

--	--	--	--	--	--	--

A0	29/08/2017	CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO	Juan Manuel Martínez	Gabriel Martínez	Primera Emisión	A
Rev	Fecha	Elaborado por nombre/firma	Revisado por nombre/firma	Aceptado por nombre/firma	Descripción	Estado



**PROYECTO
“CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE LA LÍNEA DE TRANSMISIÓN A 230 KV LA
REFORMA - SAN FERNANDO”**

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

CAPÍTULO 1. GENERALIDADES



ESCALA	FORMATO	CÓDIGO EEB	CÓDIGO CONTRATISTA	HOJA	REV
SIN	Carta	EEB-SFDO-CT100614-L000-EST1000	AG-2780	1 de 319	A0

ÍNDICE

	Pág.
1 Generalidades.....	11
1.1 Introducción.....	11
1.1.1 Tipo de proyecto.....	12
1.1.2 Localización del proyecto	12
1.1.3 Justificación del proyecto.....	14
1.1.4 Construcción y operación	15
1.1.5 Recolección y procesamiento de información.....	22
1.2 Objetivos	26
1.2.1 Objetivo general	26
1.2.2 Objetivos específicos.....	26
1.3 Antecedentes	27
1.3.1 Estudios e investigaciones previas	30
1.3.2 Trámites anteriores ante autoridades competentes	36
1.3.3 Marco normativo.....	36
1.3.4 Áreas de manejo especial y comunidades étnicas.....	46
1.4 Alcances	47
1.5 Metodología	48
1.5.1 Infraestructura existente	48
1.5.2 Geología.....	50
1.5.3 Amenazas naturales.....	56
1.5.4 Geomorfología.....	60
1.5.5 Suelos	64
1.5.6 Hidrología	77
1.5.7 Usos del agua	91
1.5.8 Calidad de agua superficial	94
1.5.9 Hidrogeología	104
1.5.10 Geotecnia	111
1.5.11 Clima	114
1.5.12 Calidad de Aire	120
1.5.13 Ruido	136
1.6 Caracterización del Medio Biótico	157
1.6.1 Flora.....	157
1.6.2 Epifitas	174
1.6.3 Servicios ecosistémicos.....	184
1.6.4 Fauna terrestre	190

1.6.5	Ecosistemas acuáticos	237
1.7	Medio socioeconómico	257
1.7.1	Socioeconómico	257
1.7.2	Componente Arqueológico	266
1.7.3	Paisaje	288
1.7.4	Demanda, Uso y aprovechamiento y/o afectación de recursos naturales ...	304
1.7.5	Evaluación de impactos.....	307
1.7.6	Amenazas naturales.....	309
1.7.7	Plan de Contingencia	311
1.7.8	Análisis de riesgos.....	312
1.8	Cronograma de actividades para la elaboración del EIA	316
1.9	Equipo de trabajo	317
1.10	Deficiencias y limitantes para la realización del estudio.....	318
1.10.1	Limitaciones de acceso a predios	318

LISTA DE ILUSTRACIONES

	Pág.
Imagen 1-1	Unidades territoriales que intercepta el proyecto..... 13
Imagen 1-2	Superposición línea de transmisión y proyectos lineales existentes en el área del proyecto..... 33
Imagen 1-3	Superposición línea de transmisión y bloques de hidrocarburos existentes en el área del proyecto..... 34
Imagen 1-4	Superposición línea de transmisión y proyectos mineros existentes en el área del proyecto..... 35
Imagen 1-5	Esquema jerárquico para la caracterización del medio físico 50
Imagen 1-6	Localización de las estaciones de control en el área del proyecto..... 55
Imagen 1-7	Metodología para la delimitación de la franja de inundación en el área de influencia del proyecto..... 59
Imagen 1-8	Esquema de jerarquización geomorfológico..... 62
Imagen 1-9	Localización de las calicatas realizadas en el AI del proyecto 70
Imagen 1-10	Vista de la sección transversal de un río 80
Imagen 1-11	Localización de las estaciones meteorológicas IDEAM cercanas al área del proyecto 87
Imagen 1-12	Formato encuesta Usos y Usuarios 93
Imagen 1-13	Localización de las estaciones de monitoreo de fisicoquímicos 95
Imagen 1-14	Actividades de la etapa de preparación..... 100
Imagen 1-15	Metodología GOD 111
Imagen 1-16	Esquema metodológico para la determinación de la estabilidad geotécnica del Área de Influencia 112
Imagen 1-17	Ubicación de las estaciones de monitoreo de calidad del aire en el área de influencia del proyecto, mayo - junio 2016..... 131
Imagen 1-18	Esquema de ubicación de las estaciones de monitoreo de ruido ambiental 138
Imagen 1-19	Esquema general de la propagación del ruido 139
Imagen 1-20	Localización específica de las estaciones de monitoreo de ruido ambiental en el área de influencia del proyecto, mayo - junio 2016..... 151
Imagen 1-21	Ubicación de parcelase en el área del proyecto 161
Imagen 1-22	Criterios para medición del DAP (diámetro a la altura del pecho)..... 164
Imagen 1-23	Representación gráfica de las clases de altura 165
Imagen 1-24	Diagrama de dispersión de Ogawa 167
Imagen 1-25	Estratificación del forófito 181
Imagen 1-26	Encuesta aplicada para la identificación evaluación de los servicios ecosistémicos 186
Imagen 1-27	Zonas de vida de Holdridge en las áreas de influencia directa e indirecta 196

Imagen 1-28	Localización de recorridos y muestreos de búsqueda y observación para registrar la herpetofauna (anfibios y reptiles) en el área de influencia directa del proyecto.	208
Imagen 1-29	Localización de recorridos y muestreos para la búsqueda y observación de aves en el área de influencia directa del proyecto.	215
Imagen 1-30	Localización de recorridos y muestreos de búsqueda y observación para el registro de mamíferos medianos y grandes en el área de influencia directa del proyecto.	225
Imagen 1-31	Localización de los sitios de muestreo en el área del proyecto	238
Imagen 1-32	Actividades de la etapa de campo.....	244
Imagen 1-33	Actividades etapa de laboratorio.	250
Imagen 1-34	Actividades de la etapa de gabinete de comunidades hidrobiológicas. ...	255
Imagen 1-35	Ficha para registro de información de los pozos de sondeo.....	270
Imagen 1-36	Localización cuencas visuales	292
Imagen 1-37	Representación de un plano visual	302
Imagen 1-38	Cronograma actividades componentes EIA del proyecto “Construcción y operación de la línea de transmisión a 230 kV La Reforma – San Fernando”.....	316

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1-1	Unidades territoriales que intercepta el proyecto..... 14
Tabla 1-2	Actividades del proyecto “Construcción y operación de la línea de transmisión a 230 kV La Reforma - San Fernando”, Etapa Pre-constructiva..... 15
Tabla 1-3	Actividades del proyecto “Construcción y operación de la línea de transmisión a 230 kV La Reforma - San Fernando”, Etapa Constructiva 16
Tabla 1-4	Actividades del proyecto “Construcción y operación de la línea de transmisión a 230 kV La Reforma - San Fernando”, Etapa Operativa y de Mantenimiento..... 21
Tabla 1-5	Actividades del proyecto “Construcción y operación de la línea de transmisión a 230 kV La Reforma - San Fernando”, Etapa Desmantelamiento 21
Tabla 1-6	Estudios ambientales realizados para del proyecto..... 23
Tabla 1-7	Contenido de los capítulos del estudio 25
Tabla 1-8	Estudios previos en el área del proyecto..... 30
Tabla 1-9	Intercepción de proyectos lineales con la línea de transmisión a 230 kV La Reforma-San Fernando 31
Tabla 1-10	Distancias de plataformas existentes al proyecto..... 32
Tabla 1-11	Intercepción de proyectos mineros con del proyecto..... 32
Tabla 1-12	Normativa Ambiental aplicable 36
Tabla 1-13	Información secundaria recopilada..... 51
Tabla 1-14	Estaciones de control..... 54
Tabla 1-15	Información Secundaria Recopilada..... 60
Tabla 1-16	Atributos utilizados en la descripción y caracterización geomorfológica 63
Tabla 1-17	Dominio Del Feature Class Vs. Pendiente (Dom_Pensuelo) 64
Tabla 1-18	Documentos base para la caracterización del componente suelos de acuerdo con el IGAC..... 65
Tabla 1-19	Información secundaria recopilada para el componente suelos 65
Tabla 1-20	Tipos de muestreo y parámetros de suelos analizados en el laboratorio..... 67
Tabla 1-21	Caracterización (Calicatas) de suelos realizados en el AI del proyecto. 69
Tabla 1-22	Factores de clasificación de usos actuales del suelo 73
Tabla 1-23	Factores de clasificación de tierras por capacidad de usos para estudios de suelos 75
Tabla 1-24	Información secundaria consultada..... 78
Tabla 1-25	Ecuaciones utilizadas para la medición de caudal en la sección transversal con micromolinete..... 80
Tabla 1-26	Número de Verticales en función del ancho del canal 81

Tabla 1-27	Ecuaciones usadas para cálculo de parámetros morfométricos de las cuencas	83
Tabla 1-28	Condición de humedad antecedente	84
Tabla 1-29	Condición hidrológica de la cuenca.....	84
Tabla 1-30	Grupos de clasificación hidrológica	85
Tabla 1-31	Número de curva por escorrentía en una cuenca (CN)	85
Tabla 1-32	Estaciones meteorológicas IDEAM cercanas al área de estudio	86
Tabla 1-33	Estación hidrológica que cuentan con instrumentación	88
Tabla 1-34	Funciones de probabilidad	90
Tabla 1-35	Estaciones de monitoreo de aguas superficiales.....	94
Tabla 1-36	Descripción puntos de monitoreo de aguas superficiales y ecosistemas acuáticos.	96
Tabla 1-37	Variables evaluadas, tipo de muestreo y método de preservación de las muestras de aguas superficiales.	103
Tabla 1-38	Información Secundaria Recopilada para el Componente Hidrogeológico	105
Tabla 1-39	Parámetros a realizar en las muestras de agua y métodos.....	108
Tabla 1-40	Componentes y criterios asociados.....	112
Tabla 1-41	Estaciones meteorológicas en el área de estudio	115
Tabla 1-42	Denominación termal	118
Tabla 1-43	Denominación termal	118
Tabla 1-44	Zonificación climática	119
Tabla 1-45	Relación volumen – tiempo, para la calibración del rack de gases, para el proyecto mayo - junio 2016.	126
Tabla 1-46	Especificaciones técnicas del equipo empleado para la medición de Monóxido de Carbono (CO) en el monitoreo de calidad del aire en el área de influencia del proyecto, mayo - junio 2016.....	127
Tabla 1-47	Criterios de aceptación para la calibración del equipo de medición del Monóxido de Carbono (CO), monitoreo de calidad del aire en el área de influencia del proyecto, mayo - junio 2016.....	128
Tabla 1-48	Ubicación específica de las estaciones de monitoreo de calidad del aire en el área de influencia del proyecto, mayo - junio 2016	130
Tabla 1-49	Descripción y registro fotográfico de la estación de monitoreo de calidad del aire en el área de influencia del proyecto, mayo - junio 2016.....	132
Tabla 1-50	Niveles máximos permisibles para los contaminantes criterios. Resolución 610 de 2010 del MADS.....	135
Tabla 1-51	Equipos empleados para el monitoreo de ruido ambiental en el área de influencia del proyecto, mayo - junio 2016.....	147
Tabla 1-52	Especificaciones técnicas de los sonómetros empleados para el monitoreo de ruido ambiental en el área de influencia del proyecto, mayo - junio 2016.....	147

Tabla 1-53	Configuración de los sonómetros empleados para el monitoreo de ruido ambiental en el área de influencia del proyecto, mayo - junio 2016.....	148
Tabla 1-54	Coordenadas de ubicación de las estaciones de monitoreo de ruido ambiental en el área de influencia del proyecto, mayo - junio 2016.....	150
Tabla 1-55	Descripción y registro fotográfico de las estaciones de monitoreo de ruido ambiental en el área de influencia del proyecto, mayo - junio 2016.....	152
Tabla 1-56	Estándares máximos permisibles de niveles de ruido ambiental expresados en decibeles dB(A).....	155
Tabla 1-57	Clasificación de uso del suelo, según el subsector correspondiente, monitoreo de ruido ambiental en el área de influencia del proyecto, mayo - junio 2016.....	156
Tabla 1-58	Tamaño y número de parcelas por cobertura y bioma	158
Tabla 1-59	Ubicación de las parcelas	159
Tabla 1-60	Información requerida en brinzales	162
Tabla 1-61	Información requerida en latizales.....	162
Tabla 1-62	Información requerida en fustales	163
Tabla 1-63	Estratos propuestos por Rangel & Velásquez	167
Tabla 1-64	Ecuaciones para estimar índices estructurales	168
Tabla 1-65	clases De frecuencia.....	169
Tabla 1-66	Fórmulas de diversidad.....	170
Tabla 1-67	Rangos de diversidad para el índice de Shannon & Wiener.....	171
Tabla 1-68	Rangos de diversidad para el índice de Simpson.....	171
Tabla 1-69	Categorías de Regeneración Natural	171
Tabla 1-70	Calificación de la dimensión fractal	173
Tabla 1-71	Relación de la infraestructura muestreada y datos de relevancia.....	176
Tabla 1-72	Modelo del formato de registro de información en campo de flora epífita vascular y no vascular.	178
Tabla 1-73	Índices de diversidad alfa.....	184
Tabla 1-74	Índices utilizados para el cálculo de la diversidad Beta.	184
Tabla 1-75	Servicios ecosistémicos identificados.....	186
Tabla 1-76	Escala empleada para calificar el uso del recurso.....	187
Tabla 1-77	Coberturas de la tierra definidas para las áreas de influencia del proyecto.	193
Tabla 1-78	Hábitats para fauna definidos para el Área de Influencia Indirecta (AII) ..	197
Tabla 1-79	Hábitats para fauna definidos para el Área de Influencia Directa (AID) ...	198
Tabla 1-80	Municipios y veredas visitadas para los muestreos de fauna	207
Tabla 1-81	Recorridos de búsqueda y observación para registrar la herpetofauna (anfibios y reptiles) en el área de influencia directa del proyecto.....	210

Tabla 1-82	Datos consolidados de duración y distancia de los recorridos de herpetofauna en cada Hábitat del área de influencia directa del proyecto.	210
Tabla 1-83	Formato de campo Fauna (herpetofauna, aves y mamíferos)	213
Tabla 1-84	Recorridos para la búsqueda y observación de aves en el área de influencia directa del proyecto.	217
Tabla 1-85	Datos consolidados de duración y distancia de los recorridos de aves en cada Hábitat del área de influencia directa del proyecto.	217
Tabla 1-86	Localización de las redes de niebla para la captura de aves en el área de influencia directa del proyecto.	218
Tabla 1-87	Datos consolidados de duración del muestreo de aves con redes de niebla en cada Hábitat del área de influencia directa del proyecto.	220
Tabla 1-88	Puntos de observación para el registro de aves en el área de influencia directa del proyecto.	221
Tabla 1-89	Recorridos de búsqueda y observación para el registro de mamíferos medianos y grandes en el área de influencia directa del proyecto.	224
Tabla 1-90	Datos consolidados de duración y distancia de los recorridos de mamíferos en cada Hábitat del área de influencia directa del proyecto. ...	227
Tabla 1-91	Ubicación de las trampas Sherman para el registro de pequeños mamíferos en el área de influencia directa del proyecto.	229
Tabla 1-92	Ubicación de las redes de niebla para el registro de murciélagos en el área de influencia directa del proyecto.	230
Tabla 1-93	Datos consolidados de duración del muestreo de aves con redes de niebla en cada Hábitat del área de influencia directa del proyecto.	231
Tabla 1-94	Entrevistas informales efectuadas a pobladores locales en el área de influencia del proyecto.	233
Tabla 1-95	Estaciones de monitoreo de aguas superficiales y ecosistemas acuáticos.	237
Tabla 1-96	Descripción puntos de monitoreo de aguas superficiales y ecosistemas acuáticos.	239
Tabla 1-97	Número de raspaduras realizadas por estación de muestreo para el monitoreo de perifiton.	246
Tabla 1-98	Número de barridos y área total por estación de muestreo utilizados para el monitoreo de bentos.	247
Tabla 1-99	Arte de pesca y esfuerzo muestreal por estación de muestreo para el monitoreo de ictiofauna.	248
Tabla 1-100	Esfuerzo muestreal por estación de muestreo para el monitoreo de macrófitas acuáticas.	249
Tabla 1-101	Clases de calidad de agua, valores BMWP/Col, significado y colores para representación.	256
Tabla 1-102	Espacios de reunión y actividades realizadas	262
Tabla 1-103	Actividades de la fase de prospección y formulación del plan de manejo	268

Tabla 1-104	Coordenadas de los polígonos de prospección.....	271
Tabla 1-105	Localización de cuencas visuales	289
Tabla 1-106	Pesos de la cobertura de la tierra para la valoración de la calidad visual.....	294
Tabla 1-107	Calificación de la cobertura terrestre para cada unidad paisajística	295
Tabla 1-108	Pesos del uso actual del suelo para la valoración de la calidad visual	295
Tabla 1-109	Calificación del uso del suelo actual para cada unidad paisajística	296
Tabla 1-110	Valoración de los cuerpos de agua	296
Tabla 1-111	Calificación del relieve para cada unidad paisajística.....	297
Tabla 1-112	Calificación de los elementos culturales para cada unidad paisajística ...	297
Tabla 1-113	Calificación de la viveza para cada unidad paisajística	297
Tabla 1-114	Valoración final de la calidad visual.....	298
Tabla 1-115	Fragilidad visual de las coberturas de la tierra	299
Tabla 1-116	Calificación de la fragilidad de la cobertura terrestre para cada unidad paisajística	300
Tabla 1-117	Fragilidad visual de los usos del suelo	300
Tabla 1-118	Calificación de la fragilidad por intervención humana para cada unidad paisajística.....	301
Tabla 1-119	Calificación de la fragilidad visual por fragmentación para cada unidad paisajística	301
Tabla 1-120	Calificación de la fragilidad por la pendiente para cada unidad paisajística	301
Tabla 1-121	Planos de visibilidad del paisaje – escalas visuales	302
Tabla 1-122	Pesos de las escalas visuales para la valoración de la fragilidad por visibilidad	302
Tabla 1-123	Calificación de la fragilidad por visibilidad para cada unidad paisajística	303
Tabla 1-124	Valoración final de la fragilidad visual	304
Tabla 1-125	Volumen promedio por ecosistema	306
Tabla 1-126	Estadísticos para el cálculo del error del volumen total en muestreo simple al azar.....	306
Tabla 1-127	Calificación y Valoración de los Impactos	308
Tabla 1-128	Metodología para La elaboración de Plan de contingencias.....	312
Tabla 1-129	Criterios De Clasificación De Probabilidad De Ocurrencia De Eventos ...	313
Tabla 1-130	Categoría y clasificación de Severidad de las consecuencias.....	313
Tabla 1-131	Cálculo del Riesgo	314
Tabla 1-132	Profesionales participantes en el estudio de Impacto Ambiental	317
Tabla 1-133	Sitios De Torre Donde No Se Tuvo Acceso	318

1 GENERALIDADES

1.1 Introducción

La Empresa de Energía de Bogotá (EEB), presenta el siguiente Estudio de Impacto Ambiental (EIA), ante la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA), como documento base para la obtención de la Licencia Ambiental para el proyecto denominado Construcción y Operación de la Línea de transmisión de eléctrica a 230 kV entre la subestación del Sistema Interconectado Nacional "La Reforma" ubicada en el municipio de Villavicencio y la subestación "San Fernando" ubicada en el municipio de Castilla La Nueva, en el Departamento del Meta.

La elaboración del presente EIA involucra, la revisión de información secundaria existente para el área y relacionada con el objeto del estudio, como requisito dentro del proceso de licenciamiento ambiental; así como la recopilación de información primaria, mediante visitas de verificación, y reconocimiento en campo para la caracterización de los medios físico, biótico y socioeconómico; la aplicación de lineamientos de participación a comunidades y autoridades del área de influencia del proyecto; y el desarrollo de los ensayos, pruebas y análisis necesarios que garanticen la identificación y evaluación de los posibles impactos, y el manejo y uso sostenible de los recursos naturales existentes en el área de estudio.

Como fuentes de información secundaria se consideraron entre otras, los Planes de Ordenamiento Territorial de los municipios de Villavicencio, Acacias y Castilla La Nueva; los diagnósticos socio ambientales, estudios técnicos específicos realizados previamente en el área; información disponible en los bancos de los diferentes institutos y entidades cuya función implica la generación, análisis y administración de información aplicable al proyecto.

El análisis y procesamiento de la información primaria y secundaria, constituyen actividades fundamentales para la elaboración del documento en el marco de lo dispuesto por el entonces Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, MAVDT, hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, MADS, en los Términos de Referencia del sector de energía LI-TER-1-01 acogidos mediante Resolución 1288 de junio 30 de 2006 para el Estudio de Impacto Ambiental de tendidos de las líneas de transmisión del sistema nacional de interconexión eléctrica, compuesto por el conjunto de líneas con sus correspondientes módulos de conexión (subestaciones) que se proyecte operen a tensiones iguales o superiores a 220 kV y en la Metodología para la Presentación de Estudios Ambientales (2010).

De otro lado, se tuvo en cuenta lo establecido en el Auto 4503 de septiembre 16 de 2016 emitido por la ANLA en la evaluación del Diagnóstico Ambiental de Alternativas, donde se definió la alternativa 1 como el trazado seleccionado, el cual es objeto del presente Estudio de Impacto Ambiental.

1.1.1 Tipo de proyecto

El proyecto consiste en la Construcción y Operación de la Línea de Transmisión de energía de 230 kV a circuito sencillo entre las subestaciones La Reforma (Villavicencio-Meta) y San Fernando (Castilla La Nueva-Meta). Este proyecto, dirigido por la Empresa de Energía de Bogotá (EEB), hace parte del Plan Integral de Energía Eléctrica de la Gerencia Regional Central, de la Vicepresidencia de Producción de Ecopetrol S.A. (En adelante GEC).

La subestación La Reforma es propiedad de ISA la cual se encuentra construida desde el año 1993 y está en operación desde el año 1994. La subestación San Fernando se encuentra en proceso constructivo como parte de las estrategias de desarrollo del Bloque Cubarral de Ecopetrol S.A., que corresponde a la Superintendencia de Operaciones Castilla y Chichimene (SCC).

El objetivo general del Plan Integral de Energía Eléctrica de la GEC es asegurar el suministro de energía eléctrica, con una capacidad total de 265 MW en el año 2025, y la confiabilidad del sistema de transmisión para el desarrollo de los campos de producción directa de crudos pesados de la Superintendencia Castilla–Chichimene de la Gerencia Regional Central (GEC) apalancando la entrada de los nuevos proyectos a desarrollar en el sector norte del campo Castilla y a la vez disminuir carga en el CDC (Centro de Distribución Castilla). Asimismo, el desarrollo del Plan Integral de Energía Eléctrica al entrar en funcionamiento liberará carga de la Electrificadora del Meta S.A (EMSA), evitando las pérdidas e interrupciones del sistema que actualmente se presentan.

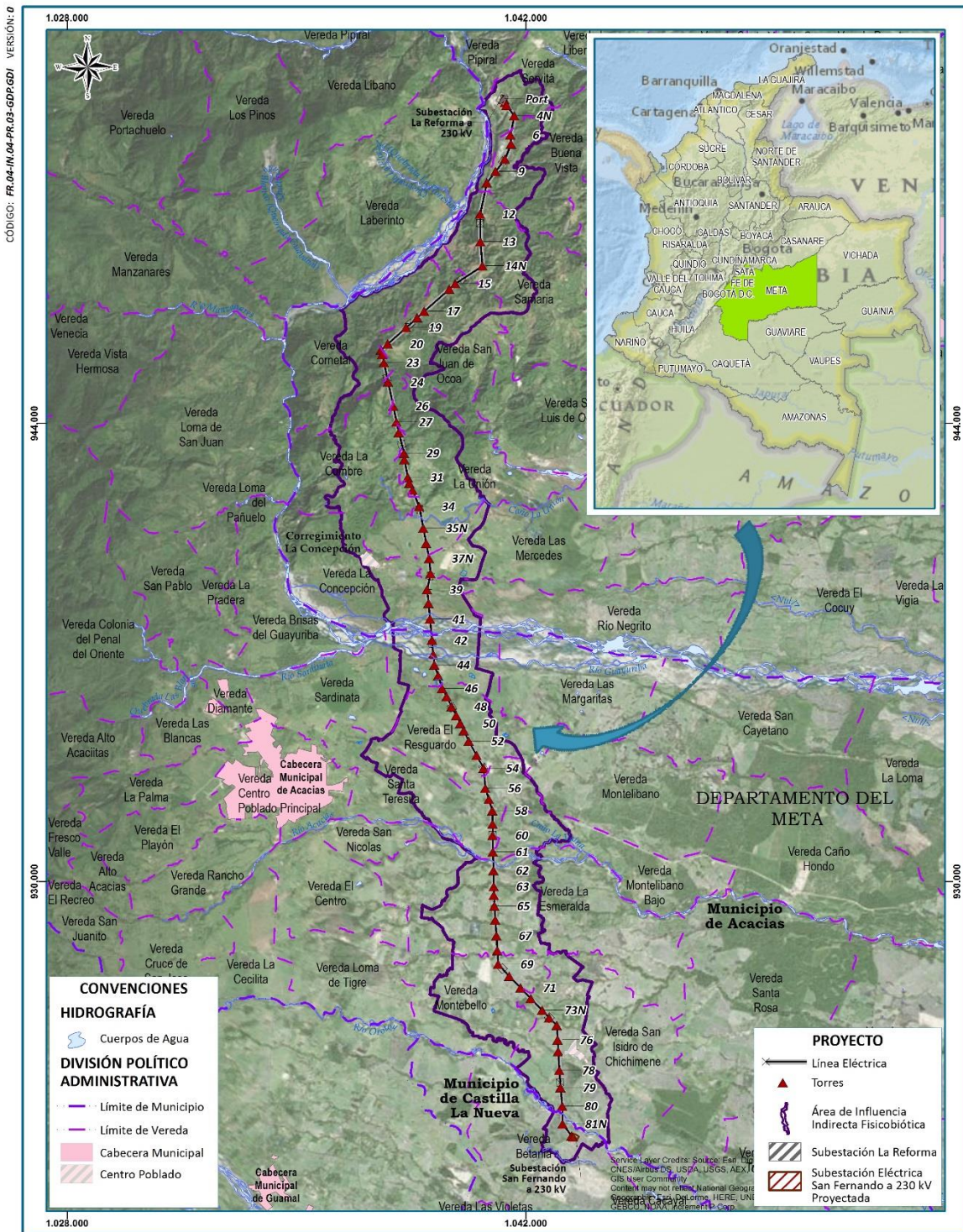
La línea de transmisión permitirá transportar la energía eléctrica desde la subestación La Reforma ubicada en la vereda Servitá, Municipio de Villavicencio - Meta hasta la proyectada subestación San Fernando la cual estará ubicada en la vereda Betania, Municipio de Castilla La Nueva - Meta.

El proyecto tiene una longitud aproximada de 35,00 km, con un área de 7.685,10 hectáreas, y ha sido planteado, teniendo en cuenta criterios de tipo físico (características geomorfológicas y geotécnicas), ambiental (presencia de áreas legalmente protegidas y ecosistemas sensibles), social (desarrollos urbanos, asentamientos humanos y patrimonio cultural) y de constructibilidad (accesos, facilidad de construcción, aspectos prediales, planes de contingencia e impactos ambientales constructivos), que condicionan el desarrollo de este tipo de proyectos. Así como, de los criterios de identificación de alternativas, que fueron presentados a la ANLA por la EEB en febrero de 2016, y de las cuales, por medio del Auto 4503 de septiembre 16 de 2016, la Autoridad Ambiental avaló la alternativa 1, para la elaboración de EIA para la construcción y operación de la línea de transmisión objeto de este estudio.

1.1.2 Localización del proyecto

El trazado del proyecto “Construcción y operación de la línea de transmisión a 230 kV La Reforma – San Fernando”, se ubica dentro del departamento del Meta y atraviesa los municipios de Villavicencio, Acacias y Castilla La Nueva. Las unidades territoriales que intercepta el trazado se presentan en la **Tabla 1-1** y se visualizan en la **Imagen 1-1**.

Imagen 1-1 Unidades territoriales que intercepta el proyecto



Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

Tabla 1-1 Unidades territoriales que intercepta el proyecto

Municipio	Vereda
Villavicencio	Servita
	Buena Vista
	Samaria
	San Juan de Ocoa
	La Cumbre
	La Unión
	Cornetal*
	Las Mercedes
	La Concepción
TOTAL	9
Acacias	El Rosario
	El Resguardo
	Santa Teresita
	Montelíbano Bajo
	La Esmeralda
	Montebello
	San Isidro de Chichimene
TOTAL	7
Castilla La Nueva	Betania
TOTAL	1

* Esta vereda no cuenta con JAC legalmente conformada

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

1.1.3 Justificación del proyecto

La Empresa de Energía de Bogotá es una compañía que hace parte del Grupo Energía de Bogotá, y tiene dentro de sus líneas de negocio el transporte de grandes bloques de energía eléctrica, el cual se hace a altos niveles de voltaje que, para Colombia es de 220 y 500 kilovoltios (kV). Dentro del departamento del Meta se tiene proyectado para el corto plazo la construcción y operación de una línea de transmisión de energía eléctrica a 230 kV entre la subestación del Sistema Interconectado Nacional "La Reforma" ubicada en la vereda Servitá del municipio de Villavicencio y la subestación "San Fernando" ubicada en el municipio de Castilla La Nueva.

Este proyecto, dirigido por la Empresa de Energía de Bogotá (EEB), hace parte del plan integral de energía eléctrica de la Gerencia Regional Central, de la Vicepresidencia de Producción de Ecopetrol S.A. (En adelante GEC), cuyo objetivo es asegurar el suministro de energía eléctrica con una capacidad total de 265 MW en el año 2025, y la confiabilidad del sistema de transmisión para el desarrollo de los campos de producción directa de crudos pesados de la Superintendencia Castilla-Chichimene, así como liberar carga de la Electrificadora del Meta S.A (EMSA), evitando pérdidas e interrupciones del sistema.

De acuerdo con las condiciones del concurso cerrado N° 50042531 efectuado por ECOPEPETROL y al Contrato 5222702, la Empresa de Energía de Bogotá S.A. E.S.P, deberá a su propio costo y riesgo diseñar, adquirir, comprar construir, montar, comisionar, poner en servicio, administrar, operar y mantener la infraestructura del proyecto; así mismo, deberá también bajo su propia responsabilidad, costo y riesgo tramitar y obtener ante las autoridades Gubernamentales, todos los permisos, licencias, autorizaciones y consentimientos, así como adelantar todos los estudios que soliciten las Autoridades Gubernamentales.

1.1.4 Construcción y operación

Para el proyecto objeto del estudio se plantean cuatro etapas i) Pre-constructiva, ii) Constructiva, iii) Operativa y de mantenimiento, iv) Desmantelamiento; con actividades que se llevarán a cabo para el desarrollo del mismo y que se relacionan en la **Tabla 1-2** a la **Tabla 1-5**. El procedimiento específico del desarrollo de dichas actividades se detalla en el *Capítulo 2. Descripción del proyecto* y en el *Capítulo 5. Evaluación Ambiental*, que desarrolla la evaluación de los impactos potenciales que el proyecto podría generar sobre el entorno natural, social y cultural.

Tabla 1-2 Actividades del proyecto “Construcción y operación de la línea de transmisión a 230 kV La Reforma - San Fernando”, Etapa Pre-constructiva

A	Etapas:	Pre-constructiva
Ítem	Actividad	Descripción
1	Información a la comunidad	Consiste en las actividades de relacionamiento previo con los pobladores del área por donde pasará la línea eléctrica, el relacionamiento va dirigido a las autoridades de los municipios, veredas y los propietarios de los predios que serán intervenidos por cualquiera de las actividades que se realicen durante el desarrollo del proyecto. La Dirección de Desarrollo Sostenible de la EEB, determinará las estrategias relacionadas con el manejo de la comunidad e interacción con la misma teniendo en cuenta lo estipulado en el capítulo 7 del presente documento (Plan de manejo Ambiental) en donde se adjunta las fichas de manejo en donde se encuentran los lineamientos que se tendrán en la etapa pre-constructiva
2	Gestión inmobiliaria y adquisición de servidumbres	Actividades propias de la EEB previas al inicio de la etapa de construcción de la línea, en las cuales se realiza el proceso de negociación de servidumbre a lo largo del eje de la línea, considerando el ancho establecido de 30 m, relacionado con la tensión de la línea planteada de 230 kV. Adicional al ancho de seguridad de la línea, se negociarán los sitios donde se ubicarán las plazas de tendido y se establecerá los accesos que serán utilizados para cada sitio de torre.
3	Contratación y capacitación de personal	Proceso de selección y contratación de la mano de obra calificada y no calificada, mediante mecanismos de postulación, selección y contratación. Este proceso incluye también la capacitación a todos los trabajadores del proyecto (mano de obra calificada y no calificada) al momento de la contratación, de tal forma que los trabajadores desarrollen competencias y habilidades de protección hacia el medio socio ambiental, reduciendo la probabilidad de ocurrencia de incidentes y accidentes. Esta actividad inicia en esta etapa, sin embargo, se desarrollará a lo largo de todas las etapas del proyecto y contará con un seguimiento a partir de lo que se disponga en el Plan de Manejo Ambiental, Plan de Contingencia, Seguridad Industrial y Salud Ocupacional, política de sostenibilidad de la EEB y todas aquellas disposiciones legales vigentes en los ámbitos nacional, regional y municipal.

