministerio de Ambiente, donde se impone un PMA	Contrato de concesión Minera N° 02952	4787765,28	2775175,51
Cantera Loma China / Cementos Argos	Planta Caribe Via la Flores	autopista que conduce de barranquilla puertocolombia a la altura del Km 8 en la margen izquierda antes de la ye de los chinos (cruce a salgar)	Puerto Colombia	Plan de Manejo Ambiental otorgado por el ministerio de medio ambiente por resolución n°228 de 19 marzo de 1996	Titulo minero N° 02952 Reg. Minero DIHC -01 de 07/09/1990	4791081,89	2774527,78
CANTERA EL TRIUNFO / CEMENTOS ARGOS	via 40 las flores planta caribe de Cenetos Argos SA	Km 7 via a Puerto Colombia entrada despues de la urbanizacion la playa	Puerto Colombia	Esta cantera se encuentra en proceso de cierre (licenciada por el Ministerio)	contrato de concesión n° 20311	4787313,32	2774558,65

Empresa	Dirección de Notificación	Localización de la cantera	Municipio	Licencia o Aprobación de P.M.A.	Titulo Minero o Contrato de Concesión	Coordenadas	
						Este	Norte
ELVIRA REALES RAMOS	cll 38 nº 45- 48 ofic 103 edif. Escolar	predio el páramo municipio de Puerto Colombia	Puerto Colombia	Licencia Ambiental por Resolución Nº 00200 de 25 Junio de 2007 y aprovechamiento forestal	Contrato de Concesión de MINERCOL Nº EEC- 161 del 22 de Diciembre del año 2003	4786982,61	2773951,86
CANTERA MUNARRIZ	51B # 85-74 local 211	Km 9 via perto colombia ò de 5 a 6 Km despues del peaje	Puerto Colombia	P.M.A por resolucion 0171 de 11 may 1995 Licencia Ambiental Según Resolución Nº 000312 de 01/10/2003. MEDIDA PREVE SUSP ACTV (RES 541/2014)	Contrato de concesión # 21087 protocolizado mediante Resolución Nº700930 de 15/07/1998 Registro minero GFQE 01 de 29 ene 2003 por 30 años	4789141,70	2775077,00
LINDA CARVAJALINO		KM 5 Via puerto colombia	Puerto Colombia	PMA RES 00484 del 28 de Agosto de 2013, por medio del cual se aprueba PMA y se otorga permiso de Aprovechamiento forestal	Placa de Legalización de Minería NH6-11131- predio Puerto Rico	4789778,24	2775283,83
CANTERA SAN JUAN DE DIOS I / CEMENTOS ARGOS S.A.	Cll 76# 54-11 ofc. 907 B/quilla	finca San Juan de Dios	Puerto Colombia	Se otorgo Licencia Ambiental mediante Resolución Nº 00040 de 14 de enero de 2005	Mediante Resolución Nº 701437 de 12/09/1997, se otorgo concesion minera con registro 21539 y se registro bajo el numero GHMH-01, expedida por MINERCOL, posteriormente se cedieron derechos el 12 marzo de 2003 a CONCRECEM y se protocolizo con el Reg. Mine	4786901,90	2774227,58
LADRILLERA S.A.	Cll 8 # 11-58 Juan Mina	Via Juan Mina Km 7 margen derecha despues de la estacion de policia del sector de Villa Iris	Puerto Colombia	Licencia Ambiental por medio de resolucion # 00000308 de 9 de junio de 2008	Titulo de concesion de mediana minería Nº 19812 otorgado mediante Resolución Nº 700253 de 15/02/96, por 30 años y mediante Resolución Nº GTRV0031 de 14/12/2007, se hace una cesión de derechos y se toman otras decisiones. ACTUALMENTE MEDIDA PREVE SUSP ACTV NO PERMISO EMISIONES RES de 2017	4790373,51	2767122,83
ISABEL CRISTINA GIOVANETTY	Villa Campestre Conjunto Residencial Ocho Rios	Predio Casa Blanca	Puerto Colombia	Licencia Ambiental Resolución No 00775 del 26 de Octubre de 2012	Contrato de Conseción minera KK6-14461	4786729,72	2774229,16
Transportes, Agregados y Maquinaria TAM., Cantera Maná	Avenida Pedro de Heredia Nº 54-145 (Bomba El Amparo) - Cartagena Bolivar	Vía que conduce del Municipio de Luruaco al Municipio de Repelon, a aproximadamente a 11 Km de la cordialidad, en el corregimiento de Rotinet, municipio de Repalon, margen derecha.	REPELON	Res. 000172 del 25 de Junio del 2002, se renueva la Licencia Ambiental por un termino de 30 años	Contrato de Concesión Nº 19762, celebrado entre Minercol y La Empresa Transportes, Maquinaria y Agregados Tam, mediante radicado Nº 008406 del 2009, Ingeominas de la regional Valledupar hace llegar copia del contrato de concesión IKE-15251X, celebrado en	4772022,13	2727187,07

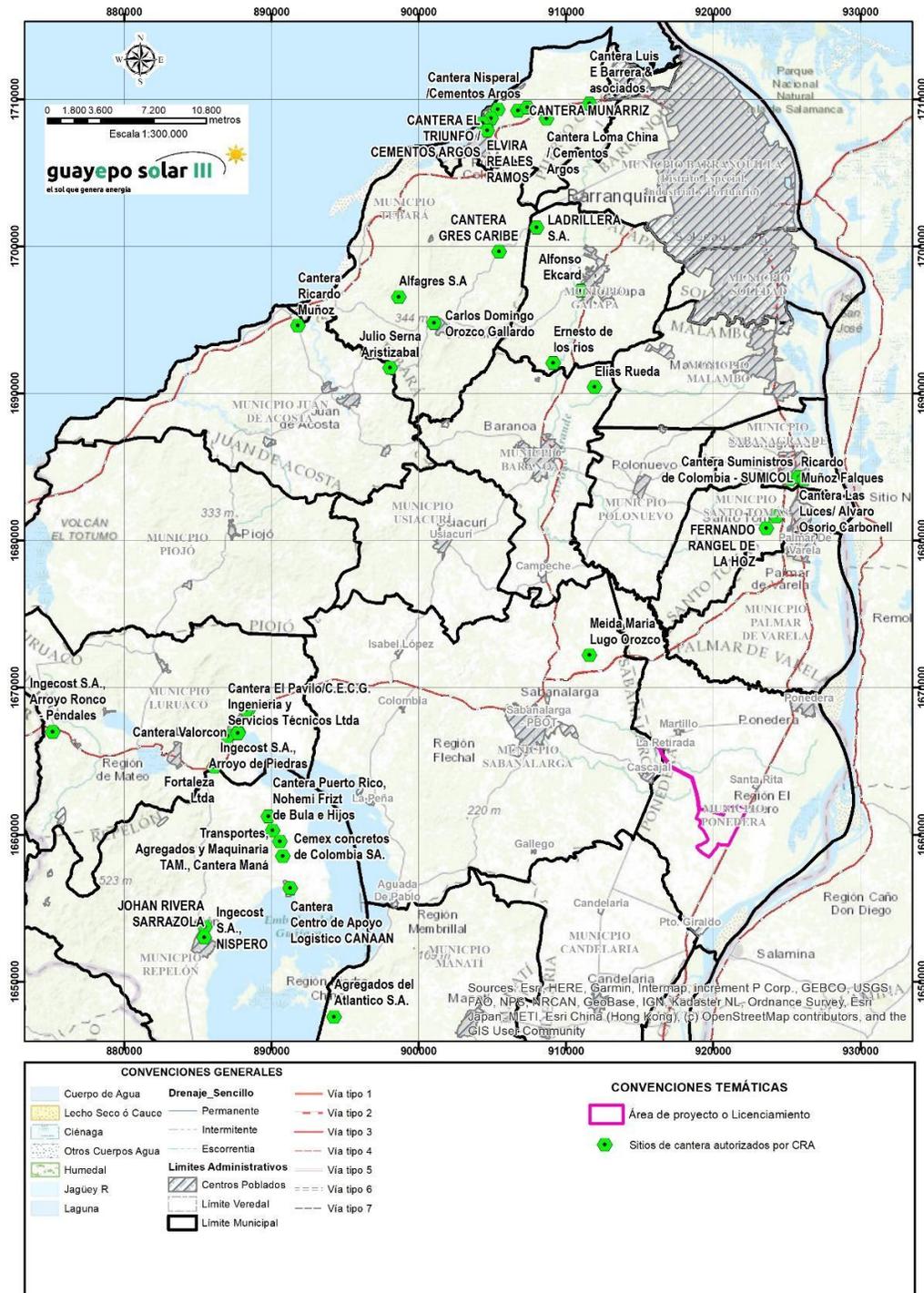
Empresa	Dirección de Notificación	Localización de la cantera	Municipio	Licencia o Aprobación de P.M.A.	Titulo Minero o Contrato de Concesión	Coordenadas	
						Este	Norte
Cantera Puerto Rico, Nohemi Frizt de Bula e Hijos	Carrera 43 N° 90-44, Barranquilla.	Vía que conduce del Municipio de Luruaco al Municipio de Repelon, a aproximadamente a 4 Km de la cordialidad, en el corregimiento de Rotinet, municipio de Repalon, margen derecha.	REPELON	Proceso de legalización de Minería de Hecho	No cuenta con título minero, esta en proceso de legalización por minería de hecho PLACA EI3-131	4772317,84	2726218,75
Ingecost S.A., NISPERO	Carrera 53 N° 80-284 Local 29, Centro comercial Aranjuez	Camino viejo a Repelon,	REPELON	Resolución N° 000185 del 21 de Junio del 2006	licencia de explotacion n° 18799	4767702,37	2719682,16
Cantera el sahino	Cra 58 # 90-18 Apt 402 B/quilla	en el corregimiento de rotinet via Luruaco - Repelon.	Repelon	Titulo Minero# 16069	mediante registro 5-3109	4772807,16	2725473,12
Cantera Centro de Apoyo Logistico CANAAN	Vía Mamonal kilometro 4 Dirección del apoderado: Tr 41D1 N° 41E-96	A aproximadamente 2,5 Kilometros del Corregimiento de Rotinet, frente a la hacienda El Guajaro, en el Municipio de Repelon	Repelon	se otorga Licencia Ambiental mediante Resolución N° 0000596 del 30 de septiembre del 2008, en un área de 10Ha. Con 4579 m2, por la vida util del proyecto.	Contrato de Concesión N° HD3-091 por 28 años	4773492,73	2722313,06
JOHAN RIVERA SARRAZOLA	Cartagena de Indias Barrio Bosque de la Circunvalar, lote B1, carretera la variante, (frente al centro de acopio Maná)	finca San Vicente, zona Nororiental del Municipio de Repelón	Repelon	Resolución N° 000639 del 05 de Agosto 2010	CONTRATO DE CONCECIÓN KIT 14461	4767640,63	2718977,72
Ricardo Muñoz Falques	Carrera 62 N° 64-125 Apto 5B, Barranquilla.	A 2 Km al noroccidente de la cabecera municipal de Sabanagrande (Atlántico), del perímetro urbano de este Municipio, por el vivero Mi casita	SABANAGRANDE	Resolución N° 00015 del 2010, se otorga Licencia ambiental.	Titulo Minero FCG-111	4807505,66	2749947,97
Cantera Las Luces/ Alvaro Osorio Carbonell	Vía 40 N° 67-116, Bodega 5, Barranquilla	Ubicada en la salida del Municipio de Sabanagrande - vía Santo Tomas, margen derecha al lado de la hacienda Las Luces (UBICADO AL LADO NORTE DEL PUENTE LOCALIZADO EN LA VIA QUE VA DE SANTO TOMAS A POLO NUEVO EN FRENTE DE	SABANAGRANDE	Resolucion No 00937 - Establece Plan de Manejo Ambiental	Placa EDA-102 Ingeominas	4808148,04	2750123,57