A	Etapas:	Pre-constructiva
Ítem	Actividad	Descripción
4	Levantamiento topográfico – Replanteo de construcción	<p>Esta fase consiste en plasmar sobre el terreno el eje en planta del trazado definitivo para la construcción de la línea eléctrica de acuerdo con los planos planta – perfil, elaborados durante la etapa de diseño de la línea.</p> <p>El replanteo del eje del corredor se realiza con equipos de topografía, que toman como amarre o base del trabajo las referencias topográficas instaladas en campo durante la fase de diseño, las cuales generalmente son mojones en concreto debidamente georeferenciados con coordenadas y cotas reales, colocados en sitios estratégicos próximos al trazado e identificados en los planos de diseño del proyecto.</p> <p>Adicionalmente, al eje del proyecto durante el replanteo se debe identificar y señalar adecuadamente (estacas o banderolas) los sitios definidos para la ubicación de cada torre y el área a ocupar por cada una, datos que deben estar referenciados con coordenadas y cotas obtenidas de los planos de diseño de la línea. En esta etapa y si es necesario se podrá optimizar localmente la ruta y la ubicación de los sitios de torre, en procura siempre de logra correctivos de carácter técnico y ambiental al diseño.</p>

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

Tabla 1-3 Actividades del proyecto “Construcción y operación de la línea de transmisión a 230 kV La Reforma - San Fernando”, Etapa Constructiva

B	Etapas	Constructiva
	Actividad	Adecuación S/E La Reforma
Ítem	Actividad	Descripción
1	Construcción de cimentaciones para interruptor de potencia	<p>La cimentación es una de las actividades previas para la instalación de los equipos entendiéndose que la cimentación forma parte estructural de la subestación debido a que es la encargada de transmitir las cargas de la estructura al terreno. Los interruptores de potencia son el elemento central de las subestaciones, estos equipos mecánicos de maniobra son los que permiten interrumpir y cerrar los circuitos eléctricos (corrientes de trabajo y corrientes de fuga) y en estado cerrado, conducen la corriente nominal.</p> <p>Las cimentaciones serán construidas en concreto de resistencia a la compresión 21 MPa reforzado con barras de acero corrugado con límite de fluencia de 420 MPa; serán fundidas en sitio a una profundidad de desplante de 1.5 metros e irán apoyadas sobre una capa de 5 centímetros de concreto de solado (14 Mpa).</p>
2	Montaje de la estructura para el soporte del interruptor de potencia	<p>La estructura de soporte de los interruptores de potencia que son una serie de elementos metálicos se anclan a la cimentación y el montaje se realiza con ayuda de un camión grúa, una vez se instale la estructura de soporte se monta el interruptor y el cableado.</p>
3	Construcción caseta de relés donde estarán ubicados los tableros de control, protecciones y comunicaciones.	<p>La caseta de control es un compartimiento en donde se instalan los relés (reguladores), tableros de control de i) protección y comunicación, ii) interrupción iii) protección de salida de línea, iv) registro de fallas y v) medidas.</p> <p>Estos equipos están diseñados para la conducción de la energía eléctrica, constan de mandos de comunicación, sistemas de posicionamiento global, dispositivos de control redundante, dispositivos de corte, medición entre otros, los cuales permiten integrar las conexiones del sistema de automatización de la subestación con el fin de realizar supervisión de las señales y enviar registros al centro de control.</p>

B	Etapa	Constructiva
	Actividad	Instalación de la línea eléctrica
Ítem	Actividad	Descripción
1	Localización y replanteo	<p>Esta fase corresponde a plasmar sobre el terreno el eje en planta del trazado definitivo para la construcción de la línea eléctrica de acuerdo con los planos planta – perfil, elaborados durante el diseño de la línea.</p> <p>El replanteo del eje del corredor se realiza con equipos de topografía, que toman como amarre o base del trabajo las referencias topográficas instaladas en campo durante la fase de diseño, las cuales generalmente son mojones en concreto debidamente georeferenciados con coordenadas y cotas reales, colocados en sitios estratégicos próximos al trazado e identificados en los planos de diseño del proyecto.</p> <p>Adicionalmente, al eje del proyecto el replanteo debe identificar y señalar adecuadamente (estacas o banderolas) los sitios definidos para la ubicación de cada torre y el área a ocupar por cada una, datos que deben estar referenciados con coordenadas y cotas obtenidas de los planos de diseño de la línea. En esta etapa y si es necesario se podrá optimizar localmente la ruta y la ubicación de los sitios de torre, en procura siempre de logra correctivos de carácter técnico y ambiental al diseño.</p>
2	Adecuación de accesos	<p>En esa etapa se realizarán las labores de adecuación necesarias para permitir el acceso de maquinaria, equipo, herramienta y personal necesarios para las labores de construcción.</p> <p>La adecuación de las vías de acceso (carreteables) y caminos peatonales, será la estrictamente necesaria para permitir el tránsito de vehículos pesados en periodos de tiempo cortos y el mejoramiento de los caminos peatonales para permitir el paso de personal y mulas con las cargas necesarias para el armado de las torres.</p> <p>Para la elaboración del Estudio se ejecutó recorrido de toda la línea y su corredor para la determinación de la vías del sector y las que dan acceso a la Línea de Transmisión Eléctrica, estableciendo tramos en los que no existen acceso y dando soluciones de accesibilidad para sitios de torre, plazas de tendido y centros de acopio y en general para el desarrollo de todas las actividades de la construcción y donde se requiera llegar o salir con materiales, equipos, personal, por medio de diferentes medios de locomoción; incluyendo carreteras, caminos carreteables, caminos para mulas, de ser necesario en sitios especiales helicopuerto, etc. Se da prioridad al uso de accesos peatonales (caminos de herradura) y carreteras existentes, con el fin de causar el menor impacto posible.</p> <p>No se construirá ningún tipo de vía, ni se realizará ninguna modificación a las ya existentes, sólo se efectuará el mejoramiento que se requiera para garantizar el acceso al área. Como accesos principales al trazado se utilizarán las vías existentes en la región, a través de las cuales se podrá llegar a los patios de acopio de materiales y oficinas en toda clase de vehículos. Desde las vías principales de acceso se derivan carreteables, trochas de acceso a fincas, senderos peatonales y caminos que serán utilizados para la distribución de los materiales de construcción, equipos y herramientas necesarias para los trabajos locales sobre cada sector de la línea, estos accesos temporales serán definidos directamente con cada uno de los propietarios de los predios y se realizará la inspección previa a la realización de las actividades constructivas.</p>

B	Etapa	Constructiva
	Actividad	Instalación de la línea eléctrica
Ítem	Actividad	Descripción
3	Adecuación de zonas de uso temporal (instalaciones provisionales y almacenamiento de materiales)	<p>Durante esta fase se seleccionan los sitios en donde se instalarán oficinas de campo, así como los lotes adecuados para el almacenamiento de materiales (Patios de acopio), y las áreas de trabajo temporal durante la etapa de construcción.</p> <p>Teniendo en cuenta la longitud de la línea eléctrica y su relativa cercanía a los centros poblados de los municipios de Acacías, Villavicencio y Castilla La Nueva, no se proyecta tener sitios temporales para campamentos, si se aprovechará la oferta de servicios que existen en el área, para establecer los patios de acopio de materiales de construcción y áreas para oficinas y coordinación del proyecto.</p> <p>Adicionalmente, a lo largo del trazado y cerca del corredor de la línea se establecen sitios en donde es posible el acceso mediante vehículos, o cercanos a la servidumbre de la línea eléctrica, para la localización de bodegas de materiales, equipos y zonas de oficinas para la coordinación diaria de las actividades de construcción que tendrán actividad durante el día.</p>
4	Movilización de maquinaria, materiales, equipos y personal	<p>Consiste en el traslado de los materiales necesarios para la construcción de las estructuras desde los sitios de acopio generales, hasta la zona de ubicación final de la torre, a través de las vías de acceso inicialmente adecuadas para tal fin. El transporte se realiza utilizando todos los medios posibles considerados en la planeación del proyecto, es decir, vehículos en los sectores donde haya acceso directo y transporte o traslado manual en los sectores donde por la ubicación de la torre solamente puede accederse mediante caminos peatonales.</p> <p>Para el transporte de los materiales de cada torre deben estar estos previamente clasificados y numerados de acuerdo con cada torre.</p> <p>En el sitio de montaje de cada torre se adecúa preliminarmente una zona de acopio temporal de dichos materiales.</p>
5	Captación de agua superficial	<p>La captación de agua se utiliza principalmente para la preparación del concreto el cual será usado en la cimentación, pero parte de este recurso se emplea en la humectación de vías y en el riego para zonas revegetalizadas como taludes. Para la mezcla en sitio de concreto se realizará en los sectores donde el acceso de maquinaria no sea posible, o las cantidades sean tan pequeñas que no amerite pedir el concreto preparado.</p> <p>Los puntos propuesta para captación se ubican en los ríos Guayuriba, Acacias y Caño Pescado</p>
6	Ocupación de cauce (Cuerpos de agua)	<p>Corresponde a la intervención del cauce por la construcción de estructuras para el montaje de torres de energía permanentes, esta intervención implica el tránsito e instalación temporal de la maquinaria requerida para la construcción de cimentación en el lecho del cuerpo de agua.</p> <p>Para el proyecto se requerirá intervenir el cauce del Río Guayuriba que separa la vereda La Concepción en Villavicencio y la vereda El Rosario en Acacias, esta ocupación de cauce plantea la intervención desde las dos orillas del río, teniendo en cuenta el ancho de este cuerpo de agua y el riesgo de socavaciones del terreno por los niveles máximos de inundación existentes en el río Guayuriba. También se intervendrá el cauce del río Acacías, donde se propone la construcción de una torre en la margen derecha del cauce.</p>

B	Etapa	Constructiva
	Actividad	Instalación de la línea eléctrica
Ítem	Actividad	Descripción
7	Remoción de cobertura vegetal	Las labores de construcción en cada uno de los sitios de ubicación de las torres inician una vez esté definido y adecuadamente demarcado por el replanteo topográfico, el área necesaria para las diferentes actividades de excavación, acopio y manejo de materiales. La limpieza, remoción del material vegetal y el descapote se realizan sobre esta zona previamente demarcada. Los materiales obtenidos de estas labores se deben disponer de manera adecuada, en proximidades de la excavación de tal forma que no se mezclen con los materiales de corte y puedan ser utilizados posteriormente para labores de revegetalización del área intervenida. Para esta actividad se deberá consultar los programas de manejo ambiental del medio físico contempladas en el Plan de Manejo Ambiental.
8	Excavación para cimentación de torres	La excavación se realiza sobre el área previamente demarcada de acuerdo con los planos de diseño de la línea. Esta labor puede realizarse a mano o con maquinaria, dependiendo del tipo de materiales presente; sin embargo, el terminado final en el fondo de la excavación debe ser manual. El material procedente de la excavación apto para el relleno de la misma una vez construida la cimentación de la torre 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 empradización de la excavación.
9	Cimentación, relleno y compactación de materiales	En todos los casos, las torres se montan sobre cimentaciones construidas por debajo de la superficie del terreno (con una profundidad promedio de 2m), para lo cual se utiliza generalmente concreto reforzado ó parrilla metálica. La definición del tipo de cimentación para cada estructura de la línea se realiza durante la etapa de diseño del proyecto, para lo cual se analizan las características de los materiales de fundación de las torres y se establecen las generalidades y detalles específicos de la cimentación para cada estructura de soporte de la línea. El suministro de concreto se hará por medio de camiones, en los sitios a los cuales haya acceso directo de equipo, para el transporte de la mezcla previamente preparada. En los sectores que no hay acceso directo de camiones para el transporte de concreto, la mezcla se preparará en sitio con la utilización de herramienta y maquinaria menor. Una vez terminadas las obras de cimentación se procede al relleno de la excavación realizada, utilizando los materiales adecuados procedentes de la misma excavación. Para la conformación del relleno debe proveerse de agregados pétreos, finos y gruesos, los cuales deberán adquirirse en las fuentes de materiales de la zona autorizadas por la respectiva autoridad ambiental.

B	Etapa	Constructiva
	Actividad	Instalación de la línea eléctrica
Ítem	Actividad	Descripción
10	Montaje y vestida de estructuras	<p>Dentro de esta actividad se incluye las siguientes acciones:</p> <p>Transporte y montaje de torres: Una vez construidas las cimentaciones, se procederá al montaje de las estructuras metálicas, actividad que se realizará con la utilización de herramientas menores y con mano de obra calificada. Cada torre está compuesta por una cantidad de piezas de menor tamaño que serán ensambladas en terreno. Con base en la clase de acceso y modalidad de transporte requeridos en cada sitio de torre para el acarreo adecuado de los materiales y equipos se organiza el programa de transporte.</p> <p>Se transportan desde el patio de acopio o almacén hasta el sitio de montaje todos los elementos constructivos requeridos para el montaje de la torre: superestructuras, extensiones de cuerpo, patas, ángulos de espera, parrillas, pernos, tuercas normales y de seguridad, arandelas, escalera de pernos, dispositivos antiescalatorios, señales, etc., y los elementos necesarios para la instalación de las suspensiones y amarres de los conductores y de los cables de guarda.</p> <p>Ensamblaje e Izado de torres: En el sitio de torre se realiza un pre-armado de estructuras, en el cual se arma la parte inferior de la torre y algunos ángulos antes de iniciar el montaje. Luego se realiza el montaje de estructuras iniciando por los ángulos de espera que han de quedar embebidos en concreto, se soportan en la posición apropiada, por medio de una plantilla de acero articulada rígida u otro medio adecuado que permita su instalación dentro de las tolerancias especificadas.</p> <p>Las torres deben ser erguidas por el método de “erección floja” con excepción de los paneles del conjunto inferior de la torre, que deben ser empernados y ajustados inmediatamente, después del ensamblaje y nivelación. Las diagonales principales deben ser empernadas en forma floja hasta que se realice el ajuste final de la torre.</p> <p>Al final de cada cruceta se instala una cadena de aisladores con sus respectivos herrajes y en cada cruceta se pone una polea para el tendido de conductores y cable de guardia. Se arman todas las partes componentes de los ensamblajes, se instalan todos los pasadores necesarios para completar las cadenas de aisladores y verificar que cada ensamblaje este correctamente instalado.</p> <p>Una vez terminado el levantamiento de cada estructura y antes de la instalación de los conductores e hilos de guarda, es necesario medir la resistencia del terreno en los sitios de colocación de las estructuras, de tal manera que se verifiquen los valores medidos en la etapa de diseño que son básicos para implementar las conexiones necesarias, Sí en las mediciones efectuadas se obtienen valores de resistencia mayores que el que indiquen los planos, se instalarán conexiones a tierra adicionales para bajar la resistencia a tierra en la forma establecida en los planos.</p>
11	Tendido y tensionado de los cables	<p>Previo a la intervención del área se requiere el despeje de aquella vegetación presente en la franja de servidumbre que interfiera con la construcción u operación de la línea de transmisión, de forma que permita las labores de tendido del conductor y cable de guarda y no genere acercamientos (romper la distancia de seguridad) durante la etapa operativa, hecho que depende del tipo y altura de la vegetación.</p> <p>La trocha de despeje de vegetación está ubicada dentro de la franja de servidumbre y su ancho depende del tipo de vegetación, alto y ancho de copa, topografía del terreno, distancias de seguridad entre la copa de los árboles y el conductor más bajo.</p>

B	Etapa	Constructiva
	Actividad	Instalación de la línea eléctrica
Ítem	Actividad	Descripción
12	Reconformación, revegetalización y limpieza final de áreas intervenidas.	Esta actividad consiste en el retiro de materiales pétreos de las áreas circundantes a las torres y la colocación del material de excavación y descapote sobre zonas aledañas de forma tal que se integre con el paisaje y no genere montículos de material desprovistos de cobertura vegetal.
13	Energización de la línea	La operación de la línea de transmisión "energización" es la puesta en marcha del sistema, esta puede realizarse en dos circunstancias, la primera cuando se pone en funcionamiento inicial al sistema y la segunda cuando hay un disparo de la línea (interrupción del flujo). Esta actividad se realiza desde los tableros de control automatizados ubicados en la subestación.

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

Tabla 1-4 Actividades del proyecto “Construcción y operación de la línea de transmisión a 230 kV La Reforma - San Fernando”, Etapa Operativa y de Mantenimiento

C	Etapa:	Operativa y de Mantenimiento
	Sub-etapa:	Operación y Mantenimiento de la línea eléctrica
Ítem	Actividad	Descripción
1	Transmisión de energía eléctrica	Es la puesta en marcha del sistema, esta se realiza cuando se pone en funcionamiento inicial la línea de transmisión. Una vez terminadas las actividades de construcción y montaje de la línea de transmisión se deberá hacer la conexión de la línea en las subestaciones correspondientes.
2	Mantenimiento preventivo	El mantenimiento de la línea de transmisión está a cargo de los “linieros”, los cuales realizan reconocimientos visuales de campo para verificar el estado de los componentes de la línea de transmisión: torres, cimentaciones, obras de arte, conductores, entre otros. Con base en estos reconocimientos visuales se realizarán programas de limpieza, reparaciones y mantenimiento.
3	Control de la vegetación en la servidumbre	Corresponde a un control periódico sobre la vegetación de tipo arbustiva y arbórea que pueda crecer y afectar los conductores de la línea, de tal manera, que durante la operación de la línea debe mantenerse un corredor abierto y limpio no solo de los árboles que estén debajo de la línea si no de aquellos que se encuentren en los costados de la misma y que por alguna razón puedan caerse y afectar los conductores y las torres.

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

Tabla 1-5 Actividades del proyecto “Construcción y operación de la línea de transmisión a 230 kV La Reforma - San Fernando”, Etapa Desmantelamiento

D	Etapa:	Desmantelamiento
	Sub-etapa:	Desmantelamiento de la línea eléctrica
Ítem	Actividad	Descripción
1	Desmonte de equipo electromecánico y obras civiles	Consiste en desmontar y retirar del sitio los elementos de la línea de transmisión teniendo en cuenta la adecuada disposición ambiental de los elementos. Los elementos a retirar como aisladores, herrajes y otros accesorios, se desarman de la estructura de la torre para designar el destino final. Para las estructuras de concreto superficial se realizará la demolición y se llevarán a escombreras; para elementos de relleno se podrán compactar y empedrar posteriormente.

D	Etapa:	Desmantelamiento
	Sub-etapa:	Desmantelamiento de la línea eléctrica
Ítem	Actividad	Descripción
2	Reconformación y recuperación de áreas intervenidas	Consiste en el retiro de las instalaciones provisionales del área y gestión de material sobrante. Se realizará limpieza, recuperación y reparación de daños en los alrededores de la línea producto de las obras. Además, se realizará la restauración de las áreas para usos posteriores.
3	Cierre de compromisos sociales	Corresponde al cumplimiento de compromisos y acuerdos establecidos con las comunidades.

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

1.1.5 Recolección y procesamiento de información

1.1.5.1 Mecanismos, procedimientos y métodos de recolección de información.

La recolección de la información fue adquirida en dos fases: En la primera fase, se solicitó información a entidades territoriales del orden local, regional y nacional y se llevó a cabo la planificación de actividades para el desarrollo del estudio; en la segunda fase, se efectuaron recorridos de campo detallados a lo largo de las unidades territoriales circunscritas dentro del área de influencia directa del proyecto y en los municipios de Villavicencio, Acacias y Castilla La Nueva determinados como área de influencia indirecta (socioeconómica) del proyecto.

En esta segunda fase, se recopiló la información mediante salidas de campo al área de estudio, las cuales se dividieron en dos períodos: i) El primero, se realizó entre abril y agosto de 2016, donde se recolectó información primaria y secundaria del componente socioeconómico, se identificaron en campo las áreas de influencia directa e indirecta (AID y AIi) y se tomaron puntos de control para la clasificación del uso y coberturas vegetales; además, se recolectó información y se tomaron pruebas puntuales, tales como: calicatas, pruebas de infiltración, selección de puntos de captación y monitoreos de cuerpos de agua, muestreos de fauna y flora, inventario de puntos de agua subterránea; ii) El segundo, se ejecutó entre marzo y agosto de 2017, en donde se realizó la reunión informativa del proyecto, monitoreos de cuerpos de agua subterráneas, levantamiento de puntos de ocupación de cauce, muestreos de fauna, inventario forestal, inventario de epifitas vasculares y no vasculares y de unidades de paisaje local; durante este periodo se recopiló la información (primaria y secundaria) de los medios biótico y físico, de acuerdo con las condiciones particulares encontradas en el área de estudio y en concordancia con las metodologías propias de cada disciplina y cada profesional, atendiendo los requerimientos específicos solicitados en el Auto 4503 de septiembre 16 de 2016 dispuesto por la ANLA en la evaluación del Diagnóstico Ambiental de Alternativas, dentro del cual se eligió la alternativa 1 para del proyecto “Construcción y operación de la línea de transmisión a 230 kV La Reforma - San Fernando”, objeto de este estudio.

1.1.5.2 Procesamiento y análisis de la información

Tanto la información secundaria como primaria fue procesada y analizada desde los diferentes componentes utilizando las metodologías acordes con la información recopilada.

El detalle de la metodología utilizada para cada uno de los componentes de los medios físico, biótico y socioeconómico, se describe en el numeral 1.5 Metodología.

1.1.5.3 Análisis de la información y grado de incertidumbre

En el presente estudio se consideraron las especificaciones consignadas en la Metodología General para la Elaboración de Estudios Ambientales, acogida por la Resolución 1503 del 04 de agosto de 2010 del MAVDT, la cual fue aplicada tanto en la estructura temática, como durante el desarrollo del trabajo de campo y oficina realizado durante los años 2016 y 2017.

Los mecanismos, procedimientos y métodos de recolección de información primaria y revisión de la información secundaria para cada una de las temáticas, como el uso de sistemas de información geográfica (SIG), se presentan de manera general en el numeral 1.5 Metodología.

En términos generales las fuentes consultadas ofrecieron información suficiente para realizar la caracterización general del área de estudio; información que fue cotejada y complementada mediante los recorridos de campo, permitiendo ajustar los vacíos que esta pudiera presentar y a la vez validar la concordancia de esta caracterización con las condiciones socio-ambientales actuales del área.

Resultado de esta validación se identificó, el área de influencia del medio socio económico para el proyecto con base en la cartografía oficial de los Planes de Ordenamiento Territorial de los municipios de Villavicencio, Acacias y Castilla La Nueva; en el caso de La división predial se identificaron diferencias en la ubicación y existencia de los mismos respecto a la información del IGAC, en este aspecto en el territorio se han presentado cambios en la distribución de la tierra, por venta y procesos de sucesión, entre otros.

1.1.5.4 Fecha de realización de los estudios de cada componente

Las fechas de realización de los estudios ambientales por componente se relacionan en la **Tabla 1-6**.

Tabla 1-6 Estudios ambientales realizados para del proyecto

Componente	Estudio	Fecha
GEOLOGÍA	Controles litológicos, geomorfológicos y de procesos morfodinámicos.	Abril del 2016
GEOMORFOLOGÍA	Verificación de contactos geomorfológicos, identificación de las zonas de inundación, procesos morfodinámicos y agentes antrópicos (construcción de obras de infraestructura, actividades agrícolas y/o ganaderas, cambios de uso del suelo, entre otras)	Abril del 2016
SUELOS	Caracterización de las unidades de suelo	Abril y mayo de 2016
	Muestreo de suelos	Abril y mayo de 2016
		Abril y mayo de 2017
HIDROLOGÍA	Inventario de cuerpos de agua loticos y lenticos. Identificación de sitios de captación	Abril y mayo de 2016

Componente	Estudio	Fecha
USOS DEL AGUA	Inventario de usos y usuarios existentes en una franja de 500 metros aguas abajo y aguas arriba de puntos de captación definidos.	Abril de 2017
CALIDAD DE AGUA	Monitoreos fisicoquímicos e hidrobiológicos	Abril y mayo de 2016
HIDROGEOLOGÍA	Inventario de puntos de agua subterránea	Abril y mayo de 2016 Julio y agosto de 2016
		Abril y junio de 2017
FLORA	Inventario forestal	Abril y mayo de 2017
EPIFITAS	Inventario de epifitas	Mayo de 2017
FAUNA	Monitoreos de Fauna (Mamíferos, reptiles, aves y Anfibios)	Abril y mayo de 2016 Junio 2017
ECOSISTEMAS ACUÁTICOS	Identificación ecosistemas acuáticos lénticos y lóticos	Abril y mayo de 2016
COMPONENTE SOCIAL	Lineamientos de participación (Primer momento)	Marzo y abril de 2017
	Lineamientos de participación (Segundo momento)	Mayo y junio de 2017
	Lineamientos de participación (Tercer momento)	Agosto de 2017
ARQUEOLOGÍA	Prospección arqueológica en los sitios de ubicación de torres, para identificar el potencial arqueológico	Junio y Julio de 2017
PAISAJE	Verificación y actualización de la información temática correspondiente a paisaje en el área de interés	Mayo de 2017

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

1.1.5.5 Descripción del contenido del estudio

La estructura del EIA del proyecto “Construcción y operación de la línea de transmisión a 230 kV La Reforma - San Fernando”, ubicada en los municipios de Villavicencio, Acacias y Castilla La Nueva en el Departamento del Meta se encuentra enmarcada dentro de los Términos de Referencia del sector de energía LI-TER-1-01 para tendidos de las líneas de transmisión del sistema nacional de interconexión eléctrica, compuesto por el conjunto de líneas con sus correspondientes módulos de conexión (subestaciones) que se proyecte operen a tensiones iguales o superiores a 220 kV expedidos por el MAVDT en el año 2006 hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS); la Metodología General para Presentación de Estudios Ambientales acogida mediante la Resolución N°. 1553 de 2010; la Actualización del Modelo de Almacenamiento Geográfico (Geodatabase) establecida mediante la Resolución 2182 de diciembre de 2016, entre otras, que se relacionan en el ítem de marco normativo del presente capítulo.

En las **Tabla 1-7** se hace una breve descripción del contenido de cada uno de los capítulos y anexos respectivamente.

Tabla 1-7 Contenido de los capítulos del estudio

Capítulo	Descripción
Resumen ejecutivo	En este capítulo se presenta una síntesis de los alcances del estudio, los antecedentes y los aspectos más relevantes del proyecto, se indican las características técnicas y ambientales del proyecto, los requerimientos en cuanto al aprovechamiento de los recursos naturales, la identificación y caracterización de los impactos ambientales y económicos que se pueden llegar a generar durante la ejecución del mismo, el manejo que se le debe dar a cada una de las zonas determinadas según su sensibilidad ambiental, las medidas del Plan de Manejo y el Plan de Seguimiento y Monitoreo establecidas; así como los Planes de Contingencia y de Inversión del 1%.
Capítulo 1. Generalidades	A lo largo de este capítulo se enmarca el área de ejecución del proyecto, se definen sus objetivos y se justifica su elaboración. De igual modo, se presenta una relación detallada de los antecedentes del área y del marco normativo que regirá los diferentes aspectos del proyecto en general y el tiempo en que se estima desarrollar cada una de sus actividades. Finalmente, se presentan las metodologías empleadas para la elaboración de los componentes físicos, bióticos y socioeconómicos que conforman el estudio.
Capítulo 2. Descripción del proyecto	Este capítulo incluye la localización del proyecto, especificando las particularidades de las diferentes vías de acceso, obras de arte e infraestructura social, petrolera y minera presente actualmente en la zona de estudio, Se indican las características técnicas del proyecto, tipo y número de estructuras necesarias (torres y subestaciones), corredores viales, la estructura organizacional de la Empresa de Energía de Bogotá, el cronograma de ejecución y los requerimientos en cuanto a maquinaria, equipos, personal, tecnologías, procesos, procedimientos y recursos naturales.
Capítulo 3. Caracterización del Área de Influencia del proyecto	En este capítulo se definen las áreas de influencia directa e indirecta del proyecto para los medios físico, biótico y socioeconómico, se delimita y evalúa desde dos niveles: el Área de Influencia Directa (AID) y Área de Influencia Indirecta (AII) para el proyecto. En ambos casos se analizan los aspectos físicos y sus componentes geológico, geomorfológico, de suelos, hidrogeológico, atmosférico, hidrológico, calidad del agua y calidad del aire; los aspectos bióticos estructurados en ecosistemas terrestres con sus componentes de flora, fauna, y ecosistemas acuáticos con los recursos hidrobiológicos; finalmente los aspectos sociales y sus componentes de lineamientos de participación, demográfico, espacial, político, económico, cultural y tendencias del desarrollo, abarcando este último los subcomponentes étnico y arqueológico. En este capítulo también se presentan los resultados de la descripción y caracterización ambiental, obteniéndose una síntesis del diagnóstico y una visión global de las condiciones de los ecosistemas, de la estructura y funcionamiento del paisaje y los recursos naturales que ofrece el área de estudio. Finalmente, se presenta la zonificación ambiental, resultado de la integración de los tres medios mencionados, además de la determinación de la aptitud física del terreno u oferta ambiental.
Capítulo 4. Demanda, uso, aprovechamiento y/o afectación de recursos naturales	En este capítulo se identifican, especifican y sustentan las solicitudes de uso y aprovechamiento de recursos naturales y los permisos requeridos para la construcción de la línea de interconexión eléctrica y subestaciones de acuerdo con su proyección y las características técnicas.
Capítulo 5. Evaluación Ambiental	Este capítulo identifica y caracteriza el estado actual del área en la que se realizará el proyecto (evaluación sin proyecto), en donde se determinan los impactos producto del desarrollo de las actividades antrópicas y petroleras existentes. De igual modo, se identifican y evalúan los posibles impactos que llegarían a presentarse como consecuencia de la ejecución de las actividades que involucran cada etapa del proyecto. Finalmente, se realiza el análisis de la evaluación económica de impactos, mediante el cual se determina su viabilidad económica, frente a los impactos generados.
Capítulo 6. Zonificación de manejo ambiental del proyecto	En este aparte se definen las áreas del proyecto (AID y AII), y se presenta la combinación entre la zonificación ambiental (sensibilidades) y la evaluación ambiental de impactos, obteniendo las restricciones de exclusión, intervención con restricciones mayores, áreas de intervención con restricciones menores y áreas susceptibles de intervención; como también los usos compatibles de cada una de las áreas de sensibilidad ambiental establecidas.

Capítulo	Descripción
Capítulo 7. Plan de Manejo Ambiental	Luego de determinar los posibles impactos ambientales que pueden generarse como consecuencia del desarrollo del proyecto de construcción y operación de la línea eléctrica, se establecen los diferentes programas y acciones de manejo, encaminadas a la prevención, mitigación, control y/o corrección de los impactos sobre los medios físico, biótico y socioeconómico.
Capítulo 8. Programa de Seguimiento y Monitoreo del proyecto	En este capítulo se presentan las acciones y mecanismos a desarrollar y emplear con el objetivo de monitorear y optimizar la ejecución y desarrollo de las medidas del Plan de Manejo y el cumplimiento de las normas ambientales nacionales, regionales y locales vigentes aplicables al proyecto.
Capítulo 9. Plan de Contingencia	Este capítulo incluye la identificación de las amenazas y la evaluación de la vulnerabilidad de los elementos que se encuentran en riesgo en el área del proyecto, realizando un análisis de los posibles riesgos endógenos y exógenos; para finalmente, establecer las acciones y procedimientos que debe contener el Plan de Contingencia en cuanto a lo estratégico, operativo e informativo.
Capítulo 10. Plan de abandono y restauración final	A lo largo de este capítulo se desarrolla la propuesta del manejo ambiental para la restauración de las diferentes áreas intervenidas por el proyecto, lo que se pondrá en marcha una vez se haya finalizado el proyecto para reconfigurar morfológicamente y paisajísticamente la zona a abandonar y el restablecimiento de la cobertura vegetal.
Capítulo 11. Plan de inversión del 1%	En este capítulo se presenta la propuesta y formulación técnico económica de los proyectos de inversión del 1%, del valor del proyecto, por el uso del recurso hídrico tomado de fuente natural superficial o subterránea. Proyectos basados en los procesos de concertación con la Corporación Autónoma Regional donde se ubica el proyecto, enmarcado dentro de los lineamientos establecidos por la normatividad ambiental vigente para este tema.

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

Obtener la Licencia Ambiental para del proyecto “Construcción y operación de la línea de transmisión a 230 kV La Reforma - San Fernando”, ubicado en los municipios de Villavicencio, Acacias y Castilla La Nueva en el Departamento del Meta, garantizando el manejo y uso sostenible de los recursos naturales presentes dentro del área de estudio.

1.2.2 Objetivos específicos

- Describir todas las actividades asociadas al proyecto de la línea eléctrica en sus características técnicas, constructivas y operativas.
- Caracterizar y evaluar los componentes físicos, bióticos, socioeconómicos y culturales existentes en el área de influencia directa e indirecta de la línea de transmisión a 230 kV proyectada desde la subestación La Reforma hasta la subestación San Fernando.
- Identificar las condiciones de demanda, uso, aprovechamiento y afectación de los recursos naturales requeridos durante la fase de construcción y operación de la línea de transmisión a 230 kV.

- Evaluar los impactos ambientales que se deriven del desarrollo de cada una de las fases, obras y actividades del proyecto.
- Realizar la zonificación ambiental mediante el análisis integral de los componentes caracterizados para determinar las potencialidades, fragilidades y sensibilidad ambiental del área de influencia sin considerar la inclusión del proyecto.
- Determinar la zonificación de manejo ambiental a partir del análisis conjugado de la zonificación ambiental y la evaluación de impactos en aras de establecer áreas de exclusión, áreas de intervención con restricciones y áreas de intervención.
- Establecer las estrategias de manejo ambiental y de seguimiento y monitoreo mediante la formulación de programas, proyectos y actividades enfocadas a prevenir, mitigar, controlar, corregir y compensar los impactos identificados en la evaluación previa.
- Realizar el análisis de riesgos relacionado con la construcción y operación de la línea transmisión a 230 kV proyectada y establecer con base en dicho análisis los lineamientos del Plan de Contingencia, de tal forma que incluya la definición de los planes estratégico, operativo e informativo pertinentes.
- Presentar una propuesta de uso final del suelo armonizado con el entorno ambiental que incluya las medidas de manejo y reconfiguración morfológica, vegetal y paisajística de las áreas intervenidas por infraestructura, así como una estrategia de información a la comunidad y la autoridad.
- Presentar una propuesta técnico - económica del plan de inversión del 1% correspondiente al uso del recurso hídrico tomado de fuentes naturales superficiales para el caso del presente proyecto.

1.3 Antecedentes

El proyecto surge como parte del Plan Integral de Energía Eléctrica de la Gerencia Central (GEC) de ECOPETROL S.A, que busca asegurar el suministro de energía eléctrica con una capacidad total de 265 MW en el año 2025, y la confiabilidad del sistema de transmisión para el desarrollo de los campos de producción directa de crudos pesados de la Superintendencia Castilla–Chichimene, así como liberar carga de la Electrificadora del Meta S.A (EMSA), evitando pérdidas e interrupciones del sistema.

A continuación, se describen los principales antecedentes del proyecto:

- Mediante radicado 20121500037441 de diciembre de 2012, la UPME emitió concepto de conexión de la subestación San Fernando 230 kV, mediante un doble circuito y una capacidad de 30 MW.
- Mediante radicado UPME 20141260018732 de mayo de 2014, ECOPETROL S.A actualizó el estudio de conexión de la subestación San Fernando 230 kV a la subestación Reforma 230 kV.

- Mediante escrito radicado No. 4120-E1-27862 del 30 de mayo de 2014, ECOPETROL S.A. , solicitó ante la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales -ANLA-, pronunciamiento frente a la necesidad de Diagnóstico Ambiental de Alternativas - DAA, para el proyecto denominado "Construcción y Operación de una Línea Eléctrica de 230 kV de doble circuito entre /as Sub-estaciones La Reforma (Villavicencio-Meta) y San Fernando (Castilla La Nueva-Meta)", localizado en jurisdicción de los municipios de Villavicencio, Acacias y Castilla La Nueva en el departamento del Meta.
- Mediante escrito radicado No. 4120-E2-27862 del 01 de septiembre de 2014, la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales -ANLA emitió pronunciamiento frente a la solicitud de ECOPETROL S.A., que requería la elaboración del Diagnóstico Ambiental de Alternativas para el proyecto en mención, dando cumplimiento a lo requerido en los Términos de Referencia DATER- 3-01 establecidos mediante Resolución 1277 del 30 de junio de 2006.
- En septiembre de 2014, el transportado emite concepto de viabilidad para la conexión de la demanda de la subestación San Fernando 230 kV indicando: "(...) Con base en los términos presentados en el estudio y los resultados obtenidos para la atención de la demanda de San Fernando desde la subestación Reforma 230 kV, INTERCOLOMBIA da su concepto de conexión favorable para el Proyecto de conexión solicitado (...)"
- Mediante radicado 20141500092361 de diciembre de 2014, la UPME emitió concepto de conexión San Fernando 230 kV a la subestación Reforma 230 kV indicando: "(...) Considerando todo lo expuesto, la unidad da concepto de conexión para la demanda presentada en la Tabla 1, condicionada a la entrada de proyectos según lo indicado en esta misma tabla, mediante la conexión de la subestación San Fernando 230 kV a la subestación Reforma 230 kV por medio de circuito sencillo (...)"
- Mediante escrito radicado No. 2015061966-1-000 del 20 de noviembre de 2015, ECOPETROL S.A., informó a esta Autoridad Ambiental el cambio de solicitante en el trámite para la evaluación del Diagnóstico Ambiental de Alternativas - DAA para el proyecto denominado "Construcción y Operación de una Línea Eléctrica de 230 kV de circuito sencillo entre /as Sub-estaciones La Reforma (Villavicencio-Meta) y San Fernando (Castilla La Nueva-Meta)", siendo éste la EMPRESA DE ENERGÍA DE BOGOTÁ S.A. E.S.P. EEB.
- Mediante la Ventanilla Integral de Trámites Ambientales en Línea - VITAL, registrada con el número 0100089999908216001 del 24 de febrero de 2016, la EMPRESA DE ENERGÍA DE BOGOTÁ S.A. E.S.P.-EEB, radicó la solicitud de evaluación del Diagnóstico Ambiental de Alternativas - DAA del proyecto denominado "Construcción y Operación de una Línea de Transmisión Eléctrica de 230 kV de circuito sencillo entre las Sub-estaciones, adjuntando para tal fin el Certificado de Existencia y Representación Legal de la empresa, atendiendo a lo establecido en el Artículo 2.2.2.3.6.1. Sección 6 del Decreto 1076 del 26 de mayo de 2015 "Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y

Desarrollo Sostenible". Así mismo allega el soporte de pago por el servicio de evaluación.

- Mediante Auto 747 del 4 de marzo de 2016, la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales - ANLA inicio el trámite Administrativo de Evaluación de Diagnóstico Ambiental de Alternativas del proyecto denominado "Construcción y Operación de una Línea de Transmisión Eléctrica de 230 kV de circuito sencillo entre las Subestaciones La Reforma (Villavicencio-Meta) y San Fernando (Castilla La Nueva Meta)", con jurisdicción en los municipios de Villavicencio, Acacias y Castilla La Nueva, en el departamento del Meta.
- Mediante Auto 1492 del 27 de abril de 2016, la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales- ANLA, aclaró el Artículo Primero del Auto 747 del 4 de marzo de 2016, el cual quedó de la siguiente manera: "ARTÍCULO PRIMERO.- Iniciar trámite administrativo de evaluación del Diagnóstico Ambiental de Alternativas- DAA, a la EMPRESA DE ENERGÍA DE BOGOTÁ S.A. E.S.P. -EEB, para el proyecto denominado "Construcción y Operación de una Línea de Transmisión de energía eléctrica a 230 kV entre la subestación del Sistema Interconectado Nacional "La Reforma" y la subestación "San Fernando" ubicada en el municipio de Castilla la Nueva en el departamento del Meta", con jurisdicción en los municipios de Villavicencio, Acacias y Castilla la Nueva en el departamento del Meta.
- Que la Autoridad Ambiental de Licencias Ambientales - ANLA, realizó visita de evaluación al proyecto "Construcción y Operación de una Línea de Transmisión de energía eléctrica a 230 kV entre la subestación del Sistema Interconectado Nacional "La Reforma" y la subestación "San Fernando" ubicada en el municipio de Castilla la Nueva en el departamento del Meta", los días comprendidos entre el 30 de marzo al 1 de abril de 2016.
- El grupo de Energía, Presas, Represas, Trasvases y Embalses de la Subdirección de Evaluación y Seguimiento de la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales - ANLA-, de conformidad con la visita efectuada a la zona del proyecto, y la información radicada por la EMPRESA DE ENERGÍA DE BOGOTÁ S.A. E.S.P. para el Diagnóstico Ambiental de Alternativas, emitió el Concepto Técnico 3624 el 25 de julio de 2016.
- Mediante Auto 04503 del 16 de septiembre de 2016, la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales -ANLA define la alternativa 1 que parte de la subestación la Reforma ubicada en el municipio de Villavicencio, cruza este municipio, Acacias y Castilla La Nueva hasta la subestación San Fernando ubicada en este último municipio, en el departamento del Meta, para el proyecto "Construcción y Operación de una Línea de Transmisión de energía eléctrica a 230 kV entre la subestación del Sistema Interconectado Nacional "La Reforma" y la subestación "San Fernando" ubicada en el municipio de Castilla La Nueva en el departamento del Meta", bajo la cual deberá presentar el Estudio de Impacto Ambiental

1.3.1 Estudios e investigaciones previas

En la **Tabla 1-8** se presenta la relación de proyectos existentes en el área de influencia del proyecto y que cuentan con autorización ambiental, los cuales fueron considerados en la elaboración del presente documento.

Tabla 1-8 Estudios previos en el área del proyecto

Sector	Proyecto	Licencia Ambiental	Operador
Hidrocarburos	Bloque explotación ANH 2202 – Cubarral	Resolución 1310 de 3 de noviembre de 1995 Resolución 0728 del 6 de septiembre de 2012 (Modificación)	ECOPETROL S.A.
Hidrocarburos	Bloque exploración ANH 251 – CPO 9	Resolución 331 de 15 de mayo de 2012	ECOPETROL S.A.
Hidrocarburos	Oleoducto CHICHIMENE - API AY	Resolución 0728 del 6 de septiembre de 2012	ECOPETROL S.A.
Hidrocarburos	Oleoducto Chichimene Castilla II	Resolución 0728 del 6 de septiembre de 2012	ECOPETROL S.A.
Hidrocarburos	Gasoducto APIAY – BOGOTÁ	Resolución 1120 de 21 de septiembre de 1989 Resolución 1520 de 24 de diciembre de 2003 (Modificación)	TRANSPORTADORA DE GAS INTERNACIONAL S.A. E.S.P
Hidrocarburos	Naftaducto 10" Chichimene – San Fernando	Resolución 0728 del 6 de septiembre de 2012	ECOPETROL S.A.
Vial	Doble calzada Bogotá-Villavicencio	Resolución 0243 de 10 de marzo de 2016	CONCESIONARIA VIAL ANDINA S.A.S
Minería	Agregado Pétreo del Meta	Resolución PS-GJ. 1.2.6.013.0941	Carlos Alberto Pilauri Postarini
Minería	Compañía Minera M L Asociados S A MINASO S A	Contrato de concesión 16716	Compañía Minera M L Asociados S A MINASO S A
Minería	Materiales de construcción - Guayuriba	Resolución 2.6.11.0715 del 15 de abril de 2011	José Héctor Murillo -Marco Aurelio Angel
Minería	Mina La Concia	Resolución No. 2604166 de 12 de mayo de 2004	Moisés Baquero Correal - Gravas y Arenas para concreto S. A. (Gravicon)

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

En la **Imagen 1-2** a la **Imagen 1-4** se presenta la superposición del proyecto objeto de estudio con los proyectos eléctricos, de hidrocarburos y mineros existentes en el área.

En la **Tabla 1-9** se relacionan los puntos donde el proyecto objeto de estudio se intercepta con los proyectos lineales (líneas eléctricas, líneas de flujo, oleoductos, naftaducto, gasoductos, vías) presentes en el área.

Tabla 1-9 Intercepción de proyectos lineales con la línea de transmisión a 230 kV La Reforma-San Fernando

PROYECTO DE CONDUCCIÓN DE HIDROCARBUROS	PUNTOS DE INTERCEPCIÓN CON LÍNEA DE TRANSMISIÓN A 230 kV LA REFORMA-SAN FERNANDO
Oleoducto Chichimene - Apiay	k30+463
Oleoducto Castilla II - Chichimene	k31+298
	k34+480
Gasoducto Apiay - Bogotá	k1+182
Naftaducto 8" Chichimene – San Fernando	K31+104
	K34+591
Línea de Flujo Troncal Sur	K29+832
Línea de Flujo CL-20 a ECH	K29+835
	K29+836
	K29+837
Línea de Flujo CL 43 PZ CH -110	K30+882
	K30+985
Línea de Flujo CL 43 PZ CH -94	K30+884
	K30+985
Línea de Flujo Troncal sur	K31+100
Línea eléctrica CL-20 a CL-2	K29+839
Línea eléctrica CL-43 a CL-8	K30+257
Línea eléctrica CL 43	K30+881
Línea eléctrica CH36 - CH30	K30+993
Línea eléctrica CH-36 a CL-8	K30+994
Línea eléctrica CL 43	K30+998
Línea eléctrica CDO-CMTS	K31+086
Línea eléctrica Troncal Sur	K31+100
Línea eléctrica Acacias-CECH	K31+268
	K33+556
Línea eléctrica CDC-CECH	K31+274
	K34+196
Línea eléctrica S/E San Fernando-Castilla 3 Opción 1 Tramo 1	K34+914

PROYECTO DE CONDUCCIÓN DE HIDROCARBUROS	PUNTOS DE INTERCEPCIÓN CON LÍNEA DE TRANSMISIÓN A 230 kV LA REFORMA-SAN FERNANDO
Doble calzada Bogotá – Villavicencio	K0+839
	K1+302
	K2+152

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

En la **Tabla 1-10**, se relaciona la información de las distancias de las plataformas petroleras existentes en el área de influencia del proyecto en los Bloques de hidrocarburos Cubarral y CPO-9 en un corredor de 600 metros respecto al proyecto “Construcción y operación de la línea de transmisión a 230 kV La Reforma – San Fernando”.

Tabla 1-10 Distancias de plataformas existentes al proyecto

BLOQUE HIDROCARBUROS	PLATAFORMA EXISTENTE	DISTANCIA A LA LÍNEA DE TRANSMISIÓN A 230 kV LA REFORMA-SAN FERNANDO (metros)
CUBARRAL	Cluster-CL-35	147.2
	Cluster-CL-20	293.4
	Clúster –CL-47	283.26
	Cluster-CL-43	97.3
	Acopio Chichimene	93.25
CPO-9	ZODAR AK 4	289.43

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

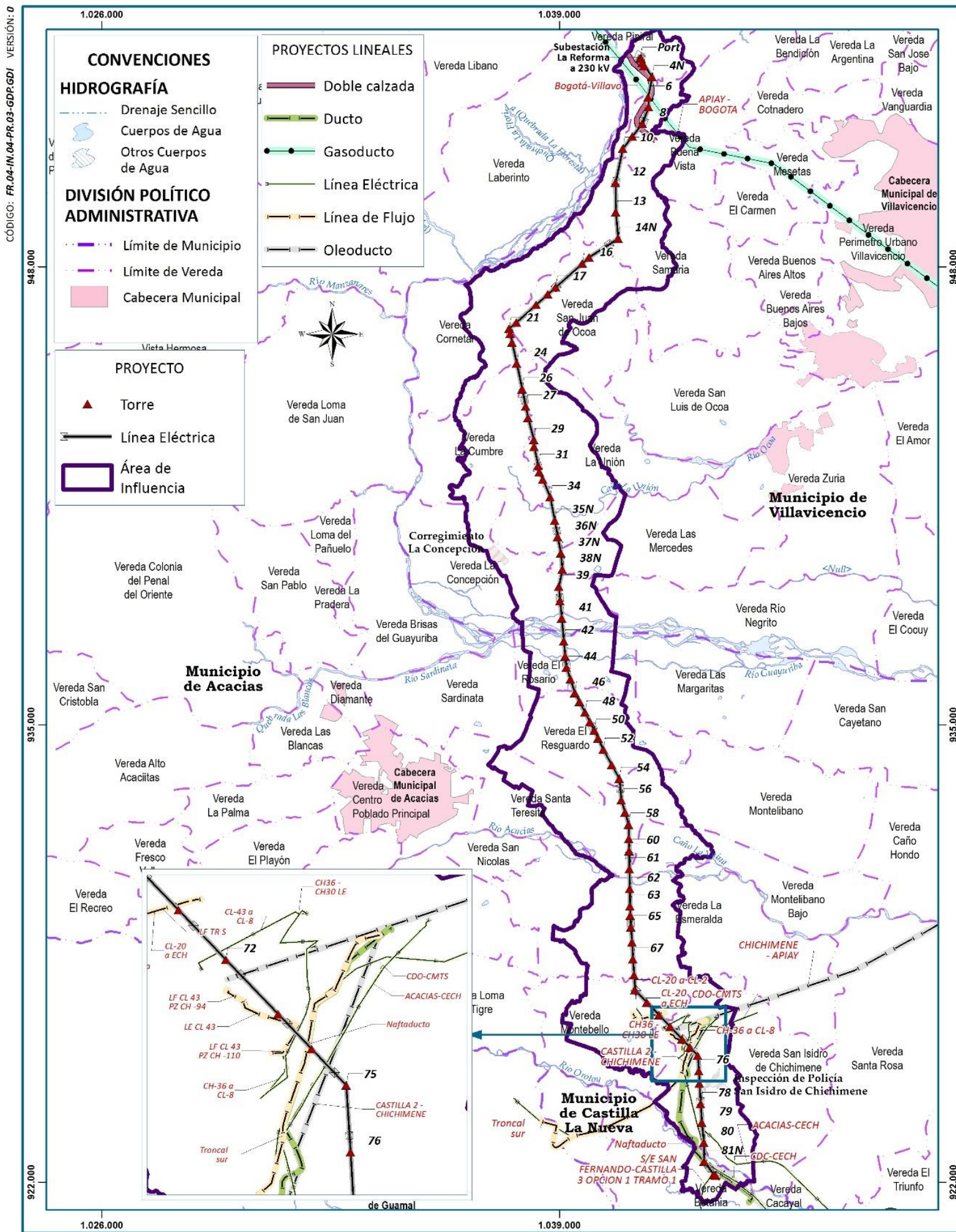
En la **Tabla 1-11** se relacionan los puntos donde la línea de transmisión eléctrica La Reforma-San Fernando intercepta con los proyectos mineros presentes en el área.

Tabla 1-11 Intercepción de proyectos mineros con del proyecto

TITULAR TITULO	PUNTOS DE INTERCEPCIÓN CON LÍNEA DE TRANSMISIÓN A 230 kV LA REFORMA-SAN FERNANDO	
	ABSCISA INICIAL	ABSCISA FINAL
Gisela Palencia Aguilar	k0 + 86	k0 + 624
Gisela Palencia Aguilar	k0 + 664	k2 + 544
Aida Sanabria	k2 + 592	k3 + 280
Hormigón Andino	k3 + 280	k3 + 689
Compañía Minera M L Asociados S A MINASO S A	k9 + 609	k12 + 321
HOLCIM (COLOMBIA) S.A	k15 + 939	K17 + 957
Carlos Alberto Pilauri Postarini	k17 + 957	k19 + 464
José Héctor Murillo -Marco Aurelio Ángel	k33 + 695	k34 + 434

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

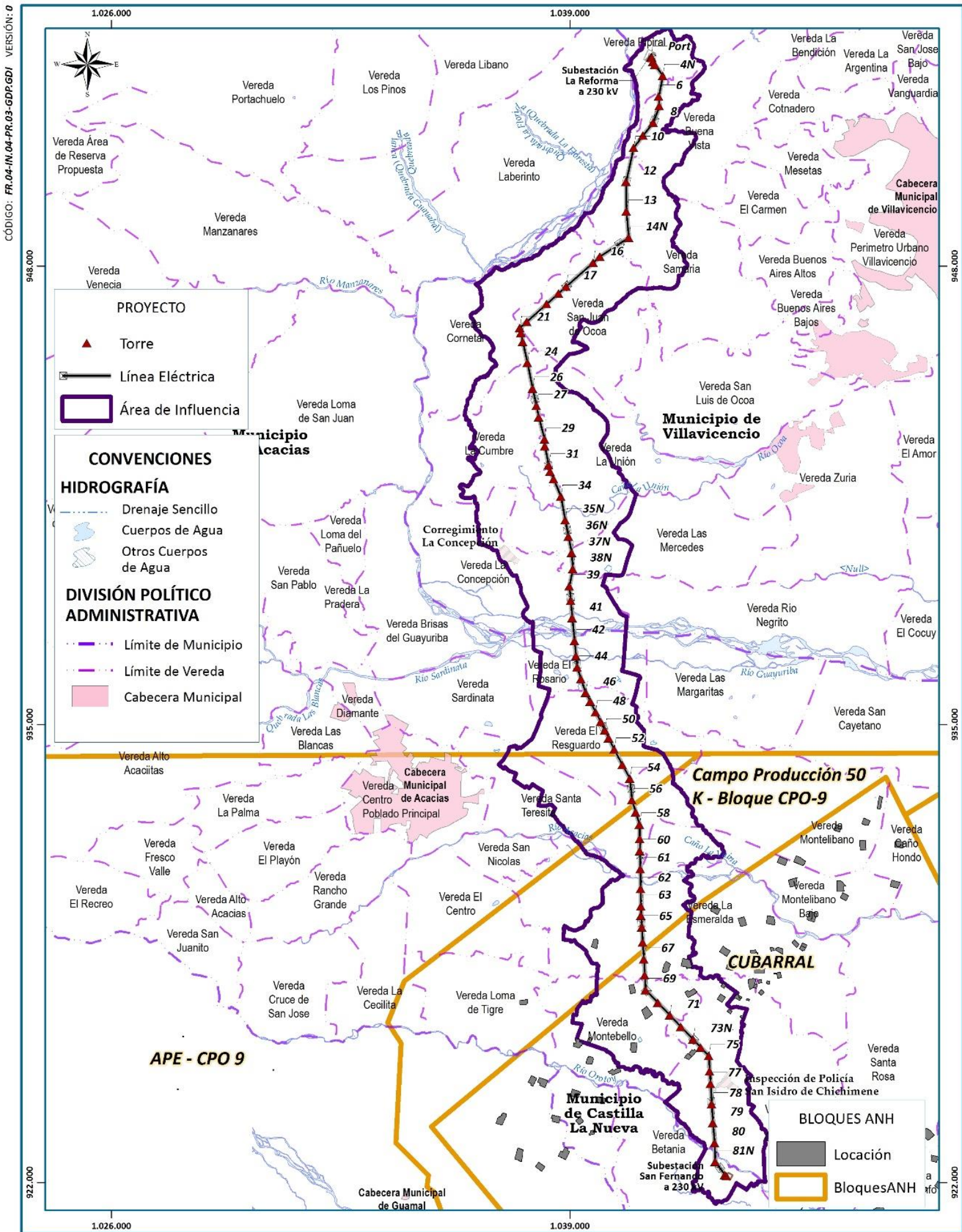
Imagen 1-2 Superposición línea de transmisión y proyectos lineales existentes en el área del proyecto



LicenciasLineasGasOleElec.mxd

Fuente: CORMACARENA – ANLA. 2017. Adaptado por CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

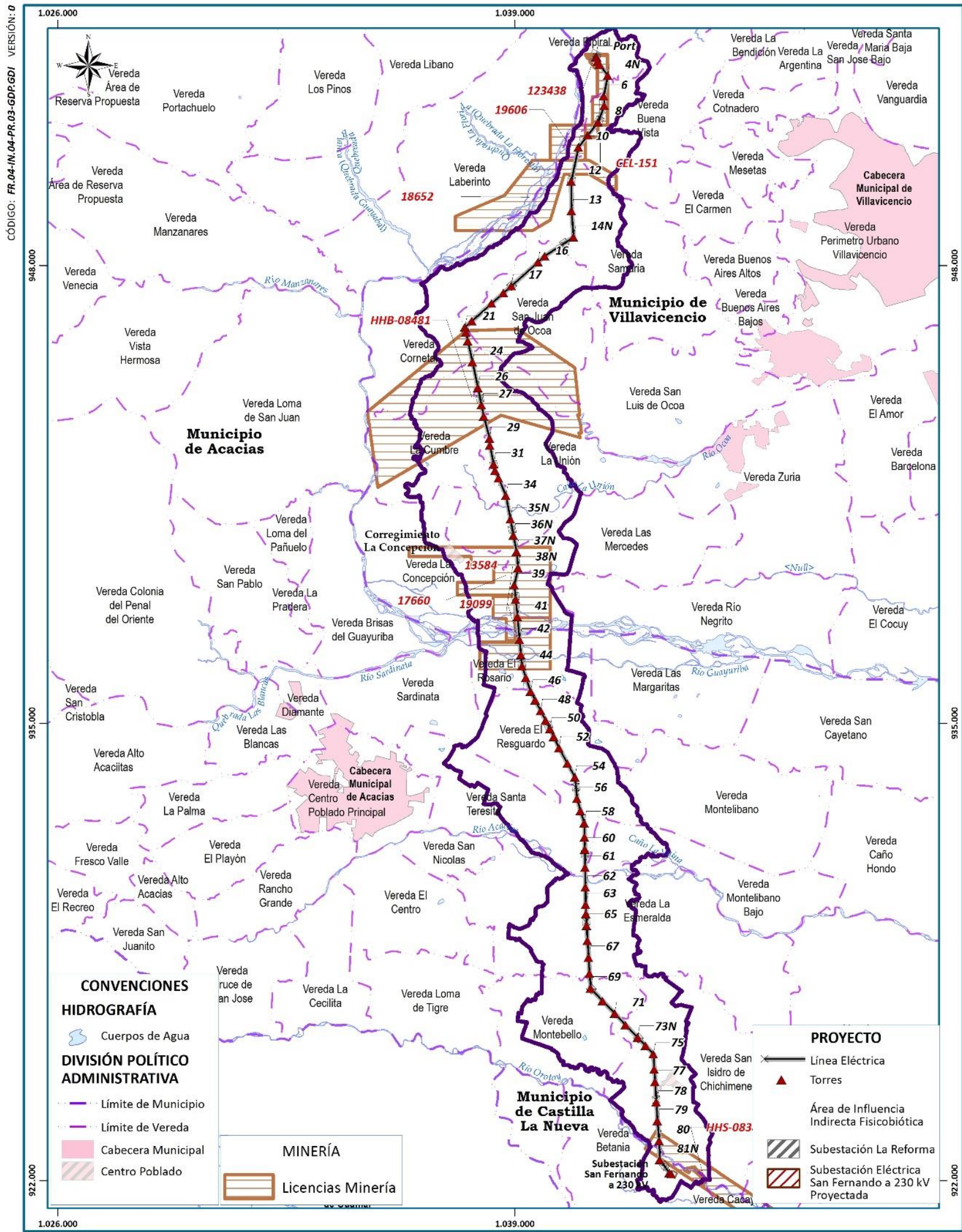
Imagen 1-3 Superposición línea de transmisión y bloques de hidrocarburos existentes en el área del proyecto



LicenciasBloquesHidrocarburos.mxd

Fuente: CORMACARENA – ANLA. 2017. Adaptado por CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

Imagen 1-4 Superposición línea de transmisión y proyectos mineros existentes en el área del proyecto



LicenciasMineria.mxd

Fuente: CORMACARENA – ANLA 2017. Adaptado por CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

1.3.2 Trámites anteriores ante autoridades competentes

Para el proyecto objeto del presente licenciamiento, en mayo de 2014, ECOJETROL S.A. solicitó a la ANLA pronunciamiento frente a la necesidad de Diagnóstico Ambiental de Alternativas – DAA, en septiembre de este mismo año la ANLA emite pronunciamiento informando que para el proyecto se requería de la elaboración de Diagnóstico Ambiental de Alternativas. Posteriormente en noviembre del año 2015, ECOJETROL S.A informa a la ANLA el cambio de solicitante en el trámite para la evaluación del Diagnóstico Ambiental de Alternativas –DAA siendo este la Empresa de Energía de Bogotá S.A. E.S.P. - EEB, la cual en febrero de 2016 radica la solicitud de evaluación del Diagnóstico Ambiental de Alternativas – DAA del proyecto denominado "*Construcción y Operación de una Línea de Transmisión Eléctrica de 230 kV de doble circuito entre las Sub-estaciones La Reforma (Villavicencio-Meta) y San Fernando (Castilla La Nueva-Meta)*", y finalmente mediante Auto No. 04503 de septiembre de 2016, la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales -ANLA define la alternativa 1 como el trazado seleccionado para la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental.

1.3.3 Marco normativo

Durante la elaboración del presente Estudio Ambiental del proyecto “Construcción y operación de la línea de transmisión a 230 kV La Reforma – San Fernando”, se tuvo en cuenta la normatividad ambiental nacional vigente, dentro de la cual se destacan el Decreto 1076 de mayo 26 de 2015 “Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible” y el Decreto 2041 de octubre 15 de 2014, “Por el cual se reglamenta el Título VIII de la Ley 99 de 1993 sobre Licencias Ambientales” (actualmente compilado en el Decreto 1076 de 2015); y la Resolución 1288 de junio 30 de 2006 “Por el cual se acogen los Términos de Referencia para la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental para el tendido de las líneas de transmisión del sistema nacional de interconexión eléctrica, compuesto por el conjunto de líneas con sus correspondientes módulos de conexión (subestaciones) que se proyecte operen a tensiones iguales o superiores a 220 kV”. En la **Tabla 1-12**, se relaciona la normativa tenida en cuenta para la realización del presente estudio.

Tabla 1-12 Normativa Ambiental aplicable

NORMA	FECHA	EMISOR	DESCRIPCIÓN
GENERALIDADES			
Decreto 1076	26-05-15	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible
Decreto 2811	18-12-74	Presidencia de la Republica de Colombia	Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente.
Decreto 1449 (compilado en el Decreto 1076 de 2015)	27-06-77	Ministerio de Agricultura	Por el cual se reglamentan parcialmente el inciso 1 del numeral 5 del artículo 56 de la Ley 135 de 1961 y el Decreto Ley 2811 de 1974.

NORMA	FECHA	EMISOR	DESCRIPCIÓN
Ley 9 de 1979	24-01-79	Congreso de la Republica de Colombia	Por la cual se dictan medidas sanitarias
Constitución Política de Colombia	04-07-91	Asamblea Nacional Constituyente	En su artículo 79 señala que todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano, y se exponen otras consideraciones. Igualmente, en su artículo 80 expone que el estado planificará el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución.
Ley 99	22-12-93	Congreso de Colombia	Por la cual crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el sector público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental (SINA) y se dictan otras disposiciones.
Decreto 309 (compilado en el Decreto 1076 de 2015)	25-02-00	Ministerio del Medio Ambiente	Por el cual reglamenta la investigación científica sobre diversidad.
Resolución 1023	28-07-05	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Por la cual se adoptan las guías ambientales como instrumento de autocontrol y autorregulación.
Resolución 2202	03-01-05	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Por la cual se adoptan los formularios únicos nacionales de solicitud de trámites ambientales.
Resolución 349	2006	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Por la cual se establece el porcentaje de gastos de administración que cobrarán las autoridades ambientales en relación con los servicios de evaluación y seguimiento ambiental.
Decreto 1299 (compilado en el Decreto 1076 de 2015)	22-04-08	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Por el cual se reglamenta el Departamento de Gestión Ambiental de las Empresas a nivel Industrial y se dictan otras disposiciones.
Ley 1333	21-07-09	Presidencia de la República de Colombia	Por la cual se establece el procedimiento sancionatorio ambiental y se dictan otras disposiciones.
Decreto 3695 (compilado en el Decreto 1076 de 2015)	25-09-09	Presidencia de la República de Colombia	. Reglamentar el formato, presentación y contenido del comparendo ambiental de que trata la Ley 1259 de 2008, así como establecer los lineamientos generales para su imposición al momento de la comisión de cualquiera de las infracciones sobre aseo, limpieza y recolección de residuos sólidos
Resolución 415	01-03-10	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Por el cual se reglamenta el Registro Único de Infractores Ambientales RUIA.
Resolución 1503	04-08-10	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Por la cual se adopta la Metodología General para la Presentación de Estudios Ambientales y se toman otras determinaciones

NORMA	FECHA	EMISOR	DESCRIPCIÓN
Decreto 3573 (compilado en el Decreto 1076 de 2015)	27-09-11	Presidencia de la República de Colombia	Por el cual se crea la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA) y se dictan otras disposiciones.
Decreto 3678 (compilado en el Decreto 1076 de 2015)	04-10-10	Presidencia de la República de Colombia	Por el cual se establecen los criterios para la imposición de las sanciones consagradas en el artículo 40 de la Ley 1333 del 21 de julio de 2009 y se toman otras determinaciones.
Resolución 2086	25-10-10	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Establece la metodología para la tasación de multas y las formulas a aplicar de acuerdo a los criterios definidos en el Decreto 3678 de 2010.
Resolución 260	28-11-11	Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA)	Por la cual se fijan las tarifas para el cobro de servicios de evaluación, seguimiento de licencias, permisos y autorizaciones ambientales.
Resolución 2182	23-12-16	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Por la cual se modifica y consolida el modelo de almacenamiento geográfico (Geodatabase) contenido en la Metodología General para la Presentación de Estudios Ambientales y en el Manual de Seguimiento Ambiental de Proyectos.
CUENCAS HIDROGRÁFICAS			
Decreto 1640 (compilado en el Decreto 1076 de 2015)	02-08-12 06-08-02	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Los instrumentos para la planificación, ordenación y manejo de las cuencas hidrográficas y acuíferos del país y se dictan otras disposiciones.
CONCESIÓN DE AGUAS / USOS DEL AGUA			
Decreto 1681 Derogado parcialmente por el Decreto 309 de 2000(compilado en el Decreto 1076 de 2015)	31-05-78	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Por el cual se reglamentan la parte X del libro II del Decreto Ley 2811 de 1974 que trata de los recursos hidrobiológicos, y parcialmente la Ley 23 de 1973 y el Decreto Ley 376 de 1957. El Decreto 309 de 2000 aplicará a todas las investigaciones científicas sobre diversidad biológica.
Decreto 1541 (compilado por el Decreto 1076 de 2015)	28-07-78	Presidencia de la República de Colombia	Por el cual se reglamenta la Parte III del Libro II del Decreto-Ley 2811 de 1974: "De las aguas no marítimas" y parcialmente la Ley 23 de 1973 Modificado por el Decreto 2858 de 1981.
CONCESIÓN DE AGUAS / USOS DEL AGUA			
Ley 373	06-06-97	Congreso de Colombia	Por la cual se establece el programa para el uso eficiente y ahorro del agua.
Decreto 3102	30-02-1997	Presidencia de la República de Colombia	Por el cual se reglamenta el artículo 15 de la Ley 373 de 1997 en relación con la instalación de equipos, sistemas e implementos de bajo consumo de agua.
Decreto 155 (compilado en el Decreto 1076 de 2015)	22-01-04	Presidencia de la República de Colombia	Por el cual se reglamenta el artículo 43 de la Ley 99 de 1993, sobre tasas por utilización de aguas y se adoptan otras disposiciones.
Resolución 0865	22-07-04	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Por la cual se adopta la metodología para el cálculo del índice de escasez para aguas superficiales a que se refiere el Decreto 155 de 2004 y se adoptan otras disposiciones

NORMA	FECHA	EMISOR	DESCRIPCIÓN
Decreto 4742	30-12-05	Presidencia de la República de Colombia	Por el cual se modifica el artículo 12 del Decreto 155 de 2004 y se reglamenta el artículo 43 de la Ley 99 de 1993 sobre tasas por utilización de agua.
Decreto 2099	22-12-16	Presidencia de la República de Colombia	Por el cual se modifica el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible, Decreto número 1076 de 2015, en lo relacionado con la "Inversión Forzosa por la utilización del agua tomada directamente de fuentes naturales" y se toman otras determinaciones.
Decreto 1324	19-04-07	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Por el cual se crea el registro de usuarios del recurso hídrico.
CONCESIÓN DE AGUAS / USOS DEL AGUA			
Resolución 974	01-06-07	y Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Establece el 10% del valor total de la inversión del 1% de inversión forzosa, como el porcentaje que debe destinarse para la elaboración del Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica.
Decreto 1575	09-05-07	Ministerio de la Protección Social	Por el cual se establece el sistema para la protección y control de la calidad del agua para consumo humano.
Resolución 2115	22-06-07	Ministerio de la Protección Social y Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Por medio de la cual se señalan las características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano.
VERTIMIENTO DE RESIDUOS LÍQUIDOS			
Decreto 1594 (compilado en el Decreto 1076 de 2015)	26-06-84	Ministerio de Agricultura	Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9 de 1979, así como el Capítulo II del Título VI -Parte III- Libro II y el Título III de la Parte III -Libro I- del Decreto - Ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos (derogado por el artículo 79, Decreto 3930 de 2010, salvo los artículos 20 y 21 y de manera transitoria continuarán vigentes los artículos 37 a 48, artículos 72 a 79 y artículos 155, 156, 158, 160, 161 del Decreto 1594 de 1984).
Resolución 273	01-04-97	Ministerio del Medio Ambiente	Fija las tarifas mínimas de las tasas retributivas por vertimiento líquidos para los parámetros de demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y sólidos suspendidos totales (SST).
Resolución 372	06-05-98	Ministerio de Medio Ambiente	Por el cual se actualizan las tarifas mínimas de las tasas retributivas por vertimientos líquidos y se dictan otras disposiciones.
VERTIMIENTO DE RESIDUOS LÍQUIDOS			
Ley 1259	19-12-08	Congreso de Colombia	Por medio de la cual se instaura en el territorio nacional la aplicación del comparendo ambiental a los infractores de las normas de aseo, limpieza y recolección de escombros; y se dictan otras disposiciones.

NORMA	FECHA	EMISOR	DESCRIPCIÓN
Decreto 2732 (compilado en el Decreto 1076 de 2015)	01-07-10	Presidencia de la República de Colombia	Por el cual se reglamenta el Decreto-Ley 2811 de 1974, la Ley 99 de 1993, la Ley 165 de 1994 y el Decreto-ley 216 de 2003, en relación con el Sistema Nacional de Áreas Protegidas, las categorías de manejo que lo conforman y se dictan otras disposiciones.
Decreto 3930 (compilado en el Decreto 1076 de 2015)	25-10-10	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9 de 1979, así como el Capítulo II del Título VI-Parte III Libro II del Decreto Ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos y se dictan otras disposiciones.
Decreto 4728 (compilado en el Decreto 1076 de 2015)	23-12-10	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Por el cual se modifica parcialmente el Decreto 3930 de 2010.
Resolución 1514	31-08-12	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Por la cual adoptan los Términos de Referencia para la Elaboración del Plan de Gestión del Riesgo para el Manejo de Vertimientos.
Decreto 2667 (compilado en el Decreto 1076 de 2015)	21-12-12	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Por el cual se reglamenta la tasa retributiva por la utilización directa e indirecta del agua como receptor de los vertimientos puntuales, y se toman otras determinaciones.
RESIDUOS SÓLIDOS CONVENCIONALES Y PELIGROSOS			
Resolución 02309	24-02-86	Ministerio de la Salud	Por la cual se dictan normas para el cumplimiento del contenido del Título III de la parte 4a. del Libro 1o. del Decreto Ley 2811 de 1974 y de los Títulos I, II y XI de la Ley 09 de 1979, en cuanto a Residuos Especiales
Resolución 541	14-12-94	Ministerio del Medio Ambiente	Por medio de la cual se regula el cargue, descargue, transporte, almacenamiento y disposición final de escombros, materiales, elementos, concretos y agregados sueltos de construcción, demolición y capa orgánica, suelo y subsuelo de excavación.
RESIDUOS SÓLIDOS CONVENCIONALES Y PELIGROSOS			
Decreto 4741 (compilado en el Decreto 1076 de 2015)	30-12-05	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Por el cual se reglamenta parcialmente la prevención y manejo de los residuos o desechos peligrosos generados en el marco de la gestión integral (desarrollado parcialmente por la Resolución 1402 de 2006).
Resolución 1402	17-07-06	Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial	Por la cual se desarrolla parcialmente el Decreto 4741 del 30 de diciembre de 2005, en materia de residuos o desechos peligrosos.
Resolución 1362	02-08-07	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	por la cual se establecen los requisitos y el procedimiento para el Registro de Generadores de Residuos o Desechos Peligrosos, a que hacen referencia los artículos 27 y 28 del Decreto 4741 del 30 de diciembre de 2005.
Ley 1252	27-11-08	Congreso de Colombia	Por la cual se dictan normas prohibitivas en materia ambiental, referentes a los residuos y desechos peligrosos y se dictan otras disposiciones.

NORMA	FECHA	EMISOR	DESCRIPCIÓN
Ley 1259	19-12-08	Congreso de Colombia	Por medio de la cual se instaura en el territorio nacional la aplicación del comparendo ambiental a los infractores de las normas de aseo, limpieza y recolección de escombros y se dictan otras disposiciones.
Resolución 372	26-02-09	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Por la cual se establecen los elementos que deben contener los Planes de Gestión de Devolución de Productos Pos-consumo de Baterías Usadas Plomo Acido, y se adoptan otras disposiciones.
Resolución 371	26-02-09	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Por la cual se establecen los elementos que deben ser considerados en los Planes de Gestión de Devolución de Productos Pos-consumo de Fármacos o Medicamentos Vencidos.
Resolución 3695	25-09-09	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Por medio del cual se reglamenta la Ley 1259 de 2008 y se dictan otras disposiciones
Resolución 1511	05-08-10	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Por la cual se establecen los Sistemas de Recolección Selectiva y Gestión Ambiental de Residuos de Bombillas y se adoptan otras disposiciones.
Resolución 1512	05-08-10	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Por la cual se establecen los Sistemas de Recolección Selectiva y Gestión Ambiental de residuos de computadores y/o periféricos y se adoptan otras disposiciones.
Resolución 1457	29-07-10	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Por el cual se establecen los Sistemas de Recolección Selectiva y Gestión Ambiental de Llantas Usadas y se adoptan otras disposiciones.
Resolución 1297	08-07-10	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Por el cual se establecen los Sistemas de Recolección Selectiva y Gestión Ambiental de Residuos de Pilas y/o acumuladores y se adoptan otras disposiciones.
Resolución 361	03-03-11	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Por la cual se modifica la Resolución 372 de 2009 sobre Gestión Ambiental de las Baterías Plomo Acido.
CALIDAD DE AIRE Y RUIDO			
Decreto 02	11-01-82	Presidencia de la República de Colombia	Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 09 de 1979 y el Decreto Ley 2811 de 1974, en cuanto a emisiones atmosféricas. Vigentes únicamente los artículos 37 y 85.
Resolución 8321	04-08-83	Ministerio de Salud	Por la cual se dictan normas sobre Protección y conservación de la Audición de la Salud y el bienestar de las personas, por causa de la producción y emisión de ruidos.
Decreto 948 (compilado en el Decreto 1076 de 2015)	05-06-95	Ministerio del Medio Ambiente	Por el cual se reglamentan, parcialmente la Ley 23 de 1973, los artículos 33, 73, 74, 75 y 76 del Decreto-Ley 2811 de 1974; los artículos 41, 42, 43, 44, 45, 48 y 49 de la Ley 9ª de 1979; y la Ley 99 de 1993, en relación con la prevención y control de la contaminación atmosférica y la protección de la calidad del aire.

NORMA	FECHA	EMISOR	DESCRIPCIÓN
Resolución 898	23-08-95	Ministerio del Medio Ambiente	Por la cual se regula los criterios ambientales de calidad de los combustibles líquidos y sólidos utilizados en hornos y calderas de uso comercial e industrial y en motores de combustión interna de automotores.
Decreto 2107 (compilado en el Decreto 1076 de 2015)	30-11-95	Ministerio del Medio Ambiente	Por medio del cual se modifica parcialmente el Decreto 948 de 1995 que contiene el Reglamento de Protección y Control de la Calidad del Aire.
Decreto 1697 (compilado en el Decreto 1076 de 2015)	27-06-97	Ministerio del Medio Ambiente	Por medio del cual se modifica parcialmente el Decreto 948 de 1995, que contiene el Reglamento de Protección y Control de la Calidad del Aire
Resolución 415	13-05-98	Ministerio del Medio Ambiente	Por la cual se establecen los casos en los cuales se permite la combustión de los aceites de desecho y las condiciones técnicas para realizar la misma.
Decreto 1552 (compilado en el Decreto 1076 de 2015)	20-10-05	Presidencia de la República de Colombia	Mediante el cual se modifica el artículo 38 del Decreto 948 de 1995, modificado por el artículo 3 del Decreto 2107 de 1995, relacionado con las emisiones de vehículos Diesel.
Decreto 1530 (compilado en el Decreto 1076 de 2015)	24-07-02	Presidencia de la República de Colombia	Por el cual se modifica el artículo 40 del Decreto 948 de 1995, modificado por el artículo 2º del Decreto 1697 de 1997 y por el Decreto 2622 de 2000, respecto del contenido de plomo en los combustibles.
Resolución 601	04-04-06	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Por el cual se establece la norma de calidad de aire o nivel de inmisión, para todo el territorio nacional en condiciones de referencia.
Resolución 627	07-04-06	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Por la cual se establece la norma nacional de emisión de ruido y ruido ambiental.
Decreto 979 (compilado en el Decreto 1076 de 2015)	03-04-06	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Por el cual se modifican los artículos 7, 10, 93, 94 y 108 del Decreto 948 de 1995 (prevención y control de la contaminación atmosférica y la protección de la calidad de aire).
Resolución 901	23-04-06	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Por la cual se toman medidas para controlar las importaciones y el uso de las Sustancias Agotadoras de la Capa de Ozono listadas en el Grupo II del Anexo A del Protocolo de Montreal.
Resolución 0910	05-06-08	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Por la cual se reglamentan los niveles permisibles de emisión de contaminantes que deberán cumplir las fuentes móviles terrestres, se reglamenta el artículo 91 del Decreto 948 de 1995 y se adoptan otras disposiciones.
Resolución 610	24-03-10	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Por la cual se modifica la Resolución 601 del 4 de abril de 2006 (Norma de Calidad del Aire o Nivel de Inmisión, para todo el territorio nacional en condiciones de referencia).
Resolución 651	29-03-10	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Por la cual se crea el subsistema de información sobre calidad del aire - SISAIRE.

NORMA	FECHA	EMISOR	DESCRIPCIÓN
Resolución 650	29-03-10	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Por el cual se adopta el protocolo para el monitoreo y seguimiento de la calidad de aire.
Resolución 2154	02-11-10	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Por la cual se ajusta el Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire adoptado a través de la Resolución 650 de 2010 y se adoptan otras disposiciones.
APROVECHAMIENTO FORESTAL			
Resolución 0316	07-03-74	Inderena	Por el cual se establecen vedas para algunas especies forestales maderables.
Decreto 1791 (compilado en el Decreto 1076 de 2015)	04-10-96	Ministerio del Medio Ambiente	Por medio del cual se establece el régimen de aprovechamiento forestal.
Decreto 900 (compilado en el Decreto 1076 de 2015)	01-01-97	Ministerio del Medio Ambiente	Por el cual se reglamenta el Certificado de Incentivo Forestal para Conservación.
OCUPACIONES DE CAUCE			
Decreto 1541 (compilado en el Decreto 1076 de 2015)	28-07-78	Presidencia de la República	Por el cual se reglamenta la Parte III del Libro II del Decreto – Ley 2811 de 1974: “De las aguas no marítimas y parcialmente la Ley 23 de 1973.
MEDIO SOCIOECONÓMICO Y PARTICIPACIÓN DE COMUNIDADES			
Ley 99 (Títulos X y XI)	22-12-93	Congreso de Colombia	Entre otras se dictan disposiciones acerca de los modos de participación de la comunidad a lo largo de los procesos de licenciamiento y operación de los proyectos de desarrollo.
Ley 134	31-05-94	Congreso de Colombia	Se dictan normas sobre mecanismos de participación ciudadana.
Ley 472	05-08-98	Congreso de Colombia	Por la cual se desarrolla el artículo 88 de la Constitución Política de Colombia en relación con el ejercicio de las acciones populares y de grupo y se dictan otras disposiciones.
Ley 850	18-11-03	Congreso de Colombia	Por medio de la cual se reglamentan las veedurías ciudadanas.
Decreto 330 (compilado en el Decreto 1076 de 2015)	08-02-07	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Por el cual se reglamentan las audiencias públicas ambientales y se deroga el Decreto 2762 de 2005.
Decreto 2041	15-10-14	Presidencia de la República	Reitera como elemento vinculante la “participación de las comunidades”. Art 15.
Ley 21 de 1991	04-03-91	Congreso de Colombia	Por medio de la cual se aprueba el Convenio Número 169 sobre pueblos indígenas y tribales en países independientes, adoptado por la 76ª reunión de la Conferencia General de la OIT., Ginebra 1989.

NORMA	FECHA	EMISOR	DESCRIPCIÓN
SEGURIDAD INDUSTRIAL Y SALUD OCUPACIONAL			
Resolución 2400	22-05-79	Ministerio de trabajo y seguridad social	Por la cual se establecen algunas disposiciones sobre vivienda, higiene y seguridad industrial en los establecimientos de trabajo.
Resolución 2413	22-05-79	Ministerio de trabajo y seguridad social	Por la cual se dicta el Reglamento de Higiene y Seguridad para la Industria de la Construcción
Decreto 614	14-03-84	Presidencia de la República de Colombia	Por el cual se determinan las bases para la organización y administración de Salud Ocupacional en el País.
Resolución 2013	06-06-86	Ministerio de trabajo y seguridad social y Ministerio de salud	Por la cual se reglamenta la organización y funcionamiento de los comités de Medicina, Higiene y Seguridad Industrial en los lugares de trabajo.
Resolución 1016	31-03-89	Ministerio de trabajo y seguridad social y Ministerio de salud	Por medio de la cual obligan a los empleadores a asegurar a sus trabajadores contra los riesgos profesionales y adoptar e implementar un programa de salud ocupacional.
Resolución 7515	01-06-90	Ministerio de Salud	Reglamentación de la prestación de servicios de salud ocupacional (Licencia de salud ocupacional).
Ley 52 de 1993	09-06-93	Congreso de Colombia	Por medio de cual se aprueba el convenio 167 y la recomendación 175 sobre seguridad y salud en la construcción; adoptados por la 75ª reunión de la Conferencia General de la OIT, Ginebra de 1988.
Ley 55 de 1993	02-07-93	Congreso de Colombia	Por medio de la cual se aprueba el "Convenio 170 y la recomendación número 177 sobre la seguridad en la utilización de los productos químicos en el trabajo", adoptados por la 77ª Reunión de la Conferencia General de la OIT, Ginebra, 1990.
Decreto 1295	22-06-94	Presidencia de la República de Colombia	Por el cual se determina la organización y administración del Sistema General de Riesgos Profesionales.
Resolución 2569	01-09-99	Ministerio de Salud	Por la cual se reglamenta el proceso de calificación del origen de los eventos de salud en primera instancia, dentro del Sistema de Seguridad Social en Salud.
Decreto 1703	02-08-02	Presidencia de la República de Colombia	Por el cual se adoptan medidas para promover y controlar la afiliación y el pago de aportes en el Sistema General de Seguridad Social en Salud.
PREVENCIÓN Y ATENCIÓN DE DESASTRES			
Decreto 93	13-01-98	Ministerio del Interior	Adopción del Plan Nacional para la Prevención y Atención de Desastres.
Decreto 321	17-02-99	Ministerio del Interior	Por el cual se adopta el Plan Nacional de Contingencia contra derrames de Hidrocarburos, derivados y Sustancias Nocivas.
Decreto 1609	31-07-02	Ministerio de Transporte	Por el cual se reglamenta el manejo el manejo y transporte terrestre automotor de mercancías peligrosas por carretera.

NORMA	FECHA	EMISOR	DESCRIPCIÓN
Ley 1523	24-04-12	Congreso de Colombia	Por la cual se adopta la Política Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y se establece el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y se dictan otras disposiciones.
PATRIMONIO ARQUEOLÓGICO			
Ley 397 de 1997	07-08-97	Congreso de la República	Ley general de cultura. Art 70 – 72 de la constitución política de Colombia.
Decreto 833	12-03-08	Ministerio de Cultura	Reglamenta la Ley 379 de 1997, en cuanto a términos, manejo de bienes.
Ley 1185	12-03-08	Congreso de la República	Modifica la Ley 397 sobre integración del patrimonio arqueológico.
Decreto 763	10-03-09	Ministerio de Cultura	Modifica Ley 1185 sobre régimen especial de los bienes de interés cultural.
BIODIVERSIDAD Y RECURSOS NATURALES			
Decreto 1608 (compilado en el Decreto 1076 de 2015)	31-07-78	Presidencia de la Republica de Colombia	Por el cual se reglamenta el Código Nacional de los Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente y la Ley 23 de 1973 en materia de fauna silvestre.
Decreto 1715 (compilado en el Decreto 1076 de 2015)	04-08-78	Presidencia de la Republica de Colombia	Por el cual se reglamenta parcialmente el Decreto - Ley 2811 de 1974, la Ley 23 de 1973 y el Decreto - Ley 154 de 1976, en cuanto a protección del paisaje.
Ley 165	09-11-94	Congreso de la República	Por la cual se aprobó el Convenio sobre Diversidad Biológica, hecho en Río de Janeiro el 5 de junio de 1992.
Ley 299	26-07-96	Congreso de la República	Por el cual se protege la flora colombiana, se reglamentan los jardines botánicos y se dictan otras disposiciones.
Resolución 1083	04-10-1996	Ministerio del Medio Ambiente	Por la cual se ordena el uso de fibras naturales en obras, proyectos o actividades objeto de Licencia Ambiental.
Decreto 1996 (compilado en el Decreto 1076 de 2015)	15-10-99	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Por el cual se reglamentan los artículos 109 y 110 de la Ley 99 de 1993 sobre Reservas Naturales de la Sociedad Civil.
Resolución 0584	26-06-02	Ministerio del Medio Ambiente	Por la cual se declaran las especies silvestres que se encuentran amenazadas en el territorio Nacional.
Resolución 1172	07-10-04	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Por la cual se establece el Sistema Nacional de Identificación y Registro de los Especímenes de Fauna Silvestre en condiciones Ex Situ.
Resolución 0572	04-05-05	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Por la cual se modifica la Resolución 0584 del 26 junio de 2002 y se adoptan otras determinaciones. Artículo 1. Modificar el artículo 3 de la Resolución 0584 del 26 de junio de 2002,

NORMA	FECHA	EMISOR	DESCRIPCIÓN
			“Por la cual se declaran las especies silvestres que se encuentran amenazadas en el territorio nacional y se adoptan otras disposiciones”, en el sentido de adicionar al listado de especies silvestres allí señalados, los que se anexan a la presente resolución y que hacen parte integral de ella.
Decreto 2372 (compilado en el Decreto 1076 de 2015)	01-07-10	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	Por el cual se reglamenta el Decreto-Ley 2811 de 1974, la Ley 99 de 1993, la Ley 165 de 1994 y el Decreto-ley 216 de 2003, en relación con el Sistema Nacional de Áreas Protegidas, las categorías de manejo que lo conforman y se dictan otras disposiciones.
Ley 1450	16-06-11	Congreso de la República	Por la cual se aprueba el Plan Nacional de Desarrollo 2010- 2014, modifica el Decreto 2811 de 1994 en cuanto a los criterios para la delimitación de las Rondas Hídricas, determinando que esta debe hacerse previos estudios por parte de la autoridad ambiental correspondiente. Igualmente, la ley establece que se cobraran tasas retributivas y compensatorias, cuando se superen los límites permisibles de contaminación, incluso a quienes carecen del respectivo permiso de concesión y vertimiento sin perjuicio de las sanciones que le sean aplicables.
Resolución 1517	31-08-12	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible	Por el cual se adopta el Manual para la asignación de Compensaciones por Pérdida de Biodiversidad.
Ley 769	06-08-02	Congreso de Colombia	Por la cual se expide el Código Nacional de Tránsito Terrestre y se dictan otras disposiciones.

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

1.3.4 Áreas de manejo especial y comunidades étnicas

Durante la elaboración del Estudio de Impacto del proyecto “Construcción y operación de la línea de transmisión a 230 kV La Reforma – San Fernando”, se realizaron las correspondientes consultas ante las entidades y/o instituciones encargadas de la certificación de la presencia de ecosistemas estratégicos y áreas protegidas, tales como el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible – Dirección de Bosques, Biodiversidad, Servicios Ecosistémicos, Parques Nacionales Naturales de Colombia, la Corporación Autónoma Regional y Asociación Red Colombiana de Reservas Naturales de La Sociedad Civil (Resnatur).

Por otro lado, se solicitó la determinación de la presencia/ausencia de comunidades étnicas en el Área del proyecto, la cual se dirigió tanto al Ministerio del Interior, como al Instituto Colombiano de Desarrollo Rural (INCODER), quienes certificaron que en la base de datos de la Dirección de Asuntos Indígenas, ROM y Minorías, NO se encuentra registro de Resguardos legalmente constituidos, ni comunidades o parcialidades indígenas por fuera de Resguardos en la zona de influencia directa del proyecto; al igual que no se identifica la

presencia de comunidades negras, afrocolombianas, raizales y palenqueras en la zona de influencia directa del proyecto; así como también de territorios legalmente constituidos por ellos, documentación incluida en el **ANEXO B: INFORMACIÓN LEGAL DE SOPORTE**.

1.4 Alcances

Para la solicitud del proyecto “Construcción y operación de la línea de transmisión a 230 kV La Reforma – San Fernando”, se establece como alcance principal sustentar el Estudio de Impacto Ambiental por medio de la elaboración de un documento que garantice el manejo y uso adecuado de los recursos naturales, mediante el conocimiento del medio natural y de las actividades inherentes al área de estudio. Las herramientas que estructurarán el manejo adecuado de los medios biofísico y socioeconómico, basados en la identificación de los impactos ambientales, generados por las actividades inherentes al proyecto de conducción de energía eléctrica y a la definición de las restricciones establecidas por la zonificación de manejo ambiental de la actividad, lo cual permitirá lograr un equilibrio entre el proyecto y los componentes ambientales de las áreas de influencia.

El Estudio de Impacto Ambiental se realizó con base en los lineamientos estipulados, por los términos de Referencia LI-TER-1-01, emitidos por el MAVDT (hoy MADS) y aprobados por la Resolución N°. 1288 de junio 30 de 2006. Metodología general, para la presentación de estudios ambientales (Resolución 1503 de agosto 4 de 2010; MAVDT); documentos de referencia del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible MADS; se ajustó a partir de las directrices de la Empresa de Energía de Bogotá, logrando como resultado final, un estudio confiable y una herramienta indispensable, en la toma de decisiones a nivel directivo, técnico - operativo y ambiental, sobre este proyecto.

El presente documento que está enfocado en servir de instrumento para la identificación y valoración de impactos ambientales, así como la formulación del respectivo Plan de Manejo que permita mitigar, prevenir, compensar y/o controlar aquellos que se generen del proyecto “Construcción y operación de la línea de transmisión a 230 kV La Reforma – San Fernando”. Para esto, el estudio presenta los siguientes alcances:

- Identificación del marco legal e institucional aplicable, así como de las generalidades existentes en el área objeto de estudio.
- Descripción del proyecto para sus medios y las diferentes etapas de desarrollo, así como la definición y descripción técnica del plantillado propuesto para la línea eléctrica.
- Caracterización del área en sus medios físico, biótico, social y cultural, incluyendo los procesos de participación adelantados con las comunidades y autoridades del área de influencia del proyecto.
- Zonificación ambiental del área con base en las condiciones específicas y de manejo del proyecto tendiente a definir las áreas consideradas como de no intervención, las de intervención con restricciones y aquellas que no presentan ningún tipo de restricción para su intervención.

- Estimación de los recursos ambientales que serán necesarios para el desarrollo de las actividades consideradas para la construcción y operación del proyecto.
- Identificación y evaluación de los impactos ambientales con y sin proyecto. Se incluye además la valoración económica de impactos.
- Formulación de Plan de Manejo Ambiental y su respectivo Plan de Seguimiento y Monitoreo.
- Identificación de los riesgos ambientales para el proyecto, con el fin de formular un Plan de Contingencias general a aplicar.
- Formulación de Plan de Abandono.
- Formulación de Plan de Inversión del 1%, con base en la utilización del recurso hídrico, de conformidad a lo estipulado en el Decreto 1076 de 2015.
- Formulación de las iniciativas de propuesta sobre las medidas de compensación por pérdida de biodiversidad.

1.5 Metodología

Tal y como se mencionó anteriormente, para el diseño y elaboración de este estudio se tuvieron en cuenta los Términos de Referencia del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, para este tipo de proyectos (LITER-1-01); las metodologías ambientales incluida la Metodología para Presentación de Estudios Ambientales (Resolución 1503 de 2010) la cual desarrolla también la presentación de la estructura Geodatabase (Resolución 2182 de 2016) y los lineamientos de la Empresa de Energía de Bogotá.

La información primaria y secundaria recolectada, ha sido procesada y analizada por los profesionales del Consorcio, que intervinieron durante la realización del estudio, teniendo en cuenta la información más reciente, actualizada y veraz; posteriormente, se determinó la zonificación tanto ambiental como del proyecto; paralelamente se identificaron los impactos y se plantearon y formularon los programas y proyectos de manejo ambiental. La metodología específica para cada tema del estudio de impacto ambiental, se presenta los siguientes numerales.

1.5.1 Infraestructura existente

1.5.1.1 Etapa I: Recopilación y análisis de la información existente:

La evaluación de posibles vías de acceso para usar en el proyecto involucró inicialmente la recopilación de información técnica disponible, consistente en imágenes satelitales y estudios similares realizados en la zona. Adicionalmente, se contó con la información recopilada en campo.

1.5.1.2 Etapa II: Fase de campo:

El trabajo de campo se realizó en dirección norte – sur de la línea eléctrica, para lo cual se dispuso de una (1) comisión compuesta por un ingeniero civil con experiencia en inspección de infraestructura.

Como parte de la inspección de la infraestructura se realizaron recorridos para determinar los accesos existentes y su proximidad al proyecto, establecimiento de la proximidad del trazado con proyectos preexistentes en la zona y en general la identificación de la infraestructura que se requiera para la correcta ejecución de las obras y la operación de la Línea Eléctrica.

En el desarrollo del trabajo de campo, se diligenció una ficha por cada uno de los accesos que permiten el paso directo o indirecto al corredor de la línea, evidenciando la ubicación con relación al proyecto, su geometría, el estado general, el material de su capa de rodadura, las estructuras y obras de drenajes existentes, así como el registro fotográfico y su localización general en el plano.

Como resultado de la visita a campo, un inventario de 15 vías fue levantado, 6 de ellas localizadas en la ciudad de Villavicencio, 8 localizadas en el municipio de Acacias y 1 en el municipio de Castilla La Nueva, las cuales por sus características técnicas y ambientales son las más recomendadas para ser usadas durante el desarrollo del proyecto.

1.5.1.3 Etapa III: Evaluación y análisis de la información:

Con la información obtenida en campo se procedió a realizar la respectiva verificación, análisis y procesamiento en oficina, para la elaboración de la caracterización de la infraestructura presente en el área de influencia y respectiva localización de la información en los planos. La condición actual y las características técnicas de cada una de las vías de acceso fueron establecidas, permitiendo describir, cuantificar y hacer recomendaciones y limitaciones de uso.

Teniendo en cuenta las inspecciones realizadas en campo, la información de proyectos en la zona y la información obtenida con base en los documentos de Esquema de Ordenamiento Territorial de cada municipio, se realizó la descripción de la infraestructura existente y que servirá de apoyo para el desarrollo de las actividades constructivas de la Línea de transmisión.

1.5.1.4 Etapa IV: Ajustes y complementación de la cartografía temática:

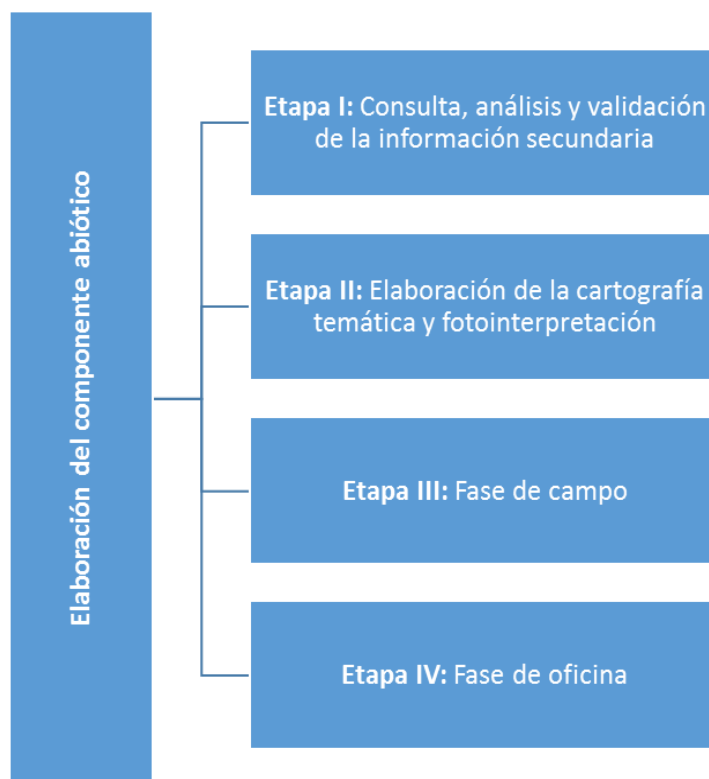
De acuerdo con la información levantada en campo se realizaron los ajustes y complementación a la base cartográfica en los aspectos de infraestructura vial, red eléctrica, petrolera, de viviendas, escuelas, entre otros. Igualmente, se plasman en los diferentes mapas temáticos la información tomada en campo.

Caracterización del Medio Físico

Para la caracterización de estas variables, es de suma importancia entender cada una de las etapas involucradas en el proceso, tanto desde la inicial, consistente en la recopilación

de la información secundaria, seguida por el desarrollo de una etapa de campo, hasta finalmente llegar a la elaboración del producto final. Bajo las anteriores consideraciones, a continuación, se hace una breve descripción de cada una de las etapas que involucró la ejecución del presente ítem para cada una de las variables antes mencionadas (Imagen 1-5).

Imagen 1-5 Esquema jerárquico para la caracterización del medio físico



Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

1.5.2 Geología

La caracterización geológica está orientada principalmente hacia la obtención del modelo geológico y estratigráfico de la zona de estudio, así como a la definición del marco geomorfológico, los cuales son insumos de primer orden para la definición de las zonas geotécnicas y la zonificación física tanto del corredor como del área de influencia definida para el presente proyecto. Así las cosas, donde la generación de los modelos tanto estratigráfico como estructural, son derroteros de primer orden para poder diferenciar el comportamiento de y entre las unidades litológicas sometidas a esfuerzos tectónicos, que permiten identificar materiales intensamente fracturados o triturados con comportamientos geotécnicos diferentes al de la roca sana o poco triturada.

Este componente cobija temas inherentes a las características físicas del suelo y subsuelo sobre el que se emplaza el área de estudio, las cuales son evaluadas desde el marco

geológico, geomorfológico y de suelos, a continuación, se realiza el análisis detallado de cada uno de los entornos definidos. Para la elaboración de la descripción y análisis de las variables referidas es necesario el desarrollo de la siguiente metodología, a saber: Revisión bibliográfica de la información secundaria, elaboración de la cartografía temática preliminar y fotointerpretación, la realización de una etapa de campo, el análisis y compilación de resultados. A continuación, se presenta una descripción de cada una de las etapas referidas dentro de cada uno de los componentes abordados:

1.5.2.1 Etapa I: Recopilación, descripción y análisis de información secundaria.

Para la actualización y tratamiento de la información a presentar, la metodología general involucra la realización de procesos de identificación, descripción y análisis; para esto, se toma como punto de partida la recopilación y caracterización de bibliografía de tipo temática, existente en diferentes fuentes secundarias. En primera instancia la relacionada a estudios existentes en el SGC (antes INGEOMINAS) representados en la Plancha Geológica 5-14 del Atlas Geológico de Colombia a escala 1:500.000, la Geología del Departamento del Meta a la misma escala y la Plancha Geológica 266, Villavicencio a escala 1:100.000; en segundo lugar, la aportada por otros estudios e informes desarrollados en el sector o la existente en las diferentes sedes administrativas de los municipios sobre los que se emplaza el área de influencia. La relación de la información recopilada se presenta en la **Tabla 1-13**. La revisión de las diferentes fuentes de información presentadas, permite definir en primera instancia un marco regional para los apartados de estratigrafía, geología estructural y amenazas naturales.

Tabla 1-13 Información secundaria recopilada

CLASE	NOMBRE
Cartografía	Plancha 5-14 del Atlas Geológico de Colombia, Escala 1:500.000, SGC (2015) ¹
Cartografía	Geología del Departamento del Meta. Escala 1:500.000, INGEOMINAS (2002) ²
Cartografía	Geología de la Plancha 266 – Villavicencio, Escala 1:100.000, INGEOMINAS (1998) ³
Cartografía	Mapa Nacional de Amenaza Sísmica Periodo de Retorno de 475 años, Escala 1:1'500.000, Universidad Nacional de Colombia (2010) ⁴

¹ GÓMEZ TAPIAS Jorge, MONTES RAMÍREZ Nohora Emma, NIVIA GUEVARA Álvaro y DIEDERIX Hans; Atlas Geológico de Colombia Plancha 5-14, Escala 1:500.000; Servicio Geológico Colombiano (SGC); Bogotá D.C., 2015.

² RODRÍGUEZ Antonio José; Geología del Departamento del Meta; Instituto de Investigación e Información Geocientífica, Minero-Ambiental y Nuclear INGEOMINAS; Bogotá D.C., 2002.

³ PULIDO G Orlando, GÓMEZ V Luz Stella, MARÍN R Pedro; Geología de la Plancha 266 Villavicencio, escala 1:100.000; Instituto Colombiano de Geología y Minería INGEOMINAS; Bogotá D.C., 1998.

⁴ Universidad Nacional de Colombia; Mapa Nacional de Amenaza Sísmica Periodo de Retorno de 475 años, Escala 1:1'500.000; Universidad Nacional de Colombia Facultad de Ciencias Departamento de Geociencias - Instituto Colombiano de Geología y Minería INGEOMINAS; Bogotá D.C., 2010.

CLASE	NOMBRE
Cartografía	Map and Database of Quaternary Faults and Folds in Colombia and its Offshore Regions, U. S. Geological Survey USGS (May 2010) ⁵
Cartografía	Mapa Nacional de Amenaza Relativa por Movimientos en Masa, Actualización, Plancha 5-14, Escala 1:500.000; INGEOMINAS – IDEAM, (2010) ⁶
Informe	Diagnóstico Ambiental de Alternativas para la Construcción y Operación de la Línea de Transmisión a 230 kV La Reforma – San Fernando. CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO (2015) ⁷
Informe	Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10, Título A, (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica (2010) ⁸

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

1.5.2.2 Etapa II: Elaboración de la cartografía temática y fotointerpretación.

Una vez evaluada la información cartográfica y los diferentes estudios previos consultados, se realizó una interpretación de una imagen de satélite (Imagen RapidEye) de la zona, en la cual se identificaron los principales rasgos morfológicos y morfodinámicos, los cuales permiten de manera alguna diferenciar a manera preliminar tanto unidades litológicas como geomorfológicas, esta interpretación es a la vez comparada con las unidades de suelo definidas por el grupo de suelos de manera tal que toda la información sea coherente.

Luego de la revisión y contraste de la cartografía y estudios existentes, se consideró que el marco geológico presentado a escala 1:100.000 es la que brinda un mejor referente en lo correspondiente a las unidades litoestratigráficas aflorantes a lo largo de la ventana cartográfica (la cual demarca el entorno regional), al presentar 9 unidades estratigráficas; de igual manera para el entorno estructural se identificó un mayor número de estructuras que las presentadas en los estudios a escala 1:500.000. Sin embargo, la cartografía 1:500.000 (Plancha 5-14) presenta bondades que fueron tenidas en cuenta, como es el caso de que la nomenclatura empleada está acorde con lo establecido por el Servicio Geológico Colombiano (SGC) hoy en día, bajo el panorama reseñado, se tomó como base para el presente estudio la información existente en la plancha 266 – Villavicencio (1:100.000), de manera tal que las tareas a seguir se centran en el reconocimiento de las unidades y ajuste de contactos a partir de controles de campo y la identificación (de ser posible) de niveles litológicos dentro de las mismas unidades de manera que se logre la división de las unidades a un mejor detalle, para ser presentado a escala 1:25.000

⁵ PARIS Gabriel, MACHETTE Michael N., DART Richard L., HALLER Kathleen M.; Map and Database of Quaternary Faults and Folds in Colombia and its Offshore Regions; U. S. Department of the Interior and U. S. Geological Survey USGS; Denver, Colorado, USA, May 2000 version.

⁶ INGEOMINAS – IDEAM; Mapa Nacional de Amenaza Relativa por Movimientos en Masa, Actualización, Plancha 5-04, Escala 1:500.000; INGEOMINAS – IDEAM Acuerdo Específico 005 de 2010; Bogotá D.C.; 2010.

⁷ EEB; Diagnóstico Ambiental de Alternativas para la Construcción y Operación de la Línea de Transmisión a 230 kV La Reforma – San Fernando; CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO; Bogotá D.C., 2015.

⁸ Comisión Asesora Permanente para el Régimen de Construcciones Sismo Resistentes; Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10, Título A; Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica; Bogotá D.C.; 2010.

1.5.2.3 Etapa III: Fase de campo.

Al obtener la cartografía base del proyecto, se realizó un reconocimiento de campo en el área durante el mes de abril de 2016. En dicha actividad se realizaron transectos de reconocimiento aprovechando la infraestructura existente (vías de acceso) y se logró caracterizar 64 sectores, en las cuales se efectuaron registros fotográficos, toma de coordenadas, descripción ya sea local o panorámica de unidades geológicas, geomorfológicas y de procesos morfodinámicos, el listado de las mismas se presenta en la

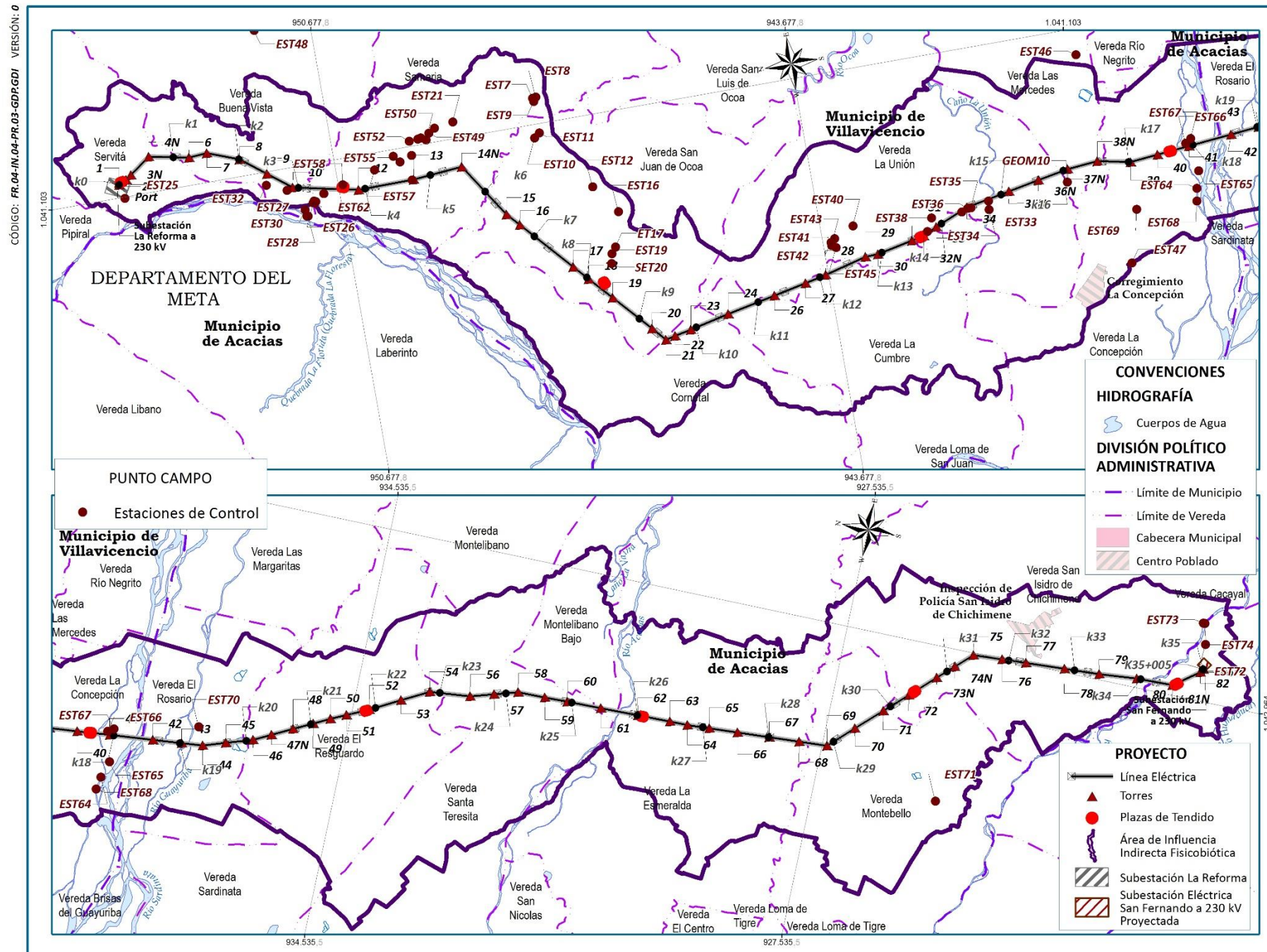
Tabla 1-14 e Imagen 1-6.

Tabla 1-14 Estaciones de control

ESTACION	COORDENADAS MAGNA SIRGAS ORIGEN BOGOTA		ESTACION	COORDENADAS MAGNA SIRGAS ORIGEN BOGOTA	
	ESTE	NORTE		ESTE	NORTE
EST7	1041492,143	947586,4714	EST43	1038534,797	943559,2812
EST8	1041501,939	947536,8225	EST45	1038491,516	943499,1076
EST9	1041438,856	947577,0478	EST46	1040711,504	939448,6982
EST10	1040900,18	947661,1628	EST47	1037485,855	939169,6224
EST11	1040964,063	947578,9215	EST48	1043222,82	951517,7336
EST12	1040027,438	946933,137	EST49	1041248,448	949208,9261
EST16	1039589,092	946614,4611	EST50	1041153,371	949267,1646
ET17	1039079,27	946750,1447	EST50A	1041196,974	949343,9223
EST19	1038984,967	946823,1975	EST51	1041187,74	949386,9349
SET20	1038840,603	946853,2116	EST52	1041180,791	949519,8572
EST21	1041351,773	948826,5856	EST53	1040963,05	949522,8514
EST22	1041309,116	949115,0697	EST54	1040601,058	949579,2984
EST24	1043289,99	950638,9699	EST55	1040897,452	949712,2497
EST25	1041081,377	953870,0081	EST56	1040999,899	949796,116
EST26	1040546,517	951083,1995	EST57	1040847,412	950110,6504
EST27	1040521,52	951101,6515	EST58	1040709,17	950614,0734
EST28	1040339,044	951208,3917	EST60	1040631,525	950916,8062
EST29	1040343,484	951228,1828	EST 61	1040631,525	950916,8062
EST30	1040437,41	951237,736	EST62	1040516,095	951080,6365
EST31	1040774,848	951454,0801	EST63	1040532,754	951058,6397
EST32	1040904,501	951743,9793	EST64	1038420,24	938015,7644
GEOM10	1038852,176	939910,3289	EST65	1038674,014	937941,2304
EST33	1038779,024	941124,5933	EST66	1039117,148	938062,3983
EST34	1038651,095	941138,4693	EST67	1039170,379	937977,2683
EST35	1038726,047	941401,6911	EST68	1038232,662	938049,961
EST36	1038724,36	941450,5651	EST69	1038266,483	938960,1773
EST37	1038685,571	941546,7593	EST70	1039465,089	936739,016
EST38	1038678,037	942008,5404	EST71	1040669,319	925701,152
EST39	1038489,78	942105,3282	EST72	1043812,972	922232,457
EST40	1038764,811	943190,4796	EST73	1044120,948	922327,046
EST41	1038626,874	943495,6253	EST74	1044120,286	922305,218
EST42	1038580,097	943556,4274			

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

Imagen 1-6 Localización de las estaciones de control en el área del proyecto



PTCampoFisico.mxd

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

El reconocimiento al área, permitió la actualización o modificación de la cartografía geológica preliminar acorde con lo observado en relación al perfil litológico expuesto en los cortes de los taludes de las vías de acceso, afloramientos expuestos en la laderas naturales de las márgenes de las principales corrientes o drenajes que disectan el área, perfiles realizados en las calicatas debido a la baja pendiente del terreno, alineamientos identificados en los drenajes en la etapa de fotointerpretación, saltos topográficos, direccionalidad de cuerpos de agua, entre otros.

En cada una de las estaciones antes mencionadas se describió como mínimo el tipo de roca, depósito de vertiente o aluvial, la relación espacial y estratigráfica de los materiales y su grado de meteorización. Para la descripción de depósitos superficiales, se indicó el tipo de depósito, la granulometría, el tipo de matriz y el grado de meteorización, de igual manera para la geomorfología se identificó: el tipo de relieve, las formas del terreno, la morfometría, puntos o áreas con evidencias de procesos de erosión, socavación lateral o de fondo y procesos de remoción en masa.

Toda la información fue debidamente georeferenciada en coordenadas Magna Sirgas, origen Bogotá. Para el correcto desarrollo de las labores en campo, se utilizaron los siguientes implementos: Martillo Geológico Eastwing, Brújula, GPS Garmin, Cámara fotográfica y flexómetro; como insumos se contó con mapas preliminares, ácido clorhídrico al 10% y libretas de campo.

1.5.2.4 Etapa II: Fase de oficina

Al retornar de la etapa de campo se compila, filtra, ajusta y analiza la información recolectada, surtido este proceso, se procede a generar los planos, leyendas e informe definitivo; este último se enfocó en la descripción de las unidades de roca y depósitos existentes, el comportamiento estructural a nivel generalizado del sector, información que se estructura de tal manera que sea coherente con los resultados presentados por otros componentes como suelos, hidrología y cobertura vegetal, todos los cuales serán insumos posteriores para las zonificaciones que se realizarán (geotécnica, ambiental y de manejo). La información a presentar se mantendrá a escala 1:25.000.

1.5.3 Amenazas naturales

- **Amenaza sísmica**

Bajo esta denominación se considera la condición latente derivada de la posible ocurrencia de un sismo de cierta magnitud, distancia y profundidad, que puede causar daño a la población y sus bienes, la infraestructura, el ambiente y la economía pública y privada. Para conocer la posible intensidad de la amenaza (energía en el sitio de estudio) es necesario estudiar a nivel regional las fuentes sísmicas para determinar el potencial de generar sismos fuertes, y la respuesta sísmica (amplificación o reamplificación) de los suelos y rocas ante las ondas sísmicas. El alcance previsto en este estudio se enfoca en la identificación de sismos reportados o consignados en la Red Sismológica Nacional de Colombia (RSNC) localizados en la zona, de igual manera se identifica la zona de amenaza sísmica definida por el Servicio Geológico Nacional (antes INGEOMINAS) en el Mapa Nacional de Amenaza

Sísmica Periodo de Retorno de 475 años 9 y finalmente la determinación de la zona sísmica y la aceleración sísmica local, definida por el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-2010¹⁰), en que se emplaza el área de estudio y adicionalmente se evalúa la presencia o no de fallas consideradas como activas, estas últimas tomadas de estudios geológicos oficiales del área (plancha geológica 1011) y del Map and Database of Quaternary Faults and Folds in Colombia and its Offshore Regions¹².

- **Amenaza por Fenómenos de remoción en Masa**

Para el área tanto del corredor como la definida como de influencia por el proyecto, se ejecutaron tres etapas, las cuales permitieron obtener información de los fenómenos hallados en la zona.

- Etapa I. Fotointerpretación: se realizó fotointerpretación de una imagen de satélite RAPIDEYE con fechas entre el 15 de febrero de 2014 y el 27 de diciembre de 2015. Resolución Espectral: 5 Bandas (azul, verde, rojo, red edge e infrarrojo cercano). Resolución Radiométrica: 16 bits, Resolución Espacial: 5m en la cual se identificaron los procesos de remoción en masa más relevantes.

Adicionalmente, se realizó la transferencia de información fotogeológica a la escala 1:25.000, con el fin de generar la cartografía a la escala requerida.

- Etapa II. Reconocimiento en Campo: a la luz de los fenómenos identificados de en la etapa anterior, se realizaron reconocimientos de campo durante el mes de Abril de 2016, identificando procesos de erosión, reptación entre otros.
- Etapa III. Análisis de resultados: En esta etapa se realizó la correspondiente consolidación y correlación de la información preliminar con la obtenida en la etapa de campo, con el fin de describir de manera detallada cada uno de los procesos identificados y generar de esta manera el mapa de procesos existentes en el área de estudio.

- **Amenaza por Inundación.**

Con el objeto de identificar las zonas susceptibles a la inundación dentro del Área del proyecto, se implementó la metodología propuesta en la Guía para el Acotamiento de las Rondas Hídricas de los Cuerpos de Agua de acuerdo a lo establecido en el artículo 206 de la Ley 1450 de 2011 y el Plan Nacional de Desarrollo del año 2012.

⁹ Universidad Nacional de Colombia; Mapa Nacional de Amenaza Sísmica Periodo de Retorno de 475 años, Escala 1:1'500.000; Universidad Nacional de Colombia Facultad de Ciencias Departamento de Geociencias - Instituto Colombiano de Geología y Minería INGEOMINAS; Bogotá D.C., 2010.

¹⁰ Comisión Asesora Permanente para el Régimen de Construcciones Sismo Resistentes; Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10, Título A; Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica; Bogotá D.C.; 2010

¹¹ ZULUAGA Carlos, OCHOA Alberto, MUÑOZ Carlos, et all; Geología de la Plancha 10 Rancho Grande; Universidad Nacional de Colombia - Instituto Colombiano de Geología y Minería Ingeominas; Bogotá 2008

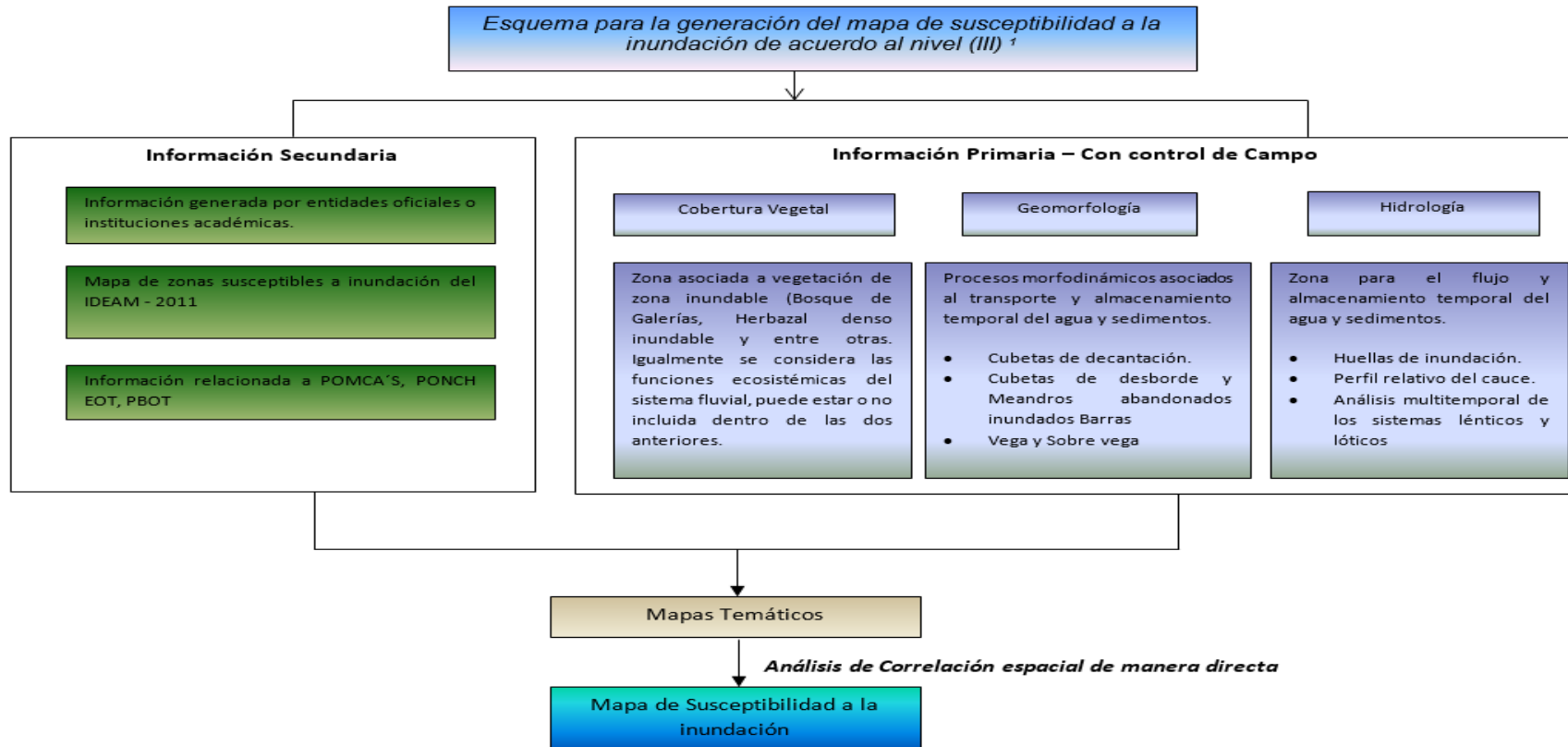
¹² PARIS Gabriel, MACHETTE Michael N., DART Richard L., HALLER Kathleen M.; Map and Database of Quaternary Faults and Folds in Colombia and its Offshore Regions; U. S. Department of the Interior and U. S. Geological Survey USGS; Denver, Colorado, USA, May 2000 version.

Teniendo en cuenta las condiciones propias de la zona en relación a la dinámica hidrológica, climatológica, ecosistémica y geomorfológicas, la definición de las zonas susceptibles a inundación se dividió en dos fases, la primera que consistió en la verificación de información secundaria relacionada con el tema de inundaciones, específicamente del mapa de Inundaciones periódicas del IDEAM – 2011, Planes y esquemas de Ordenamiento Territorial y su correlación con el área de interés y la segunda que consistió en el análisis biofísico para la determinación de dichas zonas inundables.

Con el objetivo de determinar las zonas inundables para el área de estudio se procedió a hacer un análisis de trasposición de capas de información (Overlay's), las cuales corresponden a 3 componentes (**Imagen 1-7**):

- Geomorfológico: a partir de los tipos de relieve identificados en el área de influencia, tales como los planos de inundación, vegas y planos de inundación activo del río trezado y/o anastomosado, así como la morfometría, se definieron las zonas susceptibles a la inundación.
- Ecosistémico: a partir de la información obtenida del mapa de coberturas vegetales se verificó la información relacionada con la susceptibilidad a la inundación y se definieron las áreas con mayor vulnerabilidad al fenómeno.
- Hidrológico, a partir de información tomada en campo (puntos de control), se realizó un recorrido donde se evidenciaron las zonas susceptibles a la inundación (laderas, cobertura vegetal), de igual manera se recopiló la información referente a zonas inundables, siendo estas reportadas por personas de la comunidad y que viven cerca de los cauces, donde esta información se empleó para la realización de transectos los cuales se emplean para determinar las huellas de inundación.

Imagen 1-7 Metodología para la delimitación de la franja de inundación en el área de influencia del proyecto



Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

A partir de esta superposición de información, se determinaron aquellas superficies que presentan mayor susceptibilidad frente a eventos de inundación. Al respecto, vale la pena señalar que el presente análisis corresponde a una interpretación de la susceptibilidad de las áreas, tipos de relieve, coberturas y comportamientos hidrológicos del Área Sísmica en un tiempo y espacio determinado y enfocado en la información cartográfica fuente.

1.5.4 Geomorfología

La metodología utilizada para el análisis geomorfológico se desarrolló en cuatro etapas iguales a las definidas para el tema de geología, a continuación, se realiza una breve descripción de las mismas.

1.5.4.1 Etapa I: Consulta, análisis y validación de la información secundaria

En la primera etapa se realizó la revisión de información secundaria relacionada con la geomorfología asociada a la vertiente Oriental de la Cordillera Oriental (piedemonte llanero) y Llanos Orientales en entidades gubernamentales, tales como: el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) y el Servicio Geológico Colombiano (SGC) antes llamado INGEOMINAS (**Tabla 1-15**).

Tabla 1-15 Información Secundaria Recopilada

CLASE	NOMBRE
Informe	Sistema de clasificación geomorfológica propuesta por Alfred Zink (1986), adaptado por la subdirección de Agrologica del Instituto Geográfico “Agustín Codazzi” (IGAC) ¹³
Informe	Estudio General de Suelos y Zonificación de Tierras del departamento del Meta (IGAC, 2004) ¹⁴ .
Informe	Diagnóstico Ambiental de Alternativas para la Construcción y Operación de la Línea de Transmisión a 230 kV La Reforma – San Fernando. CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO (2015) ¹⁵

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017.

1.5.4.2 Etapa II: Elaboración de la cartografía temática y fotointerpretación.

Se procede a la realización de la cartografía geomorfológica preliminar a escala 1:125000 con base en: información secundaria obtenida de los entes gubernamentales, las curvas de nivel cada 25 metros – fuente IGAC y el modelo digital de elevación GDEM 2 (Precisión vertical de menos de 17 m con un nivel de confianza del 95%, y una resolución horizontal del orden de 75 m) y la interpretación de una imagen satelital Imágenes del satélite RAPIDEYE con fechas entre el 15 de febrero de 2014 y el 27 de diciembre de 2015. Resolución Espectral: 5 Bandas (azul, verde, rojo, red edge e infrarojo cercano), resolución

¹³Zinck, Alfred. Physiography and soils. Bogotá. 1988

¹⁴ INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI – IGAC. Estudio General de Suelos y Zonificación de Tierras del departamento del Cesar, 2004. Escala: 1:100.000.

¹⁵ EEB; Diagnóstico Ambiental de Alternativas para la Construcción y Operación de la Línea de Transmisión a 230 kV La Reforma – San Fernando; CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO; Bogotá D.C., 2015.

radiométrica: 16 bits, Resolución Espacial: 5m. La cartografía preliminar se basó en la caracterización de los rasgos morfogenéticos, morfológico y morfodinámicos a escala 1:25000 con ayuda de la aplicación de sistemas de información geográfica (SIG).

1.5.4.3 Etapa III: Fase de campo.

Consistió en el control de campo, con el fin de corroborar a través de transectos la información compilada y cartografiada en la primera etapa del proyecto referente a verificación de contactos geomorfológicos, identificación de las zonas de inundación, procesos morfodinámicos (movimientos en masa y procesos erosivos) y agentes antrópicos (construcción de obras de infraestructura, actividades agrícolas y/o ganaderas, cambios de uso del suelo, entre otras). La relación de puntos de control realizados para el levantamiento de información de esta temática se encuentra consignada en el **Anexo D-1 – Componente geoesférico**.

1.5.4.4 Etapa IV: Fase de oficina.

Se procedió al ajuste y complementación de la caracterización geomorfológica del área de influencia definidas en las dos (2) etapas anteriores, que consistió en la descripción del análisis del origen de las diferentes unidades geomorfológicas (morfogénesis), el análisis de las formas de las laderas (morfografía), la descripción de los procesos morfodinámicos sobre la superficie del terreno (morfodinámica) y el análisis de las geoformas de tipo estructural (morfoestructura).

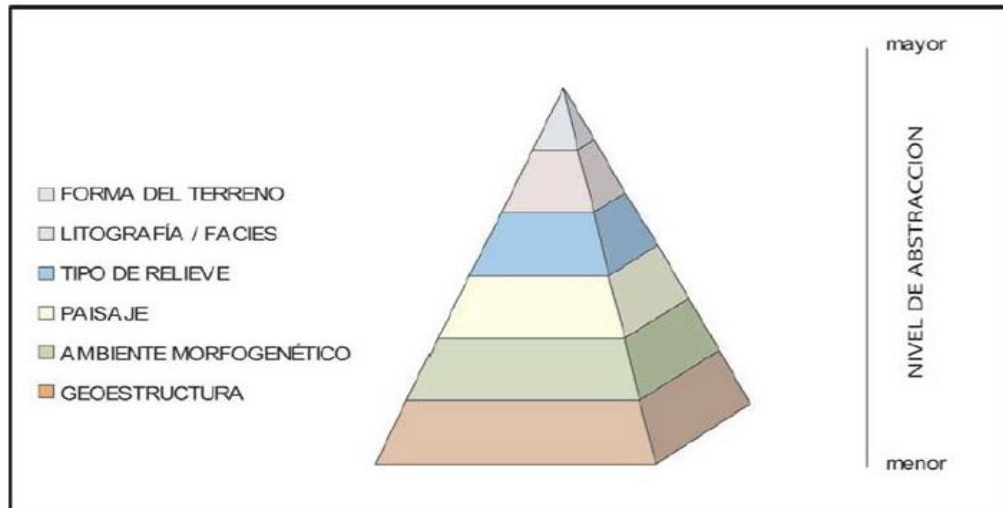
En la caracterización del componente geomorfológico del área de influencia directa (AID) e indirecta (AII) de Interconexión La Reforma – San Fernando 230 kV, se utilizó la propuesta metodológica se utilizó el sistema de clasificación geomorfológica propuesta por Alfred Zink (1986), adaptado por la subdirección de Agrologica del Instituto Geográfico “Agustín Codazzi” (IGAC)¹⁶ (**Imagen 1-8 y MAPA EEB-SFDO-CT100614-L170-HSE-2032-GEOMORFOLOGIA** a escala 1:25.000), la cual se describe a continuación:

- **Geoestructura:** Hace referencia a las megaestructuras de la tierra, definidas según su formación u origen; estas pueden ser de tres tipos: Cordilleras, cuando se encuentran estructuras derivadas de los levantamientos orogénicos; Megacuencas de sedimentación, cuando corresponden a una génesis de forma depositacional o estructural de cuencas que fueron posteriormente rellenadas por sedimentos continentales o marinos; Escudo o Cratón, que hace referencia a las grandes extensiones continentales que se consideran estables, o sea, que no han sufrido procesos orogénicos.
- **Ambiente Morfogenético:** Tipo amplio del medio biofísico originado y controlado por la geodinámica (geoestructura) interna y/o externa de la región. Estos ambientes pueden ser: Estructurales (S), Depositacionales (D), Denudacionales (E) y Residuales (R).

¹⁶Zinck, Alfred. Physiography and soils. Bogotá. 1988

- **Paisaje:** Es una gran área porción de tierra (decenas de km) constituida por la repetición de tipos de relieve similares o por una asociación de tipos de relieve disimiles, resultantes de la acción de procesos morfogénéticos específicos de tipo plegado, erosional a aluvial, entre otros.
- **Tipo de relieve:** Es una porción de terreno resultante de la acción combinada de la topografía y la estructura geológica, de condiciones morfoclimáticas específicas o de procesos morfo genéticos.
- **Litología/depósitos superficiales:** Muestra la constitución petrográfica de las geoformas y las formaciones sueltas de cobertura y están referidos a nivel de tipo material litológico.
- **Forma del terreno:** Es la geoforma elemental y constituye el nivel más bajo de este sistema geomorfológico, caracterizada por una geometría, una dinámica y una historia.

Imagen 1-8 Esquema de jerarquización geomorfológico



Fuente: Sistema de clasificación geomorfológica propuesta por Alfred Zink (1986), adaptado por la subdirección de Agrologica del Instituto Geográfico "Agustín Codazzi" (IGAC)¹⁷

Adicionalmente, se utilizó la metodología descrita en la Propuesta de Estandarización de la Cartografía Geomorfológica en Colombia, elaborada por José Henry Carvajal Perico, 2004¹⁸, para la caracterización de los atributos de las formas del terreno (**Tabla 1-16**), tales como: índice de rugosidad del terreno, pendiente, índice de contraste del relieve relativo, longitud de la ladera, formas de la ladera, formas del valle, forma de la cresta y formas de los valles. Los rangos descriptivos para cada una de los anteriores detalles se presentan en la **Tabla 1-16**.

¹⁷Zinck, Alfred. Physiography and soils. Bogotá. 1988

¹⁸INGEOMINAS. Primeras Aproximaciones a la Estandarización de la Geomorfología en Colombia. Bogotá, 2008.

Tabla 1-16 Atributos utilizados en la descripción y caracterización geomorfológica

RELIEVE RELATIVO		RUGOSIDAD DEL TERRENO	
DIFERENCIA DE ALTURA (m)	DESCRIPCIÓN	Rr=dhmax/A (m/Km2)	DESCRIPCIÓN
0 - 50	Muy bajo	0 - 75	Muy bajo
50 - 250	Bajo	75 - 175	Bajo
250 - 500	Moderado	175 - 300	Moderado
500 - 1000	Alto	300 - 500	Mediano
1000 - 2500	Muy alto	500 - 800	Alto
> 2500	Extremadamente alto	> 800	Muy alto
PENDIENTE DE LADERA*		LONGITUD DE LADERA	
PENDIENTE (%)	DESCRIPCIÓN	LONGITUD (m)	DESCRIPCIÓN
0 - 1%	A Nivel	< 50	Muy Corta
1 -3%	Ligeramente plana	51-250	Corta
3 - 7%	Ligeramente Inclinada	251-500	Moderada
7 - 12%	Moderadamente Inclinada	501-1000	Larga
12 - 25%	Fuertemente Inclinada	1001-2500	Muy Larga
25 - 50%	Ligeramente Escarpada o Ligeramente Empinada	> 2500	Extremadamente Larga
50 - 75%	Moderadamente Escarpada o Moderadamente Empinada	-	-
75 - 100%	Fuertemente Escarpada o Fuertemente Empinada	-	-
FORMAS DE LADERA		FORMAS DE CRESTA	FORMAS DE VALLE
CLASE	TIPOS DE FORMAS DE LADERA	TIPO	TIPO
Recta	Cóncava Convergente	Aguda	Artesa
Cóncava *	Cóncava Divergente	Redondeada	Forma de V
Convexa *	Convexa Convergente	Convexa amplia	Forma de U
Irregular	Convexa Divergente	Convexa plana	-
Completa	-	Plana	-
-	-	Plana Disectada	-

* Los valores de la inclinación de la pendiente está de acuerdo a la GDB del Ministerio de Medio Ambiente.
Fuente: INGEOMINAS, 2008.

Algunos de los atributos mencionados en la **Tabla 1-16**, indican:

La **rugosidad del terreno** busca representar la variación detallada del terreno, donde zonas rugosas son más susceptibles a la infiltración y por ende a los movimientos en masa respecto a las zonas rectas y lisas. La rugosidad se obtiene como la variación en la orientación tridimensional de las celdas (píxeles) de la rejilla dentro de un vecindario, principio aplicable a la presencia del parámetro elevación y pendiente en un modelo de píxeles. El análisis vectorial se utiliza para calcular la dispersión de vectores normales (ortogonales) a las celdas de rejilla dentro del vecindario especificado. El método implementado corresponde al uso de la herramienta Terrain Rughness del complemento Benthic Terrain Modeler for ArcGis, módulo Geomorphology – Terrain Ruggedness (VRM) que implementa la comparación de vectores normales o la variabilidad de la pendiente y genera un ráster de salida con valores de rugosidad que pueden variar desde 0 (sin variación del terreno) a 1 (variación completa del terreno).

La **inclinación del terreno o pendiente del terreno** constituye un factor esencial que controla o interviene en la sensibilidad ambiental, esta se relaciona con la morfología y dinámica de todas las formas del relieve; es decir, la pendiente constituye un factor que favorece la delimitación de los procesos y los tipos de formas que se encuentran en el terreno. Para ambientarnos en la metodología utilizada en la generación del Mapa de Pendientes (**Mapa EEB-SFDO-CT100614-L170-HSE-2033**) es necesario referenciar que el Feature Class llamado pendiente se encuentra dentro del modelo de datos de la Geodatabase cobijado dentro del tema geomorfología, perteneciente al Feature Dataset (MEDIO FÍSICO). Este Feature dentro de su tabla de atributos posee un campo llamado NOMENCLAT, el cual en su descripción apunta a una tabla de dominio (**Tabla 1-17**).

Tabla 1-17 Dominio Del Feature Class Vs. Pendiente (Dom_Pensuelo)

VALOR	NOMBRE	INTERVALO (%)
1311011001	A nivel%	0 – 1
1311011002	Ligeramente plana	1 – 3
1311011003	Ligeramente inclinada	3 – 7
1311011004	Moderadamente inclinada	7 – 12
1311011005	Fuertemente inclinada	12 -25
1311011006	Ligeramente escarpada o ligeramente empinada	25 - 50
1311011007	Moderadamente escarpada o moderadamente empinada	50 – 75
1311011008	Fuertemente escarpada o fuertemente empinada	75 – 100
1311011009	Totalmente escarpada	>100

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

La **clase** indica la forma de la pendiente del terreno, siendo cóncava o convexa, y se calcula como la segunda derivada de la superficie. En términos de movimientos en masa, la curvatura representa la influencia de la topografía en los procesos de infiltración y escorrentía, siendo las zonas cóncavas las de menor infiltración y por ende las de menor susceptibilidad.

1.5.5 Suelos

A continuación se describen los lineamientos metodológicos utilizados para la caracterización de la información agrológica a nivel semidetallado (1:25.000), y que están en conformidad con los términos de referencia para Estudios de Impacto Ambiental para tendido de las líneas de transmisión del sistema nacional de interconexión eléctrica, compuesto por el conjunto de líneas con sus correspondientes módulos de conexión (subestaciones) que se proyecte operen a tensiones iguales o superiores a 220 kV (ANLA - 2006)¹⁹.

La caracterización y la evaluación integral del recurso suelo, se compone en la caracterización agrológica de suelos la cual incluye: Caracterización del suelo, uso actual de los suelos, clasificación de tierras por capacidad de uso - uso potencial y conflicto de uso de los suelos. A continuación, se presenta la descripción detallada de cada uno de ellos:

¹⁹ANLA – Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. 2006.

1.5.5.1 Caracterización agrológica de suelos

Corresponde a la metodología para la delimitación y caracterización de las unidades de suelo, su uso potencial, uso actual y los conflictos de uso del suelo generados, por tanto, se recopiló, procesó y analizó la información secundaria y primaria de acuerdo con los estándares vigentes establecidos por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) para las tres etapas que se presentarán posteriormente contempladas para la caracterización agrológica (**Tabla 1-18**).

Tabla 1-18 Documentos base para la caracterización del componente suelos de acuerdo con el IGAC

DOCUMENTOS IGAC
Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Manual de procedimientos levantamientos de suelos a nivel general, detallado y semidetallado. Documento código. P410-01/2008. Diciembre de 2008. Versión 2.
Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Metodología para levantamientos de suelos. Documento código. M40100-01/11. septiembre de 2011. Versión 1.
Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Metodología para la clasificación de las tierras por su capacidad de uso. Documento código. M40100-02/10. diciembre de 2010. Versión 1.
Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Manual de procedimiento para elaboración del mapa de cobertura y uso de la tierra. Documento código. P40400-01/11. agosto de 2011. Versión 1.
Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Manual de procedimientos para la identificación, preparación y distribución de muestras para análisis. Documento código. P40600-03/11 junio de 2011. Versión 6.
Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Instructivo para trabajo en campo. Documento código. I410-04/2008. Diciembre de 2008. Versión 1.
Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Instructivo para salidas finales de cartografía temática. Documento código. I40500-01/11. diciembre de 2011. Versión 1.
Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Guía para elaborar la memoria técnica de un estudio de suelos. Documento código. 410-02/2008 diciembre de 2008. Versión 1.

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

Para la elaboración de la caracterización agrológica del área de influencia del proyecto “Construcción y operación de la línea de transmisión a 230 kV La Reforma – San Fernando”, fue necesaria la realización de tres etapas, a saber:

1.5.5.2 Etapas I: Recopilación, descripción y análisis de la Información Secundaria

Consistió en una revisión de los estudios realizados anteriormente en la región, como se presentan en la **Tabla 1-19**.

Tabla 1-19 Información secundaria recopilada para el componente suelos

CLASE	NOMBRE
Cartografía	Conjunto de Imágenes del satélite RAPIDEYE con fechas entre el 15 de febrero de 2014 y el 27 de diciembre de 2015. Resolución Espectral: 5 Bandas (azul, verde, rojo, red edge e infrarojo cercano). Resolución Radiométrica: 16 bits, Resolución Espacial: 5m.
	GDEM (Modelo Digital de elevación del Terreno) versión ASTER GDEM de METI y NASA, sensor con una precisión vertical de menos de 17 m con un nivel de confianza del 95%, y una resolución horizontal del orden de 75 m.

CLASE	NOMBRE
Informe	Estudio General de Suelos y Zonificación de Tierras del Departamento del Meta (IGAC, 2004) ²⁰
Informe	DOCUMENTO DE DIAGNOSTICO AMBIENTAL DE ALTERNATIVAS - Construcción y operación de la línea de transmisión a 230 kV La Reforma - San Fernando –Antea Group, 2015 ²¹

Corresponden a los factores formadores de los suelos y se obtuvieron en el presente estudio de impacto ambiental.

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

Análisis de resultados

Una vez analizada la información secundaria recopilada y mencionada en la **Tabla 1-19** se identificó el paisaje geomorfológico y el ambiente edafogenéticos del área como: Montañas fluvio gravitacionales y plegadas; Piedemonte mixto; Planicie y Valle aluvial. Conjuntamente con el mapa de zonificación climática se identificó el clima ambiental cálido - muy húmedo, según la metodología Thornthwaite.

Para la determinación y ajuste de las unidades a escala semidetallada (1:25.000) básicamente, se realizó el cruce del mapa de geología, geomorfología, pendientes, el Modelo Digital del Terreno –DEM- y la Zonificación Climática presentada en el numeral 3.2.8. (Capítulo 3 – Atmosfera). De estos cruces se muestran la identificación de cada uno de los ambientes edafogenéticos del AI, que a su vez se convierten en los factores para determinar las unidades de suelos preliminares, generando así el mapa de suelos con las unidades de suelos a corroborar en la etapa de campo.

Definidas las unidades de suelos preliminares, se realizó la identificación de posibles puntos de recorrido teniendo cuidado de cubrir todas las posibles unidades de suelo a nivel de tipo de relieve (Escala 1:25.000), considerando el porcentaje de representatividad mencionado por el IGAC para estudios semidetallados (>10%). Además de los puntos de muestreo se trataron de hacer recorridos de observación, que tienen como fin delimitar a la escala del estudio (1:25.000) los contactos de las unidades de suelo preliminares planteadas en oficina. Además, se definieron los sitios de realización de los perfiles modal, compuestos por calicatas para la caracterización de los suelos. En estos tipos de calicatas se tomaron muestras de los horizontes.

La ubicación de las calicatas con fines de caracterización, se determinó en función de la distribución de las unidades de suelo y como mínimo se realizó una calicata por unidad de suelo. En cada una de las calicatas se obtuvo una muestra de los dos horizontes más representativos del perfil; todas las muestras se analizaron en el laboratorio Dr. Calderón Labs., con los parámetros requeridos para caracterización, como se especifican en la **Tabla 1-20**. Se debe aclarar que no se pudo realizar la calicata 2780-LR-SF_CAL-10, correspondiente a la unidad cartográfica Grupo Indiferenciado PVDabx, pues en la etapa

²⁰ INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI – IGAC. Estudio General de Suelos y Zonificación de Tierras del departamento del Meta, 2004. Escala: 1:100.000.

²¹ Consorcio Antea Group S.A.S. – INGEDISA. DOCUMENTO DE DIAGNOSTICO AMBIENTAL DE ALTERNATIVAS - Construcción y operación de la línea de transmisión a 230 kV La Reforma - San Fernando, 2015.

de campo no se pudieron conseguir los permisos de entrada a predios para poder hacer la calicata de caracterización, por este motivo se tuvo que caracterizar la unidad con la información secundaria encontrada en el estudio departamental de suelos.

Tabla 1-20 Tipos de muestreo y parámetros de suelos analizados en el laboratorio

TIPO DE MUESTREO	PARÁMETROS	NO. DE CALICATAS CARACTERIZADAS
Suelos caracterización agrologica	pH, saturación de aluminio, fosforo, potasio, saturación de bases, capacidad de intercambio catiónico, porcentaje de sodio intercambiable, % de saturación de sodio, textura, conductividad eléctrica, densidad aparente, materia orgánica y carbono orgánico.	11

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

1.5.5.3 Etapa II: Trabajo de campo

El trabajo de campo consistió en la caracterización de las unidades de suelo mediante recorridos en la zona de estudio y la realización de descripciones de las unidades de suelos mediante calicatas de caracterización; las cuales tuvieron como fin el ajuste de los límites o contactos de las unidades taxonómicas y cartográficas de suelos y el muestreo de estas.

- Calicatas para la caracterización de las unidades de suelos (Perfil Modal)

Para cada unidad de suelos se garantizó como mínimo la identificación, descripción y muestreo de un perfil modal (calicata). En las calicatas se describieron de forma completa las características internas (todos los horizontes) y externas (paisaje, uso del suelo) de los suelos que conforman las unidades cartográficas de suelos, y se realizó el muestreo de los horizontes y capas que integran el perfil del suelo. La calicata consiste en realizar una excavación profunda de 80 cm de ancho X 120 cm de largo X 120 cm de profundo, hasta el nivel freático o hasta encontrar un contacto lítico. Las características se observan en la **Fotografía 1-1**.



Fotografía 1-1 Perfil modal de unidades de suelos RVOax y RVGaby. Coordenadas Magna Sirgas Origen Bogotá: E: 1039628,47 N: 937164,69; y E: 1043591,21 N: 922236,26

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

A continuación, se describe el proceso para la realización del muestreo de suelos en las calicatas:

Muestreo de suelos: En todas las unidades de suelos después de haber realizado la calicata, su descripción y la toma de la respectiva fotografía, se colectaron dos muestras alteradas de suelo, una del horizonte superficial y la otra del horizonte subsuperficial más representativo en el perfil. Para cada muestra alterada de suelos, se colectaron aproximadamente dos kilos, los cuales se empacaron en doble bolsa “sello hermético” y se etiquetaron debidamente con el código de identificación y fecha de muestreo. Estas muestras fueron enviadas al laboratorio²² de suelos para su análisis (**Fotografía 1-2**).



Fotografía 1-2 Muestreo de suelos tomadas para el perfil AG: 2780-EEB-CAL_7- Unidad cartográfica RVOAX. Coordenadas Magna Sirgas Origen Bogotá: E: 1039628,47 N: 937164,69
Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

Como resultado en la **Tabla 1-21** e **Imagen 1-9**, se muestra la ubicación de los ensayos realizados en campo.

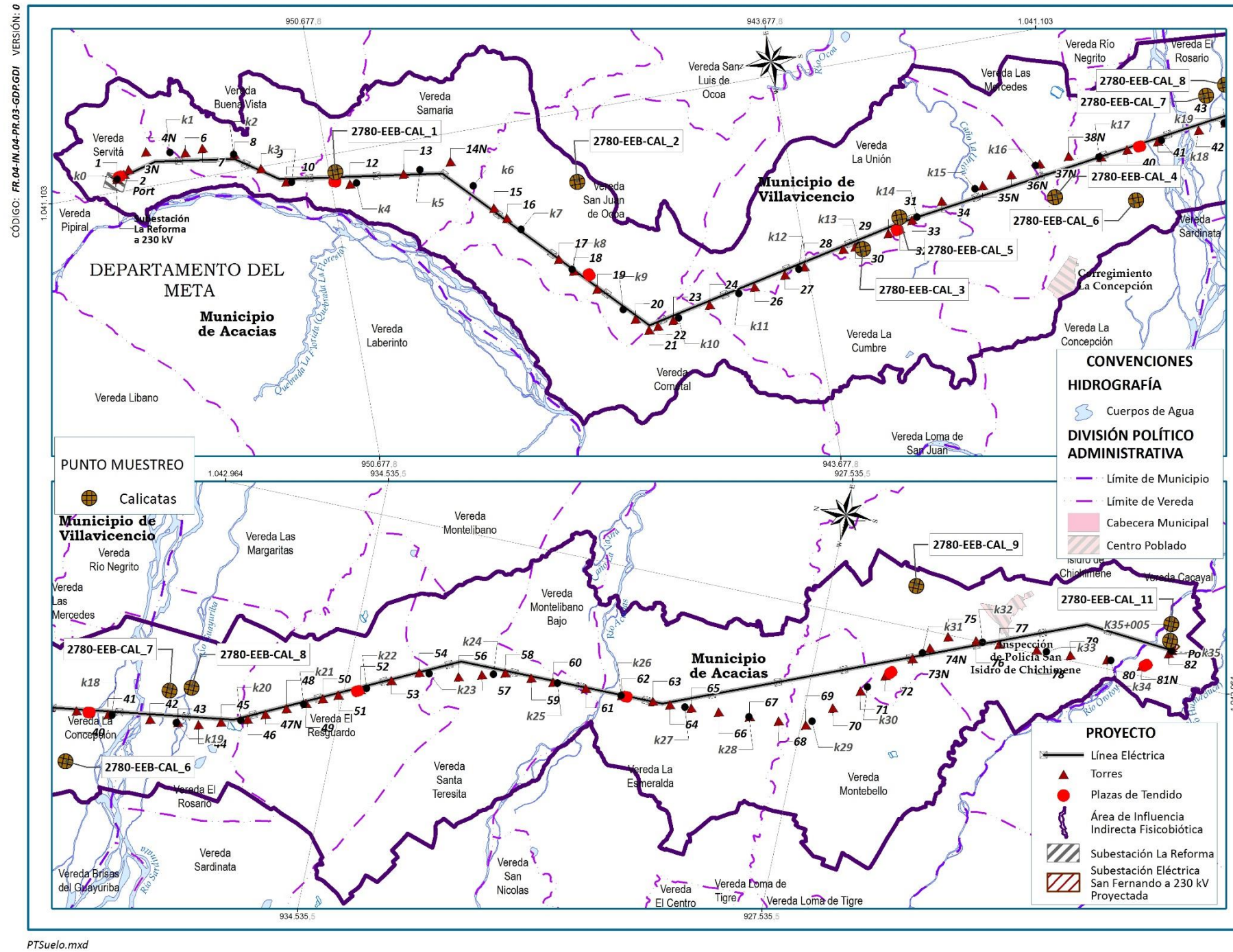
²² El laboratorio utilizado en este estudio para el componente de suelos fue Dr. Calderón Labs., acreditado por el IDEAM.

Tabla 1-21 Caracterización (Calicatas) de suelos realizados en el AI del proyecto.

CALICATA ID	UNIDAD CARTOGRÁFICA DE SUELO	MUESTREO	COORDENADAS MANGA SIRGAS ORIGEN BOGOTÁ		PREDIO/ VEREDA/ MUNICIPIO/ DEPARTAMENTO	FECHA DE MUESTREO
			ESTE	NORTE		
2780-LR-SF_CAL-1	MUPef1	2780-LR_SF-CAL-1_0/24	1040813,44	950586,59	Predio Villa Diana/ Vda. Samaria/ Villavicencio/ Meta	23/04/2016
		2780-LR_SF-CAL-1_24/65				
2780-LR-SF_CAL-2	MPHde1	2780-LR_SF-CAL-2_0/18	1040015,00	946941,20	Predio El Bosque/ Vda. San Juan de Ocoa/ Villavicencio/ Meta	24/04/2016
		2780-LR_SF-CAL-2_18/47				
2780-LR-SF_CAL-3	MUJef1	2780-LR_SF-CAL-3_0/8	1038224,88	942785,08	Predio La Esmeralda/ Vda. La Unión/ Villavicencio/ Meta	25/04/2016
		2780-LR_SF-CAL-3_8/49				
2780-LR-SF_CAL-4	PVCabp	2780-LR_SF-CAL-4_0/8	1038494,80	939730,03	Predio Cumaribo/ Vda. La Concepción/ Villavicencio/ Meta	26/04/2016
		2780-LR_SF-CAL-4_8/105				
2780-LR-SF_CAL-5	MUOde1	2780-LR_SF-CAL-5_0/11	1038608,13	942148,28	Predio La Betulia/ Vda. La Unión/ Villavicencio/ Meta	25/04/2016
		2780-LR_SF-CAL-5_11/89				
2780-LR-SF_CAL-6	RVHay	2780-LR_SF-CAL-6_0/11	1038230,69	938511,08	Gravicon SA/ Vda. La Concepción/ Villavicencio/ Meta	28/04/2016
		2780-LR_SF-CAL-6_29/74				
2780-LR-SF_CAL-7	RVOax	2780-LR_SF-CAL-7_0/13	1039628,47	937164,69	Mineros constructores/ Vda. El Rosario/ Acacias/ Meta	12/05/2016
		2780-LR_SF-CAL-7_13/37				
2780-LR-SF_CAL-8	RVNabx	2780-LR_SF-CAL-8_0/11	1039743,11	936844,39	Predio Liliana/ Vda. El Rosario/ Acacias/ Meta	29/04/2016
		2780-LR_SF-CAL-8_11/20				
2780-LR-SF_CAL-9	PVAab	2780-LR_SF-CAL-9_0/15	1043600,11	926237,68	Predio Ana Maria/ Vda. San Isidro de Chichimene/ Acacias/ Meta	14/05/2016
		2780-LR_SF-CAL-9_15/64				
2780-LR-SF_CAL-10	PVDabx	No se realizó por problemas con permiso de ingreso a predios				
2780-LR-SF_CAL-11	RVGaby	2780-LR_SF-CAL-11_0/7	1043591,21	922236,26	Lote EEB/ Vda. Betania/ Castilla La Nueva/ Meta	12/05/2016
		2780-LR_SF-CAL-11_16/73				
2780-LR-SF_CAL-12	VVAabxy	2780-LR_SF-CAL-12_0/9	1043845,41	922276,08	Rio Otoroy/ Vda. Betania/ Castilla La Nueva/ Meta	13/05/2016
		2780-LR_SF-CAL-12_21/34				

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

Imagen 1-9 Localización de las calicatas realizadas en el AI del proyecto



Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

Pruebas de infiltración: La prueba consistió en colocar una cantidad de agua al interior de un anillo insertado en el suelo, para realizar el registro del descenso de la columna de agua a través del tiempo. Las lecturas partieron de un tiempo cero y de una altura de columna conocida, medida por medio de una regla, ubicada en la pared interna del anillo, y con las frecuencias de tiempo señaladas en el formato de campo.

Procedimiento de la prueba de infiltración:

- Recoger agua en un balde o galón
- Descapotar o limpiar con una pala la vegetación de la superficie en el lugar donde se instalará el anillo metálico o de PVC, teniendo precaución de no alterar la estructura del suelo.
- Con golpes suaves se inserta el anillo metálico o de PVC en el suelo, a una profundidad de aproximadamente 15 cm de la superficie, garantizando que el anillo quede nivelado con el terreno.
- Una vez instalado el anillo metálico se debe colocar la cinta métrica o regla al interior del anillo, de manera que sea fácil la observación de los niveles de descenso del agua. Es importante que la cinta o regla quede fija y no tenga movimientos cuando el agua de la prueba se aplique dentro del anillo, pues esto generaría error en la lectura y en el ensayo.
- Luego se procede a colocar un plástico al interior del anillo de infiltración y se vacía el agua contenida en el balde, con esto se impide que el agua golpee directamente la superficie del suelo y con esto varíen los valores de velocidad de infiltración mientras se aplica el agua lentamente.
- Una vez listo el cronómetro se procederá a retirar el plástico del interior del anillo teniendo especial cuidado de no dejar salir el agua de la misma.
- Inmediatamente se verifica la altura a la cual está el nivel del agua en la cinta métrica siendo este el tiempo cero, se comienzan a calcular los tiempos y a realizar la siguiente lectura en los tiempos establecidos.
- Los tiempos a los cuales se debe hacer lectura de la altura del nivel del agua se relacionan en el formato de las pruebas de infiltración.
- El tiempo de la prueba es mínimo de 2 horas.
- Cuando la infiltración presentada fue muy alta y el suelo consumió toda el agua del cilindro, antes de terminar el periodo de mediciones, el anillo se rellenó en la altura deseada, haciendo el respectivo registro del tiempo en el cual se hizo la adición de agua y la altura alcanzada.
- Se procuró que la altura del agua nunca estuviera por debajo de los 5 cm de la superficie del suelo, pues no se llegó a este límite y se rellenó antes.

- Resultado del trabajo de campo

Se realizaron varios ensayos de percolación (prueba de infiltración) en cada una de las unidades cartográficas de suelos (**Fotografía 1-3**). En el **Anexo D.2 – componente suelos** se presentan las pruebas de infiltración y en la **Fotografía 1-3** el momento en el que se realizaron las pruebas de infiltración.



Fotografía 1-3 Prueba de infiltración en las unidades cartográficas de suelos

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

Los formatos de descripción de las calicatas y cajuelas se presentan en el **Anexo D.2 – Componente suelos**.

- Etapa III: Trabajo de oficina

La etapa de oficina consistió en la elaboración de la memoria técnica de los mapas de suelos, uso actual del suelo, uso potencial del suelo y conflictos de uso del suelo, así como, la interpretación de resultados de laboratorio por unidad cartográfica de suelos.

Análisis de laboratorio de suelos

Todas las unidades de suelos fueron muestreadas para análisis de caracterización agrológica. Los parámetros analizados en el laboratorio se presentaron en la **Tabla 1-20**.

Para la interpretación de los parámetros de laboratorio se tuvieron en cuenta las consideraciones del IGAC (2010) y la Norma Louisiana (2010)²³.

Generación del informe del levantamiento agrológico de suelos

Con la información colectada en campo, así como con la interpretación de los resultados de laboratorio elaborado a las muestras de suelo representativas, se realizó un compendio de información que permitió definir la caracterización de las diferentes unidades de suelo, que conforman el Área de Influencia del proyecto “Construcción y operación de la línea de transmisión a 230 kV La Reforma – San Fernando”.

• **Uso actual de los suelos**

Hace referencia a las actividades que desarrolla el hombre sobre el recurso tierra. Para realizar el mapa de uso actual del suelo se utilizó como insumo el mapa de coberturas vegetales; al cual se realizó una equivalencia entre coberturas de la tierra y usos, teniendo en cuenta la información levantada en campo. Las unidades de cobertura se agruparon en los usos del suelo definidos en la Resolución 1415 del 17 de agosto de 2012 (MADS, 2012)²⁴ (**Tabla 1-22**).

Tabla 1-22 Factores de clasificación de usos actuales del suelo

USO DEL SUELO	TIPO DE USO
Agrícola	Cultivos transitorios intensivos
	Cultivos transitorios semi-intensivos
	Cultivos semipermanentes y permanentes intensivos
	Cultivos semipermanentes y permanentes semi-intensivos

23 Oficina de Conservación de Louisiana, 2010. Código Administrativo de Louisiana (ALC). Título 43. Recursos Naturales. p.56

24 Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, Categorías de uso del suelo definidas en la Geodatabase. Resolución 1415 Del 17 de Agosto De 2012.

USO DEL SUELO	TIPO DE USO
Agroforestal	Silvoagrícola
	Agrosilvopastoril
	Silvopastoril
Ganadera	Pastoreos intensivo y semi-intensivo
	Pastoreo extensivo
Forestal	Producción
	Producción-protección
	Protección
Conservación	Forestal protectora
	Recursos hídricos
	Recuperación

Fuente: Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, Categorías de uso del suelo definidas en la Geodatabase. Resolución 1415 Del 17 de agosto De 2012.

- **Clasificación de tierras por capacidad de uso - uso potencial**

La Clasificación por Capacidad de Uso de las Tierras se hizo de acuerdo con la metodología propuesta por la USDA²⁵, (1964) la cual fue adoptada por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC, 2010)²⁶. Esta metodología permite agrupar las unidades cartográficas de suelos en grupos que tienen las mismas limitaciones y por tanto la misma capacidad para la realización de actividades de uso agrícola, pecuario, forestal y áreas de conservación, protección o manejo especial, con el ánimo de garantizar el desarrollo sostenible del recurso suelo.

Esta clasificación está integrada por un conjunto de criterios que definen rangos, los cuales permiten obtener el valor de la capacidad de uso en términos de clases y subclases agrológicas; los datos que alimentan la calificación son el producto de la caracterización de suelos, representada por medio de las unidades cartográficas.

Como resumen de la estructura e información de la metodología, en la **Tabla 1-23** aparecen, en forma concisa, los factores de clasificación:

²⁵ USDA – Siglas del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de Norteamérica.

²⁶ INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI. Metodología. Para la clasificación de las tierras por su capacidad de uso. Grupo interno de trabajo levantamiento de suelos. Cód. M40100-01/11. Versión 1. Bogotá, 2010. 41p.

Tabla 1-23 Factores de clasificación de tierras por capacidad de usos para estudios de suelos

CLASE	EROSION (e)		PENDIENTE (p)		HUMEDAD (h)		SUELO (s)						
	Grado	%	Drenaje Natural	Inundaciones Frecuencias	Profundidad efectiva (cm)	Grupo Textural	Fragmentos en el suelos% por vol.	Pedregosidad superficial	Afloram. R. Rocosidad	Fertilidad	Salinidad		
											% de Área afectada	Grado de salinidad	Sodio prof. (cm)
1	No hay	<=3	Bien drenado	No hay	> 100	Medias Mod. finas	< 3	< 0.1	< 0.1	Muy alta	No		
2	No hay	>3-7	Moderadam. bien drenado	Raras	> 100	Mod. gruesas Medias Mod. finas	< 3	< 0.1	0.1-2	Muy alta Alta Media	< 5	81	>100
3	Ligera	7-12	Mod. bien drenado	Ocasionales	> 100 75-100 50-75	Mod. gruesas Medias Mod. finas Finas permeables	3-15	0.1-3	0.1-2	Baja	15-16	81,82	>100
4	Moderada	12-25	Imp. drenado	Frecuentes	> 100 75-100 50-75 50-25	Gruesas Mod. gruesas Medias Mod. finas Finas, poco permeables	15-35	3-15	10-25	Muy baja	15-50	81,82,83	>50
5	No hay Ligera	< 7	Pobrem. drenado Muy pobremente drenado	Muy frecuentes	Cualquiera	Mod. gruesas Medias Mod. finas Muy finas	3-15 15-35	15-50	25-50	Cualquiera	< 75	81,82,83	<25
6	Moderada	25-50	Pobrem. Drenado Muy pob. drenado Mod. excesivo	Frecuentes	<= 25	Gruesas Mod. gruesas Medias Mod. finas Finas Muy finas	35-60	15-50	25-50	Cualquiera	<60	81,82,83	<25
7	Severa	50-75	Muy pob. drenado Excesivo	Muy frecuentes	Cualquiera	Gruesas Mod. gruesas Medias Mod. finas Finas Muy finas	> 60	50-90	25-50	Cualquiera	<75	81,82,83	>25
8	Muy severa	> 75	Cualquiera	Cualquiera	Cualquiera	Gruesas Mod. gruesas Medias Mod. finas Finas Muy finas	Cualquiera	>90	>60	Cualquiera	> 75	81,82,83	<25

Lig.=Ligeramente

Imp.=Imperfectam Pob.=Pobremente

Fuert.=Fuertemente

Pedreg.=Pedregosidad

Distribución de lluvias:

1. Suficientes durante los dos semestres: permiten cultivos continuados.
2. Suficientes durante 1 semestre. con deficiencias en el siguiente.
3. Suficientes durante 1 semestre. con exceso en el siguiente.
4. Exceso durante los dos semestres: permite ciertos cultivos.
5. Deficiencias durante los dos semestres: permite ciertos cultivos.
6. Exceso durante los dos semestres: no permite cultivos.
7. Deficiencias durante los dos semestres: no permite cultivos

Frecuencia de Heladas

- 1 Bajas <= 2 al año
- 2 Medias 3 a 4 al año
- 3 Alta > de 4 al año

NOTA: El grado de afectación del factor se incrementa de la clase 1 a la 8

Fuente: INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI. Metodología. Para la clasificación de las tierras por su capacidad de uso. Grupo interno de trabajo levantamiento de suelos. Pág. 37. Cód. M40100-01/11. Versión 1. Bogotá, 2010. 41p.

La clasificación agrológica permite relacionar fácilmente el uso potencial de una unidad de suelo. Este se representa a través de un símbolo que incluye clase, subclase y grupo de manejo; la clase definida por un número romano entre uno y ocho, representa grupos de suelos que muestran un mismo grado relativo de limitaciones y restricciones que va aumentando paulatinamente hasta llegar a la clase ocho, en donde las tierras poseen tantas y tan severas limitaciones o restricciones tales que no permiten el desarrollo de actividades agropecuarias, quedando restringidas a la conservación natural y/o la recreación.

La subclase se encuentra determinada por el tipo de limitaciones presentes en los suelos, los cuales pueden ser de carácter temporal o permanente, representadas por las letras: s, limitaciones en la zona radicular; e, erosión o susceptibilidad a la misma; h, exceso de humedad en el suelo producto de encharcamientos o inundaciones; y c, limitaciones por clima. El grupo de manejo se representa a través de un número arábigo que determina recomendaciones del manejo de la o las limitaciones en forma.

- **Conflicto de uso de los suelos**

Para la definición de los conflictos de uso de las tierras, se tuvo en cuenta la oferta biofísica expresada por la capacidad de uso (uso potencial); y la demanda actual, expresada como uso actual y/o cobertura actual de las tierras (uso actual del suelo). La clasificación de conflictos se realizó mediante la aplicación de los criterios basada en cuatro categorías de conflictos de acuerdo a las categorías definidas en la Resolución 1415 del 17 de agosto de 2012 (MADS, 2012)²⁷. Estas categorías son las siguientes:

Tierras sin conflicto de uso o uso adecuado: Hace referencia a las tierras en que los usos actuales guardan total concordancia respecto de la capacidad de uso de las tierras, sin que el recurso suelo presente deterioro de significancia, permitiendo mantener las actividades productivas o desarrollar nuevas, sin deteriorar la base natural de los recursos. Adicionalmente, se incluyen las tierras definidas como subutilizadas en las cuales los suelos permiten una mayor explotación.

Tierras en conflicto por sobreutilización ligera: Corresponde a las tierras en las que el uso actual, están próximas a la capacidad de uso de tierras, manifestando una ligera inconsistencia, evidenciando un nivel de explotación del recurso por encima del recomendado, con el consiguiente deterioro progresivo por el incremento de procesos erosivos, la disminución de la fertilidad natural o el deterioro de la flora y la fauna asociada; aspectos que de no ser atendidos promoverán alteraciones mayores en el largo plazo.

Tierras en conflicto por sobreutilización moderada: Se establece en las tierras en las cuales el uso actual se encuentran de forma moderada por encima de la capacidad de uso de las tierras, afectando medianamente su producción sustentable, disminuyendo la productividad y la capacidad de regeneración de los suelos; adicionalmente, este conflicto se refleja en la

²⁷ Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Categorías de conflictos del uso del suelo definidas en la Geodatabase. Resolución 1415 Del 17 de Agosto De 2012.

pérdida de la flora nativa y por consiguiente en la disminución de los hábitats de fauna, promoviendo en un mediano plazo alteraciones mayores.

Tierras en conflicto por sobreutilización severa: Identifica las tierras que presentan usos actuales inadecuados totalmente contrarios a la capacidad de uso de las tierras, sobrepasando la capacidad de soporte del medio natural en un grado severo; presentan graves riesgos de tipo ecológico y social, que evidencian en algunos sectores la degradación avanzada no solo de los suelos sino de los recursos naturales asociados, como son el agua, la flora y la fauna, afectando el balance natural y la estabilidad de los ecosistemas.

Tierras en conflicto por subutilización ligera: Corresponde a las tierras en las que el uso actual, están próximas a la capacidad de uso de tierras, manifestando una ligera inconsistencia, evidenciando un nivel de explotación del recurso por debajo del recomendado, con el consiguiente, baja utilización del recurso suelo, teniendo productividad diferente a la potencial de los suelos.

Tierras en conflicto por subutilización moderada: Se establece en las tierras en las cuales los usos actuales se encuentran de forma moderada por debajo de la capacidad de uso de las tierras, afectando los niveles de productividad de los suelos medianamente un uso inadecuado del recurso; aunque no hay pérdida del recurso como tal, si se evidencian factores de uso inadecuado del recurso y se desaprovechan las propiedades potenciales de producción del suelo.

Tierras en conflicto por subutilización severa: Identifica las tierras que presentan usos actuales inadecuados totalmente contrarios a la capacidad de uso de las tierras, subutilizando el recurso natural en un grado severo; los suelos no son utilizados correctamente según su uso potencial; no hay deterioro del recurso, pero puede presentar conflictos de carácter social muy graves.

1.5.6 Hidrología

En el desarrollo del componente hidrológico tiene como objetivo identificar, caracterizar y cuantificar las zonas hidrográficas respecto al estado actual recurso hídrico (Sistemas lénticos y lóticos).

La presente metodología se estructura en tres etapas; la primera de ellas consistió en la recolección de información a través la fase de campo, la cual tiene por objeto principal validar y complementar la información secundaria; a partir de esta se desarrolló la segunda etapa donde se obtiene y se procesa la información con la finalidad de caracterizar el estado actual del recurso hídrico, específicamente se precisa en los siguientes elementos: Sistemas lénticos, sistemas lóticos, caudales característicos, morfometría de las unidades hidrográficas, usos y usuarios actuales del recurso hídrico y finalmente el análisis de la información.

1.5.6.1 Etapa I: Recopilación, descripción y análisis de información secundaria

La información utilizada para el desarrollo de dicha caracterización se obtuvo de consulta de información secundaria proveniente de diversas fuentes, las cuales se relacionan en la **Tabla 1-24**.

Tabla 1-24 Información secundaria consultada

TIPO	DESCRIPCIÓN
Información municipal	<ul style="list-style-type: none"> Plan de Ordenamiento Territorial – POT Municipio de Villavicencio “POT “Norte” 2015. Plan Básico de Ordenamiento Territorial –PBOT Municipio de Acacias. Plan Básico de Ordenamiento Territorial –PBOT Municipio de Castilla La Nueva
Información ambiental	<ul style="list-style-type: none"> Plan de Ordenación y manejo de la cuenca del río Acacias - Pajure. Gestión Ambiental y Desarrollo UT, 2011 Formulación de la fase de diagnóstico del plan de ordenación y manejo de la cuenca hidrográfica del río Guayuriba, en el departamento del Meta. Cormacarena Plan de ordenación y manejo de la cuenca del río Ocoa, Villavicencio Meta. Cormacarena, 2005. Plan de ordenación y manejo de la cuenca del río Guatiquia, Cormacarena, 2009. Estudio Nacional del Agua del año 2014.
Estudio de Referencia	<ul style="list-style-type: none"> Diagnóstico Ambiental de Alternativas para la construcción y operación de la línea de transmisión a 230 Kv La Reforma – San Fernando Diagnostico preliminar Línea Eléctrica de 230 kV Termocusiana - San Fernando
Información cartográfica	<ul style="list-style-type: none"> Planchas del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), a escala 1:25.000 de 2000 (226-II-A, 266-II-C, 166-IV-A, 266-IV-B, 266-IV-C y 266-IV-D) Imágenes del satélite RAPIDEYE con fechas entre el 15 de febrero de 2014 y el 27 de diciembre de 2015. Resolución Espectral: 5 Bandas (azul, verde, rojo, red edge e infrarojo cercano). Resolución Radiométrica: 16 bits, Resolución Espacial: 5m.
Información hidrometeorológica	<ul style="list-style-type: none"> Mapas de zonas hidrográficas, y subzonas hidrográficas. Decreto número 1640 del 2 de agosto de 2012 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (en adelante MADS). Resolución 337 de 1978. Codificación de Cuencas.

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

Como punto de partida para la caracterización hidrológica del área intersectada por del proyecto “Construcción y operación de la línea de transmisión a 230 kV La Reforma – San Fernando”, se realizó la identificación de la red de drenaje presente, utilizando como base la información relacionada en la **Tabla 1-24**; tomando como punto inicial la información cartográfica del IGAC (planchas a escala 1:25.000) y la fotointerpretación de las Imagen satelital RAPIDEYE y así se procedió a realizar la respectiva actualización cartográfica a partir de la información capturada en campo, ajustado al área de estudio.

1.5.6.2 Etapa II: Fase de campo – Obtención de datos Hidrométricos

En la obtención de los datos hidrométricos se procedió a realizar una visita en campo los días 21 al 30 de abril y del 11 al 14 de mayo de 2016 en cada uno de los cuerpos de agua importantes presentes en el área de estudio para la línea de transmisión, con la finalidad de identificar su dinámica y a su vez realizar una descripción de características como: tipo de corriente, composición del lecho del cauce, condición de la corriente, alteración hidrológica, apariencia del agua, tipo de cobertura disponibles, entre otros y finalmente se efectuó su aforo directo.

La medición del aforo directo de caudales líquidos corresponde al conjunto de operaciones realizadas en una sección transversal del cuerpo de agua, para calcular el caudal circulante por la misma en un momento determinado, teniendo en cuenta la velocidad y el área que se presente en cada sección obtenida. Algunos factores limitantes para la realización de los aforos en campo fueron: el clima, la existencia de velocidades que el equipo utilizado estuviera en la capacidad de registrar, las condiciones de seguridad de la persona que tomaba la medición, entre otras (**Fotografía 1-4**).



Fotografía 1-4 Vista de la sección transversal del caño

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

El método de aforo aplicado consistió en la medición de los caudales correspondientes utilizando un micromolinetete, para llevar a cabo estos registros, se estimó la longitud total de la sección, la cual se dividió en varias secciones, posteriormente en cada una de estas secciones se registró la altura de la lámina de agua (d), la velocidad (v) y el ancho parcial (b), en base a estos valores y aplicando las ecuaciones indicadas en la **Tabla 1-25** y en la **Imagen 1-10**, se obtuvieron los caudales parciales y finalmente se generó el caudal total de la sección aforada en cada cauce.

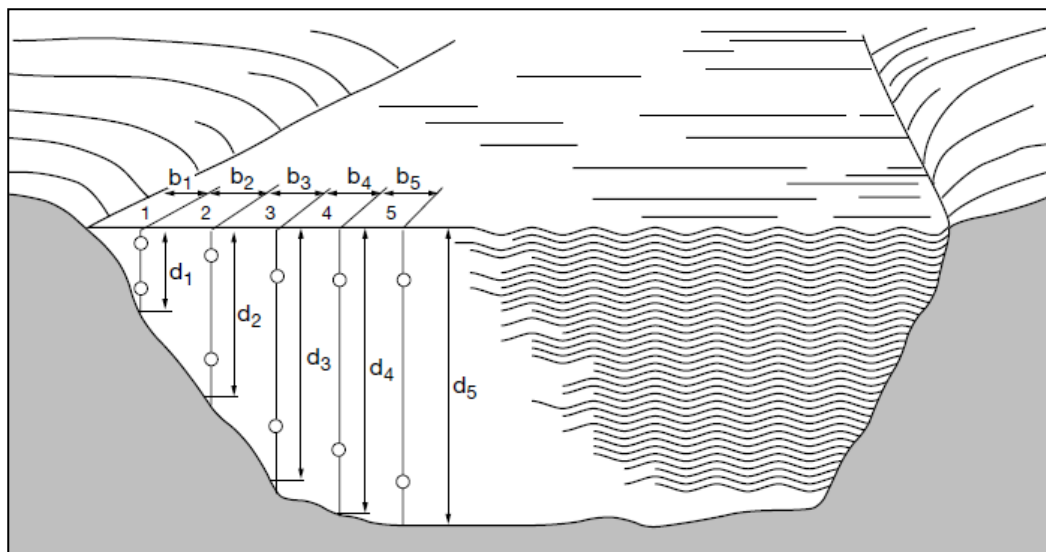
El equipo empleado para la toma de la medición fue un micromolinetete digital marca Global Water, el cual es un elemento de precisión, con el que se mide la velocidad del agua en una serie de puntos para una sección transversal de un cauce ver **Imagen 1-10** y **Fotografía 1-5**, este equipo está constituido por un cuerpo principal en aluminio el cual en la parte de abajo posee una hélice y en la parte de arriba tiene un medidor digital.

Tabla 1-25 Ecuaciones utilizadas para la medición de caudal en la sección transversal con micromolinete

PARÁMETRO	FORMULA	VARIABLES
Caudal parcial en la sección <i>i</i>	$Q_i = \left(\frac{b_i * d_i}{2} \right) * v_i$	Q_i = Caudal m ³ /sg b_i = Ancho parcial, m d_i = Altura de la lámina, m v_i = Velocidad m/s
Caudal parcial en la sección 1	$Q_1 = \left(\frac{d_1 + d_2}{2} \right) * (v_2 * b_2)$	Q_1 = Caudal m ³ /sg b_2 = Ancho parcial, m d_1 y d_2 = Altura de la lámina, m v_2 = Velocidad, m/s
Caudal parcial en la sección 2	$Q_2 = \left(\frac{d_3 + d_4}{2} \right) * (v_3 * b_3)$	Q_2 = Caudal m ³ /sg b_3 = Ancho parcial, m d_3 y d_4 = Altura de la lámina, m v_3 = Velocidad, m/s
Caudal parcial en la sección <i>n</i>	$Q_n = \left(\frac{d_n + d_n}{2} \right) * (v_n * b_n)$	Q_n = Caudal m ³ /sg b_n = Ancho parcial, m d_n = Altura de la lámina, m v_n = Velocidad, m/s
Caudal en la sección final	$Q_f = \left(\frac{b_f * d_f}{2} \right) * v_f$	Q_f = Caudal m ³ /sg b_f = Ancho parcial, m d_f = Altura de la lámina, m v_f = Velocidad, m/s
Caudal total	$Q_t = \sum Q_i + Q_1 + \dots + Q_f$	Q_t = Caudal total m ³ /sg

Fuente: Organización Meteorológica Mundial - Guía de Bibprácticas Hidrológicas

Imagen 1-10 Vista de la sección transversal de un río



Fuente: OMM-Organización Meteorológica Mundial - Guía de prácticas hidrológicas. Volumen 1. Hidrología – De la medición a la información Hidrológica. 2011.



Fotografía 1-5 Micromolinete digital marca global water

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

Durante las mediciones ejecutadas fue necesario esperar varios segundos hasta que se estabilizaron las velocidades registradas por el micromolinete, debido a que las corrientes presentan continuas variaciones generadas por el lecho del cauce se procuró medir la velocidad en varias verticales y en varios puntos de cada vertical. Las distancias entre verticales se midieron con cinta métrica, la profundidad con el mismo micromolinete tomando varias verticales de acuerdo con el ancho del cauce, de tal manera que las verticales de observación se localicen de modo que se puedan definir adecuadamente los cambios del lecho de la corriente y la variación horizontal de la velocidad. En general, el espacio entre dos verticales sucesivas no debe superar $1/20$ del ancho total y el caudal entre ellas no deberá ser mayor al 10 % del caudal total. Considerando un número n de verticales que pueden ser definidas para propósitos de medición del flujo en una sección, se puede aplicar el criterio que se indica en la **Tabla 1-26**.

Tabla 1-26 Número de Verticales en función del ancho del canal

ANCHO DEL CANAL (m)	NÚMERO DE VERTICALES
0 – 0,5	3 a 4
0,5-1	4 a 5
1 – 3	5 a 8
3 – 5	8 a 10
5 - 10	10 a 20
Más de 10	20 o más

Fuente: CVC, Manual de procedimientos hidrométricos, volumen XIII. Mayo de 2005

Con el propósito de obtener mediciones confiables, la sección transversal debe cumplir los siguientes requerimientos técnicos y logísticos, indicados por el IDEAM en el documento "Protocolo para el monitoreo y seguimiento del agua (IDEAM, 2007).

- La sección debe estar situada a un tramo recto de la corriente. En lo posible, la longitud del tramo tendrá un mínimo equivalente a cinco (5) veces el ancho de la sección. Debe ser una sección de márgenes y fondo preferentemente estables (sin erosión ni sedimentación significativa).
- La corriente debe mostrar líneas de flujo uniformes y paralelas a las márgenes de la corriente e igualmente que sean normales a la sección transversal de afloramientos, de tal manera que la medición de la velocidad sea precisa para la obtención del caudal. Cualquier desviación en las líneas de flujo produce alteración en la magnitud, por cuanto vectorialmente no corresponde al 100% de la velocidad, sino a una componente de la misma. Debe estar en un sitio recto, para evitarlas sobre elevaciones y cambios en la profundidad producidos por curvas.
- La pendiente longitudinal del cauce debe ser uniforme, evitándose tramos con quiebres fuertes de pendiente que desequilibran la velocidad del flujo (Manning), así mismo áreas de aguas muertas y contracorrientes o remolinos. Debe tener preferentemente un control seccional o, dicho de otro modo, no debe estar afectada por fenómenos producidos aguas abajo de la misma (remanso, mareas, etc.).
- El lecho del río debe tener geometría regular, cauce estable y no tener obstáculos (troncos de árboles, grandes rocas, vegetación, etc.).
- Se debe evitar los lechos fangosos y remolinos.
- En lo posible no debe estar sujeta a desbordes; debe ser más bien estrecha y de geometría continua para evitar cambios bruscos en la relación profundidad (H) vs caudal (-Q).
- Debe tener fácil acceso tanto durante estiajes como en crecidas.

1.5.6.3 Etapa III: Procesamiento y análisis de la información

De acuerdo a los resultados tomados en la visita de campo, se procedió a ajustar la caracterización de los sistemas lénticos y lóticos, contenida en la actualización cartográfica. Subsiguientemente para los sistemas lóticos se calcularon los parámetros morfométricos y el análisis de caudales característicos, como se indica a continuación.

- **Caracterización Morfométrica**

Las características físico-morfométricas de las cuencas dependen de la forma, el relieve, red de drenaje, clima, los tipos de suelo, cobertura vegetal, geología, las prácticas agrícolas, entre otros, en base a estas características se puede estimar el comportamiento de los cuerpos de agua y sus posibles variaciones con respecto al régimen hidrológico.

Los parámetros físico-morfométricos más relevantes se calcularon tomando como base la cartografía topográfica para la zona a escala 1:25.000, dentro de estos parámetros se pueden considerar los siguiente ver (**Tabla 1-27**).

Tabla 1-27 Ecuaciones usadas para cálculo de parámetros morfométricos de las cuencas

PARÁMETRO MORFOMÉTRICO	FORMULA	VARIABLES
Densidad	$D = \frac{\sum Li}{A}$	D= Densidad de drenaje $\sum Li$ = Suma de longitudes de cursos integrados A= Área de la cuenca en km ²
Tiempo de Concentración (Tc)	$T_c = \left(\frac{0.870 * L^3}{H} \right)^{0.2855}$	Tc: Tiempo de Concentración (horas) L: Longitud del Cause Principal (kilómetros) H: Diferencia de altura en metros (metros)
Índice de Alargamiento	$I_a = \frac{L_a}{A_p}$	Ia=Índice de Alargamiento La= Longitud Axial Ap= Ancho promedio
Coefficiente de Compacidad (Kc)	$K_c = \frac{0.28 F}{A^{1/2}}$	Kc: Coeficiente de compacidad P: Perímetro de la cuenca. A: Área de la cuenca
Factor de Forma (Kf)	$K_f = \frac{A_p}{L_a^2}$	Kf: Factor de forma Ap: Ancho promedio La: longitud axial
Pendiente Media de los Cauces (Pm)	$P_m = \frac{H_{max} - H_{min}}{L} * 100$	Pm: Pendiente media Hmax: Cota Máxima Hmin: Cota Mínima L: Longitud del Cauce

Fuente: OMM-Organización Meteorológica Mundial - Guía de prácticas hidrológicas. Volumen 1. Hidrología – De la medición a la información Hidrológica. 2011.

- Caudales característicos de las corrientes no instrumentadas

Para la selección del método más adecuado de cálculo de caudales característicos y de la oferta hídrica, se siguen los criterios indicados en la Resolución 865 de 2004, de acuerdo con las características físicas de cada corriente hídrica y la información hidrometeorológica disponible de la zona, como se describe a continuación:

- Balance hídrico: Para cuencas hidrográficas con un registro de las variables climatológicas e hidrológicas mayor de 10 años, situación está que permite estimar la oferta hídrica media anual. Esta metodología se aplica en cuencas instrumentadas y con un área de drenaje mayor (más de 250 km²).
- Caudal medio puntual en las corrientes de interés: Cuando los registros de caudal generan series cortas y no confiables (series anuales menores de dos años).
- Relación lluvia – escorrentía: Aplicable en cuencas menores, es decir cuyas áreas de drenaje sean inferiores a 250 km², cuencas no instrumentadas y en consecuencia no cuentan con registros de caudal para la estimación de la oferta superficial mensual.

A continuación, se describe cada una de estas metodologías:

- Estimación del escurrimiento superficial con el Método del Servicio de Conservación de Suelos de los estados Unidos (SCS)

El método SCS estima el escurrimiento medio (Q) mediante la cantidad de precipitación y retención máxima potencia(S), utilizando valores de curva numérica. Las Formulas para obtener Q y S se indican a continuación:

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

Donde,

Q=Escorrentía total acumulada

P=Precipitación total del evento según la escala temporal

S=Infiltración potencial (cm)

La variable S corresponde al análisis de hidrógrafas de cuencas homogéneas en función del uso del suelo, condiciones de la superficie del terreno y la humedad inicial. El valor de S para una determinada condición se puede obtener mediante el análisis de hidrogramas de cuencas homogéneas. Este valor se da en función del suelo y el número de curva de escorrentía (CN), mediante la siguiente expresión:

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

El valor de CN se determina en función de las prácticas agrícolas, la humedad antecedente y condición hidrológica promedio (AMC=II). La humedad antecedente corresponde a la suma de los valores totales diarios de los últimos cinco días previos a la estimación del caudal, como se muestra en la **Tabla 1-28** y **Tabla 1-29**.

Tabla 1-28 Condición de humedad antecedente

CONDICIÓN DE HUMEDAD ANTECEDENTE AMC I	PRECIPITACIÓN ACUMULADA DE LOS 5 DÍAS PREVIOS AL EVENTO EN CONSIDERACIÓN
I	0.0 - 33 mm
II	33.0 - 52.5 mm
III	más de 52.5 mm

Fuente: (Servicio de Conservación de suelos de los Estados Unidos SCS, 1972)

Tabla 1-29 Condición hidrológica de la cuenca

CONDICIÓN	COBERTURA
Buena	> del 75% del área
Regular	Entre 50% y 75%
Mala	< del 50%

Fuente: (Servicio de Conservación de suelos de los Estados Unidos SCS, 1972)

La condición hidrológica hace referencia al porcentaje de cobertura vegetal y al nivel de infiltración que se establece para una porción determinada de la cuenca, para la cual se define un CN y puede estimarse con base en los niveles definidos para la condición hidrológica. Los grupos de suelos se reconocieron a partir de la visita de campo y se corroboraron con la cartografía temática respectiva.

A continuación, se describen las características de los grupos de clasificación hidrológica, que se tuvieron en cuenta para el presente estudio (**Tabla 1-30**).

Tabla 1-30 Grupos de clasificación hidrológica

CLASIFICACIÓN	CARACTERÍSTICA	DESCRIPCIÓN
A	Bajo potencial de escorrentía	Son suelos que tienen alta transmisión de infiltración, aun cuando son muy húmedos.
B	Moderadamente bajo potencial de escorrentía	Suelos con transmisión de infiltración moderada. Suelos de moderadamente profundos a profundos.
C	Moderadamente alto potencial de escorrentía	Suelos con infiltración lenta, con un estrato que impide el movimiento del agua hacia abajo; de texturas moderadamente finas a finas; suelos con infiltración lenta debido a la presencia de sales o álcali o con mesas de agua moderadas
D	Alto potencial de escorrentía	Suelos con infiltración muy lenta cuando son muy húmedos. Son suelos arcillosos con alto potencial de expansión; con nivel freático alto; con "claypan" o estrato arcilloso superficial; con infiltración muy lenta debido a sales o alkali y poco profundos sobre material impermeable.

Fuente: (Servicio de Conservación de suelos de los Estados Unidos SCS, 1972)

La **Tabla 1-31** permite reconocer los valores del Número de Curva (CN) de acuerdo al tipo de suelo, uso de la tierra, condición hidrológica y práctica agrícola utilizada en los cultivos.

Tabla 1-31 Número de curva por escorrentía en una cuenca (CN)

USO DE LA TIERRA	COBERTURA TRATAMIENTO O PRÁCTICA	CONDICIÓN HIDROLÓGICA	GRUPO DE SUELOS			
			A	B	C	D
			NUMERO DE CURVA			
Rastrojo	Hileras Rectas	-----	77	86	91	94
Cultivos en Hileras	Hileras Rectas	Mala	71	81	88	91
	Hileras Rectas	Buena	67	78	85	89
	Curvas de Nivel	Mala	70	79	84	88
	Curvas de Nivel	Buena	65	75	82	86
	Curvas de Nivel y Terrazas	Mala	66	74	80	82
	Curvas de Nivel y Terrazas	Buena	62	71	78	81
Estrechas	Hileras Rectas	Mala	65	76	84	86
	Hileras Rectas	Buena	63	75	83	87
	Curvas de Nivel	Mala	63	74	82	85
	Curvas de Nivel	Buena	61	73	81	84
	Curvas de Nivel y Terrazas	Mala	61	72	79	82
2. Leguminosas en Hileras Estrechas O Forraje en Rotación1/	Curvas de Nivel y Terrazas	Buena	59	70	78	81
	Hileras Rectas	Mala	66	77	85	89
	Hileras Rectas	Buena	58	72	81	85
	Curvas de Nivel	Mala	64	75	83	85
	Curvas de Nivel	Buena	55	69	78	83
	Curvas de Nivel y Terrazas	Mala	63	73	80	83
	Curvas de Nivel y Terrazas	Buena	51	67	76	80

USO DE LA TIERRA	COBERTURA TRATAMIENTO O PRÁCTICA	CONDICIÓN HIDROLÓGICA	GRUPO DE SUELOS			
			A	B	C	D
			NUMERO DE CURVA			
5. Pastos de Pastoreo		Mala	68	79	86	89
		Regular	49	69	79	84
		Buena	39	61	74	80
	Curvas de Nivel	Mala	47	87	81	88
	Curvas de Nivel	Regular	25	59	75	83
	Curvas de Nivel	Buena	6	35	70	79
6. Pastos de Corte		Buena	30	58	71	78
7. Bosque		Mala	45	66	77	83
		Regular	36	60	73	79
		Buena	25	55	70	77
8. Patios			59	74	82	86
9. Caminos de Tierra			72	82	87	89
10. Pavimentos		-----	74	84	90	92

Fuente: (Servicio de Conservación de suelos de los Estados Unidos SCS, 1972)

Los caudales medios estimados mediante el uso del modelo SOIL, se obtienen en forma de lámina (mm) y deben ser transformados en litros/s o m³/s dependiendo del área de la cuenca y el tiempo (día de escorrentía).

Precipitación

De acuerdo a la metodología SOIL la precipitación es una de las variables determinantes para la generación de caudal, para ello se empleó varias estaciones localizadas dentro del área de estudio, las cuales se encuentran en la **Tabla 1-32 e Imagen 1-11**. Dicha información corresponde a datos adquiridos por el IDEAM, de manera mensual en un periodo comprendido de veinticuatro (24) años entre el 1995 al 2014.

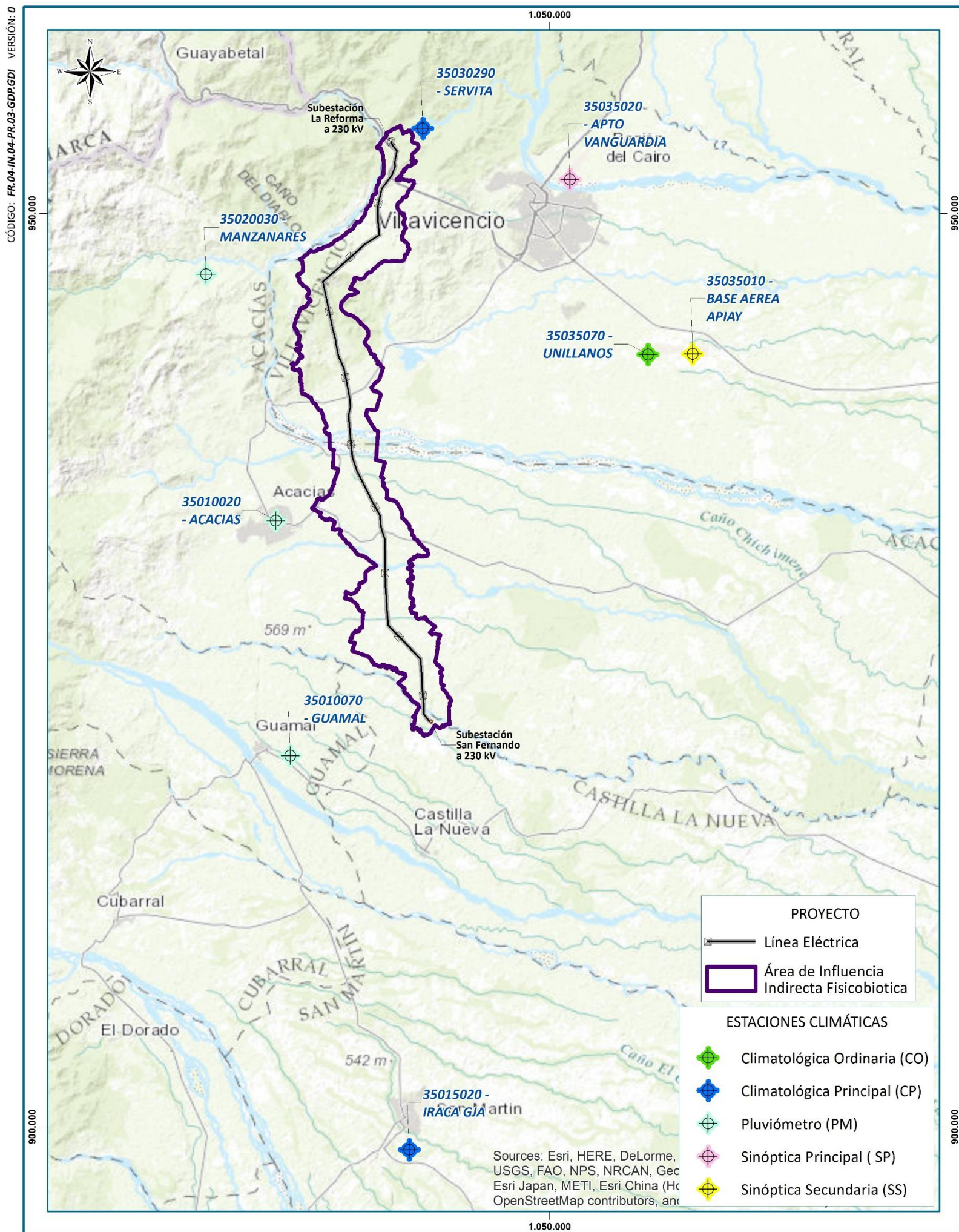
Con las estaciones seleccionadas se efectuó una revisión para analizar la consistencia y homogeneidad de la información de las series de precipitación y caudal, dado a que se requiere series continuas, para ello se utilizó el programa R y graficas de dobles masas para determinar y ajustar las series de datos dudosas, que se puedan alejar significativamente de la tendencia de la información suministrada y completar los datos faltantes, teniendo como referencia estaciones índices más cercanas que contarán con el valor faltantes.

Tabla 1-32 Estaciones meteorológicas IDEAM cercanas al área de estudio

CÓDIGO	NOMBRE	CORRIENTE	MUNICIPIO	ELEVACIÓN	CATEGORÍA	COORDENADAS (MAGNA SIRGAS-ORIGEN ESTE)	
						ESTE	NORTE
35030290	SERVITA	GUATIQUIA	VILLAVICENCIO	1084	PG	1043057,00	954645,00
35010070	GUAMAL	GUAMAL	GUAMAL	525	PM	1035798,90	920309,10
35035070	UNILLANOS	GUATIQUIA	VILLAVICENCIO	340	CP	1055402,40	942257,50
35035020	APTO VANGUARDIA	GUATIQUIA	VILLAVICENCIO	445	SP	1051121,60	951845,10
35010020	ACACIAS	ACACIAS	ACACIAS	525	PM	1034640,00	933486,00

PG: Pluviográfica, PM: Pluviométrica, CP: Climatológica Principal, SP: Sinóptica Principal Fuente: Atlas IDEAM Tomado de <http://www.ideam.gov.co/atlas/mclima.htm>, 2016

Imagen 1-11 Localización de las estaciones meteorológicas IDEAM cercanas al área del proyecto



EstacionClimatica.mxd

IDEAM Tomado de <http://www.ideam.gov.co/atlas/mclima.htm>, Adaptado por CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

- Estimación del escurrimiento superficial con el Método del balance hídrico

La oferta hídrica superficial de las cuencas se determina mediante la aplicación de la metodología de recomendada por la UNESCO, basada en un balance hídrico por medio de las ecuaciones de Thornthwaite y Budyko, teniendo en cuenta el Coeficiente de escorrentía de Lemus M. & Navarro G.

Es así como a partir de lecturas de precipitación dentro de la cuenca registradas en estaciones climatológicas del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM, 2014), se calcula el Balance Hídrico mensual multianual, posteriormente se procede a la obtención de la escorrentía total ($Esc = P - ETR$)²⁸, y como resultado del flujo superficial (Caudal) perteneciente a cada cuenca.

El análisis de caudales partió de la siguiente expresión:

$$Esc = P - ETR$$

Dónde:

- ETR = Evaporación real (mm)
- P = Precipitación (mm)
- Esc = Escorrentía media (mm)

Luego de presentada la metodología para la determinación de caudales a partir de la precipitación la cual se estableció sin tener en cuenta la infiltración por tipo de suelo, textura y pendiente de la cuenca, por ello se tuvo en cuenta para esta metodología el porcentaje de agua que se infiltra por medio del Coeficiente de Escorrentía (C), el cual es utilizado para la estimación de caudales a partir de la precipitación mediante el método racional y que tienen en cuenta dicho coeficiente para el cálculo de caudales.

- Caudales característicos de las corrientes instrumentadas

Selección de las estaciones meteorológicas

Los datos fueron obtenidos de las estaciones limnigráficas operadas por el Instituto de Hidrología y Estudios Ambientales (IDEAM, 2014) en las corrientes para las cuales se presentan registros de caudales máximos, medios y mínimos. En la **Tabla 1-33** se relaciona en la información asociada a todas las estaciones seleccionadas.

Tabla 1-33 Estación hidrológica que cuentan con instrumentación

ESTACIÓN	CÓDIGO	CORRIENTE	TIPO	ELEVACIÓN (m.s.n.m.)	MUNICIPIO	PERIODO DE ANÁLISIS
PTE CARRETERA	35027140	GUAYURIBA	LG	575	VILLAVICENCIO	1969 - 1994

²⁸ Método recomendado por la Unesco.

ESTACIÓN	CÓDIGO	CORRIENTE	TIPO	ELEVACIÓN (m.s.n.m.)	MUNICIPIO	PERIODO DE ANÁLISIS
PTE EL AMOR	35037130	OCOA	LM	432	VILLAVICENCIO	1978 - 2010
RANCHO ALEGRE	35017070	OROTOY	LM	337	ACACIAS	1980 - 2014

Fuente: Datos Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM, 2016)

- Procesamiento de la información

Análisis de consistencia

Al igual que en clima se utilizó el método del Water Resources Council para la realización de ajustes de series dudosas, que se alejan significativamente de la tendencia de la información hidrológica. La ecuación 1 empleada para hallar datos dudosos altos se muestra a continuación:

$$Y_H = Y + K_n S_y$$

Ecuación 1

Donde Y_H es el umbral de datos dudosos alto en unidades logarítmicas Y y S_y son variables estadísticas para un tamaño de la muestra.

Del resultado se concluye que las dos estaciones presentan datos consistentes, no se presentan outlier o puntos atípicos que puedan afectar significativamente la magnitud de los parámetros estadísticos con un nivel de significancia del 10%.

Análisis probabilístico y de frecuencias

El diseño y la planeación de obras hidráulicas, están siempre relacionados con eventos hidrológicos futuros, cuyo tiempo de ocurrencia no puede predecirse; es por eso que se debe recurrir al estudio de la probabilidad o frecuencia” *Linsley et al., 1988*²⁹.

la definición de la probabilidad implica consignar dos conceptos; uno de ellos es el periodo de retorno, el cual está definido, como el tiempo que transcurre entre dos sucesos iguales; sea ese tiempo, T . El segundo concepto es la probabilidad de excedencia, que es la probabilidad asociada al periodo de retorno, donde la variable aleatoria toma un valor igual o superior a cierto número”. *Pizarro y Novoa (1986)*³⁰.

El análisis de frecuencias de la información hidrológica de los eventos extremos de las corrientes principales se realizó resumiendo su característica más importante mediante una distribución de probabilidad y se seleccionó la que presentaba el mejor ajuste de acuerdo con la prueba del CHI^2 utilizando el programa estadístico HYFRAN.

²⁹ Aguilera, A. (2007). Estimación de Funciones de distribuciones de probabilidad. Talca- Chile: Universidad de Talca

³⁰ Op. cit

HYFRAN (*Hydrobiological Frequency Analysis*) es un software que se utiliza para ajustar distribuciones estadísticas, el cual calcula los parámetros de cierta frecuencia continua, su error estándar de estimación y los límites de confianza y que realiza un análisis básico de cualquier serie temporal de datos independientes idénticamente distribuido (IID).

En la **Tabla 1-34** se presentan Las funciones de probabilidad definidas para las series hidrológicas de las estaciones (Exponencial, Gumbel, Normal, Log Normal, Pearson Tipo III y Log Pearson Tipo III); y se selecciona la que mejor se ajuste según la prueba del CHI². Cada una de estas funciones se le asigna un periodo de retorno tanto para caudales máximos como mínimos, en las series sintéticas como las corrientes que cuentan con instrumentación.

Tabla 1-34 Funciones de probabilidad

AJUSTE DE PROBABILIDAD	ECUACIÓN
Exponencial, método de momentos	$F(X) = \frac{1}{\alpha} - \exp\left[-\frac{x-m}{\alpha}\right]$
Gumbel, método de momentos	$F(X) = \frac{1}{\alpha} \exp\left[-\frac{x-\sigma}{\alpha} - \exp\left[-\frac{x-\sigma}{\alpha}\right]\right]$
Normal, método de momentos	$F(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left\{-\frac{x-\mu}{2\sigma^2}\right\}$
Log Normal	$f(x) = \frac{1}{x\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left\{-\frac{[\ln x - \mu]^2}{2\sigma^2}\right\}$
Pearson Tipo 3, método de máxima verosimilitud	$f(x) = \frac{\alpha^\gamma}{\Gamma\gamma} (x-m)^{\gamma-1} e^{-\alpha(x-m)}$
Log Pearson Tipo III, método de SAM	$F(x) = \frac{\alpha^\gamma}{x\Gamma(\gamma)} (\ln x - m)^{\gamma-1} e^{-\alpha(\ln x - m)}$

Fuente: (Ven Te Chow, 1994), (Hyfran versión 1.1, 2010)³¹

Curva de duración de caudales

La curva de duración de caudales indica el periodo en términos de porcentaje del tiempo en que un determinado caudal es excedido o igualado en magnitud. El método empleado es el de Weibull que consiste en ordenar los datos de mayor a menor y determinar la probabilidad según el número de datos. Este análisis se realiza a las series de las estaciones y a las generadas.

• **Etapas IV: Elaboración del informe final**

Como resultado final de este proceso se obtuvo el documento de línea base donde se realiza la caracterización del área de estudio, específicamente respecto del componente hidrológico, usos y usuarios de los recursos hídricos superficiales.

Así mismo, como parte integral del producto final de este componente, se presenta el mapa hidrológico, en donde se señalan las unidades de este componente.

³¹ Hyfran versión 1.1. (2010). Hydrobiological Frequency Analysis. Quebec.

1.5.7 Usos del agua

El inventario de los usos y usuarios actuales y potenciales de las fuentes intervenidas por el proyecto permiten determinar posibles conflictos actuales o potenciales sobre la disponibilidad y usos del agua y sirve como herramienta para identificar los puntos de abastecimiento de agua para el proyecto.

1.5.7.1 Etapa I: Recopilación, descripción y análisis de información secundaria

Con el fin de obtener información sobre los usuarios del área de influencia del proyecto, se solicitó información a CORMACARENA, relacionada con el tipo de uso, caudal autorizado y ubicación (coordenadas) de los usuarios del recurso hídrico (aguas superficiales y subterráneas), que se encuentran en el área de su jurisdicción y que corresponden a las veredas de los municipios de Villavicencio, Acacias y Castilla La Nueva por donde atraviesa la línea de transmisión, así como concesiones de aguas superficiales o permisos de vertimientos de en los drenajes que hacen parte del área de influencia del proyecto y que se ubican en las cuencas del río Guayuriba y del río Acacias. Adicionalmente, se llevó a cabo la revisión de información de los POMCAS de los Ríos Guayuriba y Río Acacias-Pajure, así como el Plan de Ordenamiento Territorial del municipio de Villavicencio y del Plan Básico de Ordenamiento Territorial del municipio de Acacias, de donde se obtuvo información relacionada con las principales actividades económicas llevadas a cabo en las cuencas y municipios del área de estudio y de esta forma determinar los usos del agua asociados.

Con la información existente y de acuerdo a las características de la zona, se realizó el plan de trabajo para la adquisición de información primaria de campo, relacionada con el inventario de usos y usuarios dentro de la franja de 500 m aguas arriba y aguas debajo de los puntos de captación definidos para el proyecto.

1.5.7.2 Etapa II: Fase de campo

Las actividades de adquisición de información primaria incluyeron el reconocimiento de la zona de evaluación por medio del inventario de usos y usuarios mediante la aplicación de la encuesta relacionada en la


Imagen 1-12, Dentro de la cual se recopiló información relacionada con la localización de los usuarios existentes dentro de la franja 500 m aguas abajo y aguas arriba de los puntos de captación de agua definidos para el proyecto, coordenadas del punto donde se realiza la captación, el tipo de fuente sobre la cual se realiza la captación y el tipo de uso y/o aprovechamiento del recurso hídrico. Adicionalmente, se recopiló información relacionada con las actividades de subsistencia en torno a la corriente de interés (pesca, recolección de leña y aprovechamiento de márgenes hídricas).

La recopilación de la información relacionada en el párrafo anterior se llevó a cabo en visitas realizadas predio a predio, donde se permitió el ingreso. El inventario de usos y usuarios fue realizado en el mes de marzo de 2017, donde se caracterizaron 13 usuarios aguas abajo y aguas arriba, de los puntos de captación identificados para el proyecto.

Se obtuvo una encuesta para cada uno de los usuarios identificados, con registro fotográfico, información incluida dentro del presente estudio en el **Anexo D.5 – Componente usos y usuarios**. La información levantada en campo requerida dentro de la encuesta, fue suministrada por los propietarios y administradores de los predios visitados.

La georeferenciación de los puntos se hizo con un geoposicionador satelital (GPS 60CSx marca Garmin) cuyo equipo presenta un margen de error en la horizontal de ± 5 metros.

Imagen 1-12 Formato encuesta Usos y Usuarios

PROYECTO		INFORMACIÓN DE USOS Y USUARIOS				 PR-03-GDP-GMA Versión: 1 Fecha de elaboración: 02/02/2017	
Departamento:		Municipio:					
Vereda/Corregimiento:		Predio:					
Actividad principal del Predio:		Extensión del predio:					
Nombre microcuenca donde se localiza el punto de identificación:		Nombre microcuenca, donde se localiza el punto de identificación:					
Área hidrográfica:		Zona hidrográfica:					
Sub-zona hidrográfica:		Cota:					
CAPTACIÓN							
Coordenadas del punto donde se realiza la captación:		Coordenadas del predio encuestado donde se realiza la captación:					
Tipo de fuente, corriente o cuerpo de agua sobre el que se hace la identificación							
Río		Quebrada		Arroyo		Caño	
Canal		Lago		Laguna		Ciénaga	
Pantano		Embalse		Estero		Jaguey	
Estuario		Manantial		Arco del fondo del pit-mineria		Planta de tratamiento	
Otro		Cual:					
Tipo de uso y/o aprovechamiento principal del recurso hídrico (Aprovechamiento 1) - Demanda del agua en L/s							
Consumo humano		Doméstico individual		Agropecuarias comunitarias		Agropecuarias individuales	
Generación de energía		Usos industriales		Usos mineros		Recreativo comunitario	
Recreativo individual		Otros		Cual:			
Tipo de uso y/o aprovechamiento principal del recurso hídrico (Aprovechamiento 2) - Demanda del agua en L/s							
Consumo humano		Doméstico individual		Agropecuarias comunitarias		Agropecuarias individuales	
Generación de energía		Usos industriales		Usos mineros		Recreativo comunitario	
Recreativo individual		Otros		Cual:			
Tipo de uso y/o aprovechamiento principal del recurso hídrico (Aprovechamiento 3) - Demanda del agua en L/s							
Consumo humano		Doméstico individual		Agropecuarias comunitarias		Agropecuarias individuales	
Generación de energía		Usos industriales		Usos mineros		Recreativo comunitario	
Recreativo individual		Otros		Cual:			
Tipo de uso y/o aprovechamiento principal del recurso hídrico (Aprovechamiento 4) - Demanda del agua en L/s							
Consumo humano		Doméstico individual		Agropecuarias comunitarias		Agropecuarias individuales	
Generación de energía		Usos industriales		Usos mineros		Recreativo comunitario	
Recreativo individual		Otros		Cual:			
Total de la demanda							
Demanda total de agua o causal solicitada en L/s (sumatoria de Aprovechamiento 1 al aprovechamiento 4)							
ACTIVIDADES DE SUBSISTENCIA EN TORNO A LA CORRIENTE DE INTERÉS							
Pesca:							
Frecuencia:				Épocas del año:			
Especies:				Cantidades:			
Recolección de Leña							
Frecuencia:				Épocas del año:			
Especies:				Cantidades:			
Aprovechamiento Márgenes hídricas							
Épocas:				Cubrimiento (has):			
Tipo de cultivo:				Producción:			
Descripción de los usuarios o comunidades que aprovechan o usan el recurso hídrico.							

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017.

1.5.7.3 Etapa III: Fase de oficina

En las actividades post-campo se realizó la evaluación e interpretación de la información adquirida en campo, la integración de la información primaria y secundaria, el informe técnico teniendo en cuenta los Términos de Referencia y la Metodología General para la Presentación de Estudios Ambientales (2010) del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial ahora Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

Adicionalmente se generó un mapa de usos y usuarios a escala 1:25000 donde se ubicaron los puntos identificados en campo.

1.5.8 Calidad de agua superficial

Para un mejor entendimiento de la etapa metodológica se realiza una descripción de los procesos en dos (2) partes: en la primera se indica la ubicación de las estaciones de monitoreo y las condiciones climáticas presentadas durante el trabajo de campo, mientras que en la segunda se describe el proceso metodológico desarrollado para la ejecución de la campaña de monitoreo.

Tanto los procedimientos de muestreo como de laboratorio se realizaron teniendo en cuenta la metodología propuesta en los textos de la APHA-AWWA-WPCF; APHA (American Public Health Association), AWWA (American Water Works Association) y WPCF (Water Pollution Control Federation), en el Standard Methods Edición 22 (2012), en la Guía para el Monitoreo de Vertimientos, Aguas Superficiales y Subterráneas (2002) del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM y en la Metodología General para la Presentación de Estudios Ambientales (2010) del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

1.5.8.1 Localización y descripción de las estaciones de monitoreo

El trabajo de campo se efectuó los días 23, 24, 25 y 28 de abril de 2016 y el día 12 de mayo de 2016, tomando las muestras de calidad de agua en las estaciones que se describen en la **Tabla 1-35**. La campaña de monitoreo en la que se realizó la toma de muestras corresponde a una temporada climática lluviosa en la que el nivel de los sistemas hídricos fue alto.

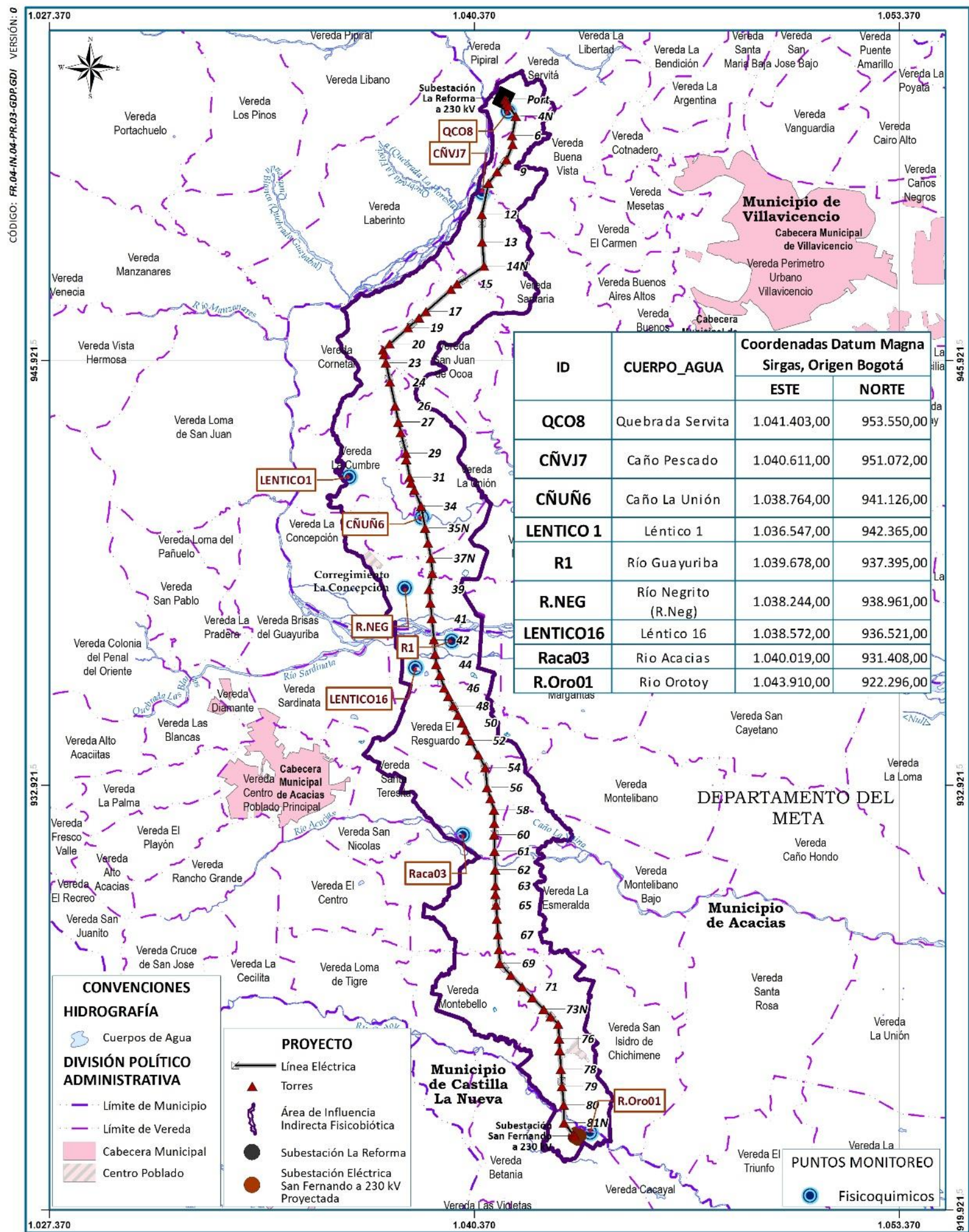
Tabla 1-35 Estaciones de monitoreo de aguas superficiales.

PUNTO DE MUESTREO	COORDENADAS PLANAS (DATUM MAGNA SIRGAS ORIGEN BOGOTÁ)		FECHA DE MONITOREO	HORA DE MONITOREO	LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA (MUNICIPIO / DEPARTAMENTO)
	ESTE	NORTE			
Quebrada Servita	1041403,00	953550,00	23/04/2016	12:15	Villavicencio/Meta
Caño Pescado	1040611 ,00	951072,00	23/04/2016	15:35	
Caño La Unión	1038764 ,00	941126 ,00	25/04/2016	9:30	
Léntico 1	1036547 ,00	942365,00	25/04/2016	11:20	
Río Guayuriba	1039678 ,00	937395,00	28/04/2016	12:54	
Río Negrito (R.Neg)	1038244 ,00	938961,00	28/04/2016	14:41	
Léntico 16	1038572 ,00	936521,00	28/04/2016	14:41	Acacias/Meta
Rio Acacias	1040019 ,00	931408,00	12/05/2016	10:49	
Rio Orotoy	1043910 ,00	922296,00	12/05/2016	14:25	

Fuente: AMBIUS S.A.S., 2016.

En la **Imagen 1-13** y la **Tabla 1-36**, se presentan las descripciones de cada una de las nueve (9) estaciones de monitoreo acompañadas de los respectivos registros fotográficos.







Imagen 1-13 Localización de las estaciones de monitoreo de fisicoquímicos










Fisicoquimicos.mxd

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017.

Tabla 1-36 Descripción puntos de monitoreo de aguas superficiales y ecosistemas acuáticos.

PUNTO DE MUESTREO	DESCRIPCIÓN Y REGISTRO FOTOGRÁFICO	
Quebrada Servita		
<p>Este punto se ubica por debajo de un viaducto de la carretera que une las poblaciones de Villavicencio y Pipiral. La quebrada forma un cañón bastante apreciable en este punto, su anchura aproximadamente es de 20 metros y 15 grados de inclinación que hace que el caudal tenga bastante fuerza de arrastre, sus aguas son claras con algún transporte de sedimento observable. El sustrato se compone de arenas gruesas, guijarros, cantos rodados y gran cantidad de piedras de mediano y gran tamaño; sus riberas son bastante inclinadas más o menos 30 grados en ambas márgenes, sobre ellas se pudo observar bastante cantidad de herbáceas y arbustos, también se observaron arboles de mediano y gran tamaño.</p>		
Caño Pescado		
<p>Cuerpo de agua de aproximadamente 30 metros de ancho. Su cauce se separa en varios ramales en ciertos puntos. Sustrato principalmente rocoso y arenoso, sobresaliendo los cantos rodados y guijarros por su abundancia. El agua es de color café oscuro por la cantidad de sedimentos que arrastra a su paso. Sus laderas tienen inclinaciones entre los 30 y 40 grados aproximadamente, la vegetación en ellas se compone de árboles de mediano y pequeño tamaño, arbustos, herbáceas. Se observaron algunos parches de gramíneas.</p>		
Caño La Unión		

PUNTO DE MUESTREO	DESCRIPCIÓN Y REGISTRO FOTOGRÁFICO
Caño La Unión	<p>Este punto de monitoreo es de aguas claras con una inclinación leve y de sustrato rocoso; los cantos rodados y los guijarros componen la mayor parte del lecho, junto con la arena gruesa color amarillo. Cerca de la sección monitoreada se observa un puente vehicular que une las dos partes de una carretera terciaria. En las riberas se pudo observar vegetación compuesta en su mayoría por arboles medianos, arbustos y herbáceas, aunque una de sus márgenes colindaba con un potrero cubierto de gramíneas que posiblemente es utilizado para forrajeo de bovinos.</p>
Léntico 1	<div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div> <p>Cuerpo de agua lentic de pequeño tamaño. En sus alrededores se observan asentamientos humanos que posiblemente realicen vertimiento y consuman el líquido de este sistema. El agua es clara con leve aroma a materia orgánica en descomposición, dentro de ella se observaron numerosas larvas de insectos y algunos alevinos de peces. Sus riberas son de inclinación suave en algunos sectores y de unos 30 grados en los otros; en ellas se pudo observar la presencia de arbustos y árboles, y en las partes despejadas gramíneas. En las orillas se acumulan diferentes clases de macrófitas características de estos cuerpos. El sustrato en las márgenes es de tipo lodoso arcilloso, con algunos limos y arenas.</p>
Río Guayuriba	<div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div> <p>Río importante de aproximadamente 60 metros de ancho de configuración trenzada y de aguas turbias por el gran transporte de sedimentos que lleva su cauce. Su lecho se compone de arenas, cantos rodados y guijarros. Cerca al punto de muestreo se practica la minería de material de construcción, el cual se saca del lecho del río. La vegetación en las riberas en esta estación es muy parecida a las encontradas en los demás puntos de muestreo, esta se compone principalmente de árboles, arbustos, herbáceas y gramíneas.</p>

PUNTO DE MUESTREO	DESCRIPCIÓN Y REGISTRO FOTOGRÁFICO	
Río Negrito	 <p data-bbox="410 638 1395 835">Cuerpo de aguas turbias con leve olor a aguas residuales, atraviesa la vía principal de la empresa minera que hace explotación sobre el río Guayuriba. El sustrato en este punto es lodoso con presencia de guijarros y cantos rodados. Las riberas están cubiertas principalmente por gramíneas y arbustos, más lejos se observó la presencia de árboles de mediano tamaño. Cerca de la sección muestreada desemboca un caño que lleva un fuerte olor a aguas residuales proveniente de las instalaciones principales de la minera en este punto.</p>	
Léntico 16	 <p data-bbox="410 1157 1395 1354">Pequeño lago de aguas cristalinas dentro de los terrenos de una finca, se observa un encierro para el cultivo de peces en uno de sus costados. En el lado sur se vierten las escorrentías de los establos de la hacienda. La presencia de macrofitas de distintas especies es apreciable tanto emergentes como sumergidas. En las riberas se observó un bosque de protección conformado principalmente por arbustos, herbáceas y árboles de mediano tamaño, entre los cuales se destacan frutales como el mango y la guama. El sustrato es de características lodosas en algunos sectores y areno-rocosa en otros.</p>	
Río Acacias	 <p data-bbox="410 1675 1395 1837">El muestreo se realizó sobre el brazo oriental del río Acacias, ya que antes de este punto el río principal se bifurca. La sección mostró un ancho de aproximadamente 20 metros con color del agua marrón y olor característico de material orgánico en descomposición. El sustrato se compone principalmente de cantos rodados y arenas gruesas, pero en algunos puntos se observaron lodos, posiblemente compuestos por arcillas y limos. En las riberas se detectaron en su mayoría gramíneas, arbustos y herbáceas, con alguna presencia de árboles.</p>	

PUNTO DE MUESTREO	DESCRIPCIÓN Y REGISTRO FOTOGRÁFICO	
Río Orotoy	 <p data-bbox="410 632 1385 791">Río de aguas claras con sustrato compuesto principalmente de cantos rodados y arenas gruesas. Su inclinación es de menos de 10 grados aproximadamente, lo que provoca una corriente suave en este sector. Cerca de la estación desemboca un pequeño riachuelo de aguas claras. La sección muestreada es de aproximadamente 25 metros, su profundidad no supera los 0,5 metros. En las riberas se observó vegetación principalmente compuesta por árboles de mediano tamaño, arbustos, herbáceas y gramíneas.</p>	

Fuente: AMBIUS S.A.S., 2016.

1.5.8.2 Proceso Metodológico

- Fase de preparación

En la etapa de preparación se ajustan los procedimientos esenciales para llevar a cabo de una manera satisfactoria los demás procesos articulados al estudio. En ésta se lleva a cabo toda la planeación y programación para que la fase de campo se desarrolle sin ningún inconveniente.

En la **Imagen 1-14** se muestran los pasos que se siguieron durante esta etapa, que tiene como fin, determinar los puntos de monitoreo y las pruebas a realizar en cada uno de ellos.

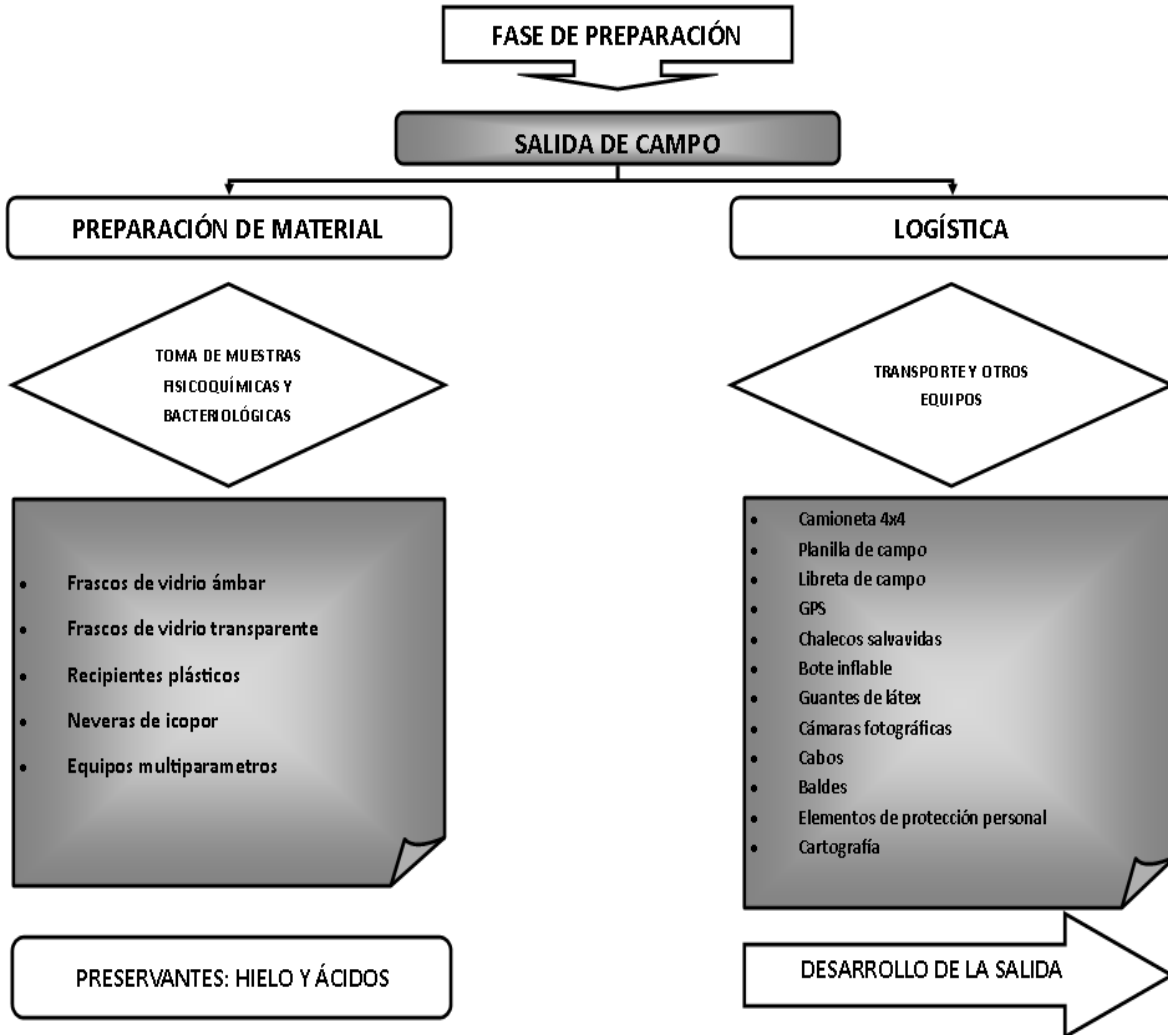
- Fase de campo

En la fase de campo se llevó a cabo la identificación de las fuentes contaminantes del agua y la toma de muestras para la caracterización fisicoquímica de los cuerpos de agua más representativos del área de estudio.

Inventario de fuentes contaminantes

Durante la fase de campo, adicional a los muestreos de agua superficial realizados, se realizó el inventario de fuentes contaminantes, para lo cual durante el recorrido de usos y usuarios se realizó en los predios visitados la identificación del manejo de los residuos líquidos domésticos con el fin de determinar posibles fuentes de contaminación del recurso hídrico. Adicionalmente, el inventario fue complementado con información entregada por CORMACARENA sobre los permisos de vertimientos que se encuentran dentro de la jurisdicción de la Corporación en los municipios y veredas del área de influencia del proyecto.

Imagen 1-14 Actividades de la etapa de preparación.



Fuente: AMBIUS S.A.S., 2016.

Toma de muestras y de parámetros *in situ*

Para todos los puntos monitoreados se llevó a cabo la toma de muestras para la caracterización fisicoquímica y bacteriológica, teniendo presente la identificación de los diferentes microhábitats correspondientes a cada uno de los ecosistemas acuáticos.

El trabajo de campo desarrollado para la toma de mediciones *in situ* y colecta de muestras de agua para los posteriores análisis de laboratorio, se llevó a cabo por personal de la empresa AMBIUS S.A.S., con base en las disposiciones de la EPA, en los textos de la APHA-AWWA-WPCF; APHA (American Public Health Association), AWWA (American Water Works Association), WPCF (Water Pollution Control Federation), en el Standard Methods Edición 22 (2012) y en la Metodología General para la Presentación de Estudios Ambientales del Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial (2010), hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

- **Parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos**

Para la toma de las muestras de agua se utilizó un balde, previamente purgado. Con estos dispositivos se tomaron muestras simples con las cuales posteriormente se llenaron los diferentes recipientes de vidrio ámbar o plástico opaco (**Fotografía 1-6**). Las mediciones de los parámetros fisicoquímicos como temperatura y oxígeno disuelto se realizaron con la ayuda de un equipo multiparámetro marca HACH referencia HQ40d, previamente calibrado y posteriormente verificado en campo (**Fotografía 1-7**) Es de mencionar que en el caso de la toma de muestra de grasas y aceites y coliformes, la misma se realizó directamente de la fuente en cada punto de muestreo, esto de acuerdo a los protocolos de muestreo en los que se define este criterio (**Fotografía 1-8**).



Fotografía 1-6 Toma de muestras fisicoquímicas.

Fuente: Información de campo. AMBIUS S.A.S., 2016.



Fotografía 1-7 Calibración de multiparametro y medición de parámetros in situ.

Fuente: Información de campo. AMBIUS S.A.S., 2016.





Fotografía 1-8 Toma de muestras bacteriológicas y de grasas y aceites.

Fuente: Información de campo. AMBIUS S.A.S., 2016.

Las muestras fueron preservadas teniendo en cuenta el análisis a realizar (acidificación y/o refrigeración), así mismo, se rotularon y almacenaron en neveras plásticas, registrando correctamente en formatos de campo la información correspondiente como fecha y hora de muestreo, responsable de la toma, origen, tipo de fijación y otras observaciones pertinentes (**Anexo D.6. Componente calidad del agua**).

A continuación, en la **Tabla 1-37** se resume la información correspondiente al trabajo de campo realizado, indicando el tipo de muestreo, envase y preservación utilizados para cada uno de los parámetros a caracterizar.

Tabla 1-37 Variables evaluadas, tipo de muestreo y método de preservación de las muestras de aguas superficiales.

PARÁMETRO	TIPO DE MUESTREO	ENVASE	PRESERVACIÓN
Temperatura	Manual – puntual	-	-
Oxígeno Disuelto	Manual – puntual	-	-
pH	Manual – puntual	-	-
Conductividad	Manual – puntual	-	-
Turbidez	Manual – puntual	Plástico	Refrigerada
Color real	Manual – puntual	Plástico	Refrigerada
Cromo Total	Manual – puntual	Plástico	Refrigerada y acidificada
Sabor	Manual – puntual	Plástico	Refrigerada
Acidez Total	Manual – puntual	Plástico	Refrigerada
Alcalinidad Total	Manual – puntual	Plástico	Refrigerada
Arsénico Total	Manual – puntual	Plástico	Refrigerada
Bicarbonatos	Manual – puntual	Plástico	Refrigerada
Bario Total	Manual – puntual	Plástico	Refrigerada
Cloruros	Manual – puntual	Plástico	Refrigerada
Sulfatos	Manual – puntual	Plástico	Refrigerada
Fosfatos	Manual – puntual	Plástico	Refrigerada
Fósforo Orgánico	Manual – puntual	Vidrio Ámbar	Refrigerada
Fósforo Total	Manual – puntual	Vidrio Ámbar	Refrigerada
Nitratos	Manual – puntual	Plástico	Refrigerada

PARÁMETRO	TIPO DE MUESTREO	ENVASE	PRESERVACIÓN
Nitritos	Manual – puntual	Plástico	Refrigerada
Nitrógeno Amoniacal	Manual – puntual	Plástico	Refrigerada
Nitrógeno Total	Manual – puntual	Plástico	Refrigerada
DBO ₅	Manual – puntual	Plástico Ámbar	Refrigerada
DQO	Manual – puntual	Vidrio Ámbar	Refrigerada y acidificada
Carbono Orgánico Total	Manual – puntual	Vidrio Ámbar	Refrigerada y acidificada
Sólidos Disueltos	Manual – puntual	Plástico	Refrigerada
Sólidos Sedimentables	Manual – puntual	Plástico	Refrigerada
Sólidos Suspendedos Totales	Manual – puntual	Plástico	Refrigerada
Sólidos Totales	Manual – puntual	Plástico	Refrigerada
Olor	Manual – puntual	Plástico	Refrigerada
Cadmio	Manual – puntual	Plástico	Refrigerada y acidificada
Calcio	Manual – puntual	Plástico	Refrigerada
Hierro Total	Manual – puntual	Plástico	Refrigerada y acidificada
Magnesio total	Manual – puntual	Plástico	Refrigerada y acidificada
Mercurio total	Manual – puntual	Plástico	Refrigerada
Plomo total	Manual – puntual	Plástico	Refrigerada y acidificada
Potasio total	Manual – puntual	Plástico	Refrigerada y acidificada
Sodio total	Manual – puntual	Plástico	Refrigerada y preservada
Grasas y Aceites	Manual – puntual	Vidrio	Refrigerada y acidificada
Zinc Total	Manual – puntual	Plástico	Refrigerada y acidificada
Plaguicidas Organofosforados	Manual – puntual	Vidrio	Refrigerada
Plaguicidas Organoclorados	Manual – puntual	Vidrio	Refrigerada
Tensoactivos (SAAM)	Manual – puntual	Vidrio	Refrigerada
Coliformes Totales	Manual – puntual	Bolsa Nasco	Refrigerada
Coliformes Fecales	Manual – puntual	Bolsa NASCO	Refrigerada

Fuente: Información de campo. AMBIUS S.A.S., 2016.

1.5.9 Hidrogeología

El principal objetivo de la caracterización hidrogeológica, es estimar la capacidad de las rocas y sedimentos para almacenar y transmitir el agua subterránea, y en sí, describir el funcionamiento del sistema hidrogeológico para valorar la posible alteración del recurso hídrico subterráneo, frente a las actividades de construcción del proyecto.

A continuación, se hará una descripción detallada de cada una de las etapas realizadas para cumplir el objetivo antes planteado.

1.5.9.1 Etapa I: Recopilación, descripción y análisis de información secundaria

Con el fin de obtener una caracterización hidrogeológica preliminar de las unidades geológicas, se realizaron las actividades de compilación, análisis y validación de información hidrogeológica existente, para lo cual se consultaron estudios locales de entidades estatales, relacionadas con los aspectos geológicos, geomorfológicos,

hidrogeológicos, e hidráulicos de la zona de interés, para ello se tuvo en cuenta los documentos que se encuentran en la **Tabla 1-38**.

Tabla 1-38 Información Secundaria Recopilada para el Componente Hidrogeológico

TIPO	TITULO
Mapa	Atlas de Aguas Subterráneas de Colombia, en Escala 1:500.000. Plancha 5-09 y Memoria técnica. INGEOMNAS, 2000.
Informe	Diagnóstico Ambiental de Alternativas para la Construcción y Operación de la Línea de Transmisión a 230 kV La Reforma – San Fernando. CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO (2015).
Informe	Información de los elementos de geología, geomorfología, hidrología, suelos y cobertura de la tierra, elaborados dentro del presente EIA.

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

Con la información existente y de acuerdo a las características de la zona, se realizó el plan de trabajo para la adquisición de información primaria de campo, relacionada con las actividades que conllevarán a elaborar el modelo hidrogeológico conceptual del sitio.

1.5.9.2 Etapa II: Fase de campo

Las actividades de adquisición de información de campo incluyeron el reconocimiento de la zona de evaluación por medio del inventario de puntos de agua subterránea (aljibes, pozos y manantiales y el muestreo y análisis de la calidad del agua subterránea.

- **Inventario de puntos de agua subterránea**

El inventario de puntos de agua subterránea permitió evaluar la disponibilidad y uso del recurso en el área de estudio, además sirvió para tener una visión global de las características y comportamiento de las diferentes unidades geológicas potencialmente acuíferas e igualmente sirvió para elaborar la red de muestreo para determinar las propiedades físico-químicas y bacteriológicas del agua subterránea.

Se realizó un inventario de puntos de agua subterránea dentro del área de influencia, que incluyó aljibes, pozos y manantiales. En visitas realizadas predio a predio, donde se permitió el ingreso, con el fin de establecer la demanda principal del recurso en la zona y la posible afectación que estos sitios puedan presentar con la puesta en marcha del proyecto.

El inventario fue realizado en 3 etapas: la primera, realizada en el mes de abril – mayo de 2016, la segunda en los meses de julio – agosto de 2016 y la tercera en el mes de abril de 2017, todos correspondientes a periodo climático lluvioso. El inventario fue levantado por medio del Formato Único Nacional para Inventario de Puntos de Agua Subterránea (FUNIAS) del IDEAM e INGEOMINAS, en la cual se registró la localización, características constructivas de las captaciones, usos y usuarios, caudales, registro de medida de parámetros físicos in situ del agua y el diagnóstico sanitario de las mismas, entre otros.

Como información secundaria se revisaron los documentos de Diagnóstico Ambiental de Alternativas línea de transmisión S/E La Reforma - S/E San Fernando a 230 kv³², de los cuales se obtuvo información en campo entre los días 08 al 14 de diciembre de 2015 en un periodo climático transicional de lluvioso a seco.

Durante la etapa de campo del presente estudio se caracterizaron 114 puntos de agua y se tomaron 24 puntos identificados en el DAA 2015, para un total de 138 puntos de agua subterránea, correspondientes a 33 aljibes, 102 manantiales y tres (3) pozos.

Se obtuvo una ficha de información de cada uno de los puntos inventariados, con registro fotográfico, cuyas captaciones fueron identificadas para el presente estudio, con un código compuesto por una letra (A: aljibe P: Pozo y M: manantial) y un número de identificación. El inventario se encuentra registrado en el **Anexo D.4. Componente hidrogeológico**.

La georeferenciación de los puntos se hizo con un geoposicionador satelital (GPS 60CSx marca Garmin) cuyo equipo presenta un margen de error en la horizontal de ± 5 metros. Los niveles de la tabla de agua y las profundidades de las captaciones fueron medidos con una sonda de niveles a milímetro, con alarma sonora y luminosa marca Solinst Model 101. Los parámetros físicos del agua se determinaron con un medidor multiparámetro portátil marca Hanna Instruments HI98129, para medir la conductividad eléctrica, pH, sólidos disueltos totales y temperatura.

La información levantada en campo, como usos del agua, usuarios, fechas de construcción y abatimiento en campo, entre otros, fueron suministrados por personas de la región relacionado en cada punto, que corresponde a los propietarios, administradores de las fincas o el guía de campo. En algunos puntos donde en el momento de la visita no se encontraba alguna persona del predio, la información consignada corresponde a la observada en campo.

Como no fue posible aforar todos los puntos para establecer los caudales, debido a la ausencia de personal en el predio o porque no se permitió realizar el aforo, de acuerdo a la información suministrada sobre tiempos de explotación y los volúmenes explotados, en algunos casos se estimaron caudales para las captaciones.

Para los puntos donde se permitió el aforo del bombeo en aljibes y pozos, se procedió a realizar aforos volumétricos con vertedero, cuyo procedimiento consiste en medir el tiempo (t) que gasta el agua en llenar un recipiente de un volumen conocido (v), cuyo caudal entonces es calculado mediante la ecuación: $Q=v/t$.

De la misma manera, se procedió a realizar el aforo de manantiales, generando un cauce homogéneo en el punto de surgencia del manantial por medio de una tubería, con el fin de captar toda el agua que brota del punto, como se muestra en la **Fotografía 1-9**.

³² CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO. 2015. Diagnóstico Ambiental de Alternativas línea de transmisión S/E La Reforma - S/E San Fernando a 230 kv.



Fotografía 1-9 Aforo de caudal en manantiales

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

- **Muestreo de calidad de agua subterránea**

Durante la ejecución de los trabajos de campo, se realizó el muestreo in situ de parámetros físicos del agua subterránea, a partir de lo solicitado por el formato FUNIAS, tales como: pH, Conductividad, Sólidos disueltos totales y temperatura, por medio de un equipo multiparámetro portátil marca Hanna Instruments HI98129. (Ver **Fotografía 1-10**) De la misma manera, se realizaron análisis organolépticos de la muestra, cuyos resultados fueron plasmados en el formato correspondiente.



Fotografía 1-10 Medidas de calidad de agua in situ, equipo multiparámetro.

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

Adicional a estas muestras de agua, se realizó un muestreo físico químico y bacteriológico de agua subterránea con el fin de realizar la caracterización en el área de estudio y conocer el estado actual de la calidad de la misma, estableciendo una red de monitoreo, de 10 puntos de agua, posterior al inventario realizado. Las muestras fueron tomadas por el laboratorio Daphnia Ltda, el cual se encuentra acreditado por el IDEAM.

Los procedimientos de muestreo se atienen a lo establecido en las técnicas establecidas por la EPA, el Standard Methods Ed.22/12, las ISO 5667-n y las guías del IDEAM, para un muestreo manual simple (Muestra en el sitio; una muestra discreta tomada aleatoria mente en una masa de agua.) por medio de recipientes nuevos, según lo indicado en el Standard Methods 22nd, Ed 2012.

En la **Tabla 1-39** se presentan los parámetros a realizar en cada muestra y los métodos utilizados por el laboratorio.

Tabla 1-39 Parámetros a realizar en las muestras de agua y métodos.

PARAMETRO	METODO
ACIDEZ TOTAL	S.M2310B
ALCALINIDAD	S.M2320B
ARSENICO	S.M3500-AsB
ACEITES Y GRASAS	S.M5520C
BICARBONATOS	S.M2320-B
CALCIO TOTAL	S.M3111-B
CLORUROS	S.M4500
CARBONATOS	S.M2320-B
CONDUCTIVIDAD	S.M2510B
COLOR APARENTE	S.M2120B
CARBONO ORGANICO TOTAL	S.M5310B
COLIFORMES FECALES Y TOTALES	SM9223-B
COLIFORMES TOTALES	SM9223-B
HIERRO	S.M3111-B
FENOLES	S.M5530C
FOSFATOS	S.M4500-PE
HIDROCARBUROS TOTALES	S.M5520F
POTASIO	S.M3111B
MAGNESIO	S.M3111B
MANGANESO	SM3111B
SODIO	S.M3111B
NITROGENO AMONIACAL	S.M4500B-C
NITRÓGENO NITRITOS	S.M4500-NO2B
NITROGENO NITRITOS	S.M4500
OXÍGENO DISUELTOS	S.M4500-OC

PARAMETRO	METODO
PH	S.M4500H+ B
SOLIDOS DISUELTOS	S.M2510B
SULFATOS	S.M4500-SO4E
TEMPERATURA MUESTRA	S.M.2550-B
TURBIEDAD	S.M2130-B

Fuente: DAPHNIA LTDA.

1.5.9.3 Etapa III: Fase de oficina

En las actividades post-campo se realizó la evaluación e interpretación de la información adquirida en campo, la integración de la información primaria y secundaria, el informe técnico, para que esté en concordancia con los Términos de Referencia y la Metodología General para la Presentación de Estudios Ambientales (2010) del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial ahora Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

- **Caracterización de las unidades hidrogeológicas**

El mapa hidrogeológico se genera utilizando como base el mapa geológico del presente estudio y usando como referencia el Atlas de Agua Subterránea de Colombia (2004), elaborado por el INGEOMINAS (ahora Servicio Geológico Colombiano) para la definición de los principales acuíferos, características y nomenclatura.

Se siguieron los lineamientos propuestos en los estándares internacionales para categorizar las unidades hidrogeológicas, en este sentido se adoptó la nomenclatura de la Asociación Internacional de Hidrogeólogos IAH (1983)³³, la cual se basa en la asignación de categorías hidrogeológicas con base en el potencial de rocas y sedimentos para almacenar y transmitir agua subterránea, en función de la composición, permeabilidad y capacidad específica de cada unidad geológica evaluada.

Se valoraron las unidades desde el punto de vista de su capacidad para almacenar y transmitir el agua subterránea y se generó el mapa hidrogeológico, este mapa representa la extensión y localización de las unidades hidrogeológicas obtenidas en función de litología (que indirectamente involucra porosidad y permeabilidad), y la capacidad específica establecida en la unidad regional.

Finalmente se analizó e integró la información adquirida con objeto de establecer un modelo hidrogeológico conceptual para la zona del proyecto.

- **Delimitación de las zonas de recarga potencial**

La mayoría de los métodos aplicados para este tipo de zonificación se basan en la evaluación del potencial del terreno para permitir la infiltración del agua de precipitación; en

³³ UNESCO, IAH, IAHS. International Legend for Hydrogeological Maps. 1983.

tal sentido, para este estudio se adoptó la metodología desarrollada por Silva (2007), las variables que utiliza son insumos que se generan dentro de los estudios de la evaluación de las zonas de influencia del presente estudio; estas variables involucran: el tipo de suelo, la cobertura vegetal, la unidad geológica, la pendiente del terreno y el uso del suelo.

Cada una de las variables es discretizada en cinco rangos y para cada rango, dependiendo de su potencial para contribuir a la recarga se le asigna un valor de 1 a 5, siendo 5 el potencial “muy alto” y 1 “muy bajo” y se realiza una ponderación dependiendo de la importancia del parámetro, como lo indica la ecuación: $ZR = (0,27 * Pendiente) + (0,23 * Tipo\ suelo) + (0,12 * Tipo\ de\ roca) + (0,25 * Cobertura\ vegetal) + (0,13 * Uso\ del\ suelo)$ y utilizando Sistemas de Información Geográfica se hace la suma de todos los factores ponderados, para obtener las zonas de recarga potencial.

- **Vulnerabilidad de los acuíferos a la contaminación**

La vulnerabilidad intrínseca de la contaminación se define como las Características propias de un acuífero que determinan su sensibilidad a ser afectado por contaminación derivada de actividades antrópicas o fenómenos naturales. Existen varios métodos para determinar la vulnerabilidad a la contaminación, pero para los estudios que se usará el Método GOD debido a la facilidad para los datos y la simplicidad en su aplicación.

El método GOD considera dos (2) factores básicos:

- El grado de inaccesibilidad hidráulica de la zona saturada.
- La capacidad de atenuación de los estratos suprayacentes a la zona saturada del acuífero.

Los parámetros involucrados en el análisis son los siguientes:

G: Grado de confinamiento hidráulico, (clasificado desde surgente a libre).

O: Ocurrencia del estrato suprayacente (correspondiente a la litología de la ZNS).

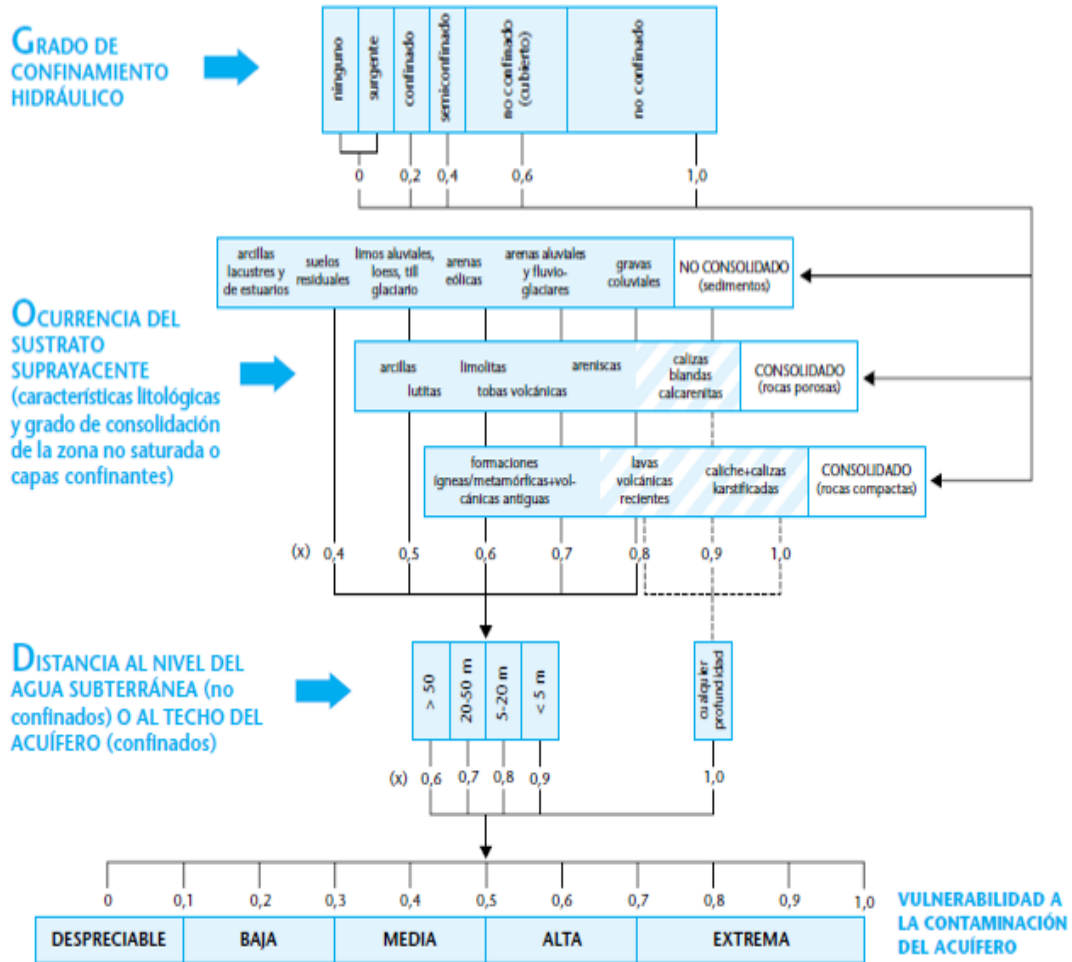
D: Distancia al nivel del agua subterránea (calificada en rangos).

Cada uno de estos parámetros es valorado de acuerdo con una tabla de clasificación (**Imagen 1-15**) y el grado de vulnerabilidad se obtiene como resultado del producto de los 3 índices asignados a los parámetros G, O, y D.

- **Modelo hidrogeológico conceptual**

Con toda la información geológica, topográfica, hidrológica e hidrogeológica recopilada, analizada e interpretada, se procedió a realizar un modelo hidrogeológico conceptual, resumido en un bloque diagrama, en el que se sintetizan todos los aspectos hidrogeológicos incluidos en el área.

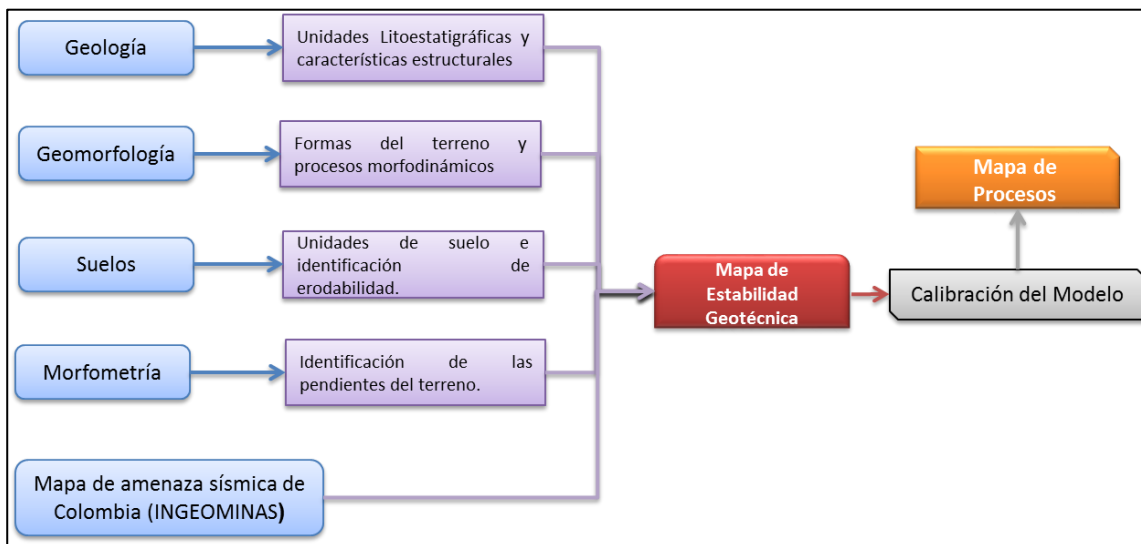
Imagen 1-15 Metodología GOD



1.5.10 Geotecnia

La estabilidad geotécnica es el resultado de la interrelación entre las variables de geología (litología y rasgos estructurales), geomorfología (morfogénesis, morfometría y morfodinámica), suelos y sismicidad del área. Para esto se procede a la suma de cada una de las variables dispuestas espacialmente una sobre la otra (con valores que van desde 1 a hasta 5, siendo este último el más crítico). El valor de estabilidad resultante se asocia a un atributo cartográfico que luego es reclasificado de acuerdo con rangos establecidos por las observaciones de campo. Posteriormente, se incorpora un factor sísmico y se procede al cruce utilizando herramientas como los Sistemas de Información Geográfica. En la **Imagen 1-16 y Tabla 1-40** se relacionan los mismos.

Imagen 1-16 Esquema metodológico para la determinación de la estabilidad geotécnica del Área de Influencia



Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

Tabla 1-40 Componentes y criterios asociados

COMPONENTE	CRITERIO
Geología	Caracterización de las unidades litoestratigráficas y rasgos estructurales
Geomorfología	Caracterización geomorfológica a partir de la morfogenésis (origen de las formas del terreno), morfografía (formas del terreno), morfometría (intervalos de pendiente)
Sismicidad	Caracterización sísmica a partir de la información consignada en la Norma Sismo resistente (NSR-2010) y el Mapa de Amenaza Sísmica de Colombia

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

- **Componentes y criterios utilizados para la zonificación geotécnica.**

A continuación, se relacionan los diferentes componentes y criterios considerados para la determinación del componente geotécnico. Adicionalmente, se incluye una breve justificación de cada una de ellas, el método considerado para su evaluación, así como sus ventajas, sus desventajas y las limitaciones a las que se tenga lugar:

- El método cualitativo, semicuantitativo o también llamado heurístico (aquí empleado), es de tipo subjetivo y se fundamentan en el conocimiento del terreno, la compilación y evaluación de información secundaria y el levantamiento del terreno. Es así como la evaluación de las variables para la zonificación de la susceptibilidad aquí determinada se basa en el establecimiento de modelos condicionantes o la

calificación subjetiva de las variables tales como: geología (entre las que encontramos las unidades litológicas y rasgos estructurales), geomorfológicas (morfogénesis, morfografía, y morfometría), entre otras, que se constituyen en variables intrínsecas del terreno.

- Este modelo se basa y apoya en el uso de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) estableciendo condiciones tales, como: mapas input (geología, morfometría, morfodinámica), condición (litología de los materiales aflorantes, pendientes altas), conocimiento del terreno, nivel y escala del proyecto y la experiencia de los profesionales participantes.
- No es recomendable estandarizar ni aplicar metodologías de este tipo soportadas con valores preestablecidos de otros estudios, sino obtenidos del conocimiento propio del área de influencia.

Una vez obtenido este modelo de susceptibilidad a la inestabilidad basado en variables intrínsecas que al interrelacionarlas y calificadas con un valor numérico, le adicionamos un detonante que en este caso viene siendo el factor sísmico, obtenido a partir de la norma sismo resistente y del mapa de amenaza sísmica de Colombia, con el fin de obtener un mapa de amenaza o de estabilidad geotecnia ante movimientos en masa.

Para la identificación, análisis y caracterización del comportamiento geotécnico (en función de la estabilidad) las unidades geológicas consideradas en el área de influencia directa e indirecta se obtuvieron a partir de la información secundaria existente en el Servicio Geológico Colombiano SGC (antes de nominado INGEOMINAS), el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), la información adquirida durante la campaña de campo efectuada en el mes de abril de 2017 y la información geológica final ajustada.

La caracterización del área en función de la presencia de fallas activas o no, se asocian estas con la presencia de rocas fracturadas y/o diaclasadas, debido a que estas áreas están sometidas a un tren de esfuerzos principalmente compresivos y en menor grado distensivos, que generan un comportamiento geomecánico bajo de las rocas aflorantes. Es así, como se tomó para la caracterización de estas rocas una franja de afectación de 200 metros en donde afloran fallas principales (como las fallas de San Pablo, el Buque, entre otras), de 100 metros donde se presentan lineamientos de falla y pliegues (ya sea sinclinales o anticlinales) y de 50 metros para las zonas que presenten fallas inferidas (como la falla de Villavicencio y de Colepato).

Geomorfológicamente, el área de influencia directa e indirecta es el resultado de procesos tanto morfoestructurales, denudativos y acumulativos que han dado como resultado una variedad de ambientes morfogenéticos y morfogenéticos, de manera tal que son los responsables del modelado y estado actual de las geoformas del sector; estos procesos pueden ser proyectados al futuro de manera tal que se tenga una apreciación sobre la estabilidad del terreno donde se proyecta la construcción de una obra lineal e infraestructura asociada.

Los movimientos en masa incluyen los movimientos de suelo o roca inducidos por la acción de la gravedad y en algunos casos de la presencia de agua. Su evolución está ligada a las características litológicas, el grado de meteorización, la disposición estructural de los

materiales, las características topográficas del terreno y el clima imperante que puede incidir en el contenido de humedad de los materiales (esto es común en épocas de lluvias). Como movimientos en masa se agrupan la reptación de suelos, los flujos, los deslizamientos (rotacionales y translacionales), la expansión de terrenos y las combinaciones que se puedan dar de estos fenómenos.

A partir de la información consignada en la NSR-2010 se aprecia que las áreas de influencia directa (AID) e indirecta (AII) se ubican en una franja definida como de amenaza sísmica alta.

1.5.11 Clima

Con el fin de identificar, zonificar y describir las condiciones climáticas del área de estudio para el Estudio de Impacto Ambiental, se debe partir del análisis estadístico de las series meteorológicas, las cuales se definen como una sucesión de datos históricos y variables, cuyas escalas temporales se encuentran a nivel mensual y anual para este estudio.

A continuación, se presenta la metodología implementada para el desarrollo del componente, desde la selección de estaciones, pruebas de homogeneidad, completado y consistencia de la información disponible:

1.5.11.1 Selección de las estaciones meteorológicas

La selección de las estaciones obedece principalmente a la relación de entorno fisiográfico e hidrográfico, proximidad respecto a los corredores alternativos y disponibilidad de datos del operador.

Los registros fueron obtenidos de la red meteorológica del Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM, 2014) y que cuenta con instrumentación suficiente recomendados por la Organización Meteorológica Mundial (OMM). Una vez realizado el inventario que opera esta institución se descartaron las que se encontraron fuera de un buffer de 20 Km en torno al Área de Influencia Directa (AID), y que de acuerdo con la categoría, no podrían brindar la mayor cantidad de información en términos de tiempo (periodos de monitoreo) y de parámetros climáticos.

Considerando que la Organización Meteorológica Mundial (OMM) establece como requisito escoger estaciones que cuenten con la suficiente confiabilidad en la toma de datos, un historial continuo en general, homogeneidad respecto a sus alturas de ubicación y observaciones en lo posible comunes (Unesco, 2005)³⁴, se obtuvo un conjunto de 7 estaciones, de las cuales 1 es Climatológica Principal, 3 son Pluviométrica (PM), 1 pluviográfica (PG), 1 Sinóptica Secundaria (SS) y 1 es sinóptica principal (SP), las cuales se presentan en la **Tabla 1-41 e Imagen 1-11**.

³⁴ OMM, Unesco. (2005). *Evaluación de los recursos hídricos, Elaboración del Balance Hídrico Integrado por cuencas hidrográficas*. Mexico: Unesco.

Tabla 1-41 Estaciones meteorológicas en el área de estudio

CÓDIGO	NOMBRE	CORRIENTE	MUNICIPIO	CATEGORÍA	COORDENADAS (MAGNA SIRGAS-ORIGEN ESTE)	
					ESTE	NORTE
35030290	SERVITA	GUATIQUEIA	META	PG	1043057,00	954645,00
35030290	MANZANARES	MANZANARES	META	PM	1031192,00	946662,00
35010070	GUAMAL	GUAMAL	META	PM	1035798,90	920309,10
35035070	UNILLANOS	GUATIQUEIA	META	CP	1055402,40	942257,50
35035020	APTO VANGUARDIA	GUATIQUEIA	META	SP	1051121,60	951845,10
35010020	ACACÍAS	ACACÍAS	META	PM	1034640,00	933486,00
35035010	BASE AÉREA APIAY	RÍO OCOA	META	SS	1057474,00	942617,00

PM: Pluviométrica, CP: Climatológica Principal, CO: Climatológica Ordinaria, SS: Sinóptica Secundaria

Fuente: Atlas IDEAM Tomado de <http://www.ideam.gov.co/atlas/mclima.htm>, Antea Group 2014

1.5.11.2 Análisis temporal y espacial de las variables climatológicas Distribución Temporal

Para cada una de las variables climatológicas, se representa una gráfica a lo largo de un año hidrológico a escala mensual en forma de barras donde los datos disponibles se agrupan de acuerdo a su magnitud. En el caso de la precipitación se evalúan los valores diarios, las lluvias máximas esperadas para diferentes periodos de retorno utilizando diferentes distribuciones de probabilidad, a través de parámetros estadísticos con el programa HYFRAN.

- **Distribución espacial**

Con el objeto de interpolar valores de los parámetros climáticos, se emplea el método de distancia inversa ponderada (IDW) con el programa ARC GIS 10.2. Ésta es una estimación determinista, donde los sitios sin valor conocido son hallados por una combinación lineal de los valores con datos conocidos. Tiene como suposición que los valores más cercanos al lugar sin registro son más representativos para estimarlo. Los valores desconocidos se determinan con la siguiente expresión:

$$Z? = \frac{\sum_{i=1}^m \frac{Z_i}{D_i^W}}{\sum_{i=1}^m \frac{1}{D_i^W}}$$

Dónde:

- Z: El valor a ser determinado.
- M: El número de puntos con valor conocido más cercanos a Z
- D: Distancia entre Zi y Z
- W: Valor de ponderación.

El valor de W controla la región de influencia de cada una de las regiones con información. Cuando W aumenta la región de influencia decrece. Cuando W es igual a cero el método es idéntico a un simple promedio.

- **Rosa de los vientos**

La fuerza o velocidad se agrupa en clases