Empresa	Dirección de Notificación	Localización de la cantera	Municipio	Licencia o Aprobación de P.M.A.	Titulo Minero o Contrato de Concesión	Coordenadas	
						Este	Norte
		LA FINCA SANTA ELENA POR DONDE PASA LA QUEBRADA)					
Cantera Suministros de Colombia - SUMICOL	Carrera 48 N° 72 sur-01, Avenida las vegas, Sabaneta, Antioquia	Occidente del Municipio de Sabanagrande, por el camino a la montaña.	SABANAGRANDE	Mediante Resolución N° 0000694 del 30 de octubre del 2008, se otorga una Licencia Ambiental, en un área de 45 Ha. Con 7762m2 en el municipio de Sabanagrande, por un termino de 22 años.	Contrato de concesión Minera FLD-157 ubicada en los municipios de Sabanagrande, Santo Tomas y Polonuevo	4808483,82	2749948,39
RAUL LOPEZ CAMACHO	CALLE 79 N° 14-59 Apto 5, Bogotá DC	Vía que conduce de Sabanalarga a Manatí, en el kilometro 13 se desvía por el camino que conduce al mirador	Sabanalarga	Resolución N° 000622 del 02 de Agosto de 2010 / RESOLUCIÓN No.00636 del 13/09/2016 - SUSP ACTIV POR NO CONTAR CON PERMISOS AMB VIGENTES	EKQ-091	4724964,84	2479681,24
FERNANDO RANGEL DE LA HOZ	Cr 38 n° 110-75 B/quilla	Vía Santo Tomas - Polo Nuevo entrando por trocha ubicada 500mt margen izquierda.	Santo Tomas	Resolución 00755 del 03 de Diciembre de 2008, pro medio del cual se establece como obligatorio un PMA	contrato e concesión GGM -121	4805897,00	2746653,99
INGRES LTDA. / GONZALO MEDINA GALLO	Cr 38 n° 110- 75 barrio pradera B/quilla.	Vía Santo Tomas - Polo Nuevo entrando por trocha ubicada 700mt margen izquierda.	Santo Tomas	licencia ambiental otorgada por la C.R.A mediante resolución 0000274 de 8 agosto e 2007 / RESOLUCION No.00710 DEL 18 /10/2016 (MEDIDA PREVENTIVA SUSP ACTIV POR NO CONTAR CON MEDIDAS DE CONTENCIÓN COORD 10°44'55,11"-74°46'55,57"	GER- 122 de noviembre 27 de 2006	4806588,68	2747454,74
CANTERA GRES CARIBE	Carrera 43B N° 75B - 187 Of 37-38, Barranquilla	Vía que conduce al Municipio de Tubará a aproximadamente a 5 kilómetros del corregimiento de cuatro bocas	Tubará	Resolución N° 00588 del 05 de Octubre del 2008, por medio del cual se otorga una Licencia Ambiental	Contrato de concesión Minera FL3-082	4787827,21	2765497,31
Alfonso Ekcand		Via que conduce a Galapa	Galapa	Resolución No 00938 de 2011 (PMA)	Placa FKT-13E INGEOMINAS	4793377,79	2762837,05
Luis Alfonso Ramos		Corregimiento Arroyo de Piedra	Luruaco	Resolución No 0071 del 25 de febrero de 2013 (PMA)	KH5-14011	4734658,43	2730815,85

Empresa	Dirección de Notificación	Localización de la cantera	Municipio	Licencia o Aprobación de P.M.A.	Titulo Minero o Contrato de Concesión	Coordenadas	
						Este	Norte
Yesenia Wehedeking JP & CIA S.A		Puerto Colombia		Resolución 483 del 26 de Agosto de 2013	TITULO MINERO GIT -081	4787049,20	2773728,22
Carlos Domingo Orozco Gallardo		Tubara	Tubará	Resolución No 005 del 02/01/2014	titulo Minero JAE-08441	4783386,21	2760670,45
Julio Serna Aristizabal	Calle 85 N°48-01 B.129, Itagui (Antioquia)	Predio La Fontana, ubicada en el sector de Playa Mendoza, entre los Municipios de Tubará y Juan de Acosta, en las coordenadas N10°52'45,79" – W75°02'17,24"	Tubará	Resolución No.00379 del 01/07/2015	KDD-15261	4780408,08	2757639,16
Vicente Caiaffa Rivas	Carrera 64 No. 94 – 39, Casa No. 1. B/quilla	Puerto Colombia y Área Rural de B/quilla	Puerto Colombia	Resolución No.00685 del 13/10/2015	IDQ-08091	4794286,48	2756281,98
Nora Carvajalino de Saade	Carrera 52 B # 100-240, casa 15. B/quilla	Puerto Colombia	Puerto Colombia	Resolución No.00922 del 30 de diciembre de 2015 (PMA)	ODO-11231	4791475,48	2757918,54
ELIAS RUEDA	Calle 81 No 38 – 45 Casa 17– Barranquilla.	Baranoa	Baranoa	Resolución 00271 de 24 de mayo de 2013	OE7-15411	4794286,48	2756281,98
Ernesto de los Rios	Calle 92 No 71 A - 90 Apto 702 A	Baranoa	Baranoa	Resolución 00449 de 13 de agosto de 2013	NH8-10481	4791475,48	2757918,54
MEIDA MARIA LUGO OROZCO - ELIAS RUEDA	Calle 81 # 38 – 45 casa 7, Barranquilla	Sabanalarga	Sabanalarga	Resolución No 000303 de 2013	OE9-16391	4793865,48	2738073,51

CRA,2021.

Figura 7-67 Ubicación de las canteras autorizadas por la CRA



Ingenostrum Colombia S.A.S. 2021

7.9 BIBLIOGRAFÍA

Chow, V. T., 1994. *Hidrología Aplicada*. Bogotá: Mc Graw Hill.

Ingenostrum, 2020. *ESTUDIO DE INUNDACIÓN ARROYO GUAYEPO PARA INSTALACIÓN PLANTA FOTOVOLTAICA EN EL MUNICIPIO DE PONEDERA. ATLANTICO. COLOMBIA*. Sevilla: s.n.

Ministerio del Medio Ambiente, 2012. *Guías Técnicas para la ordenación y manejo sostenible de bosques naturales*. Bogotá: s.n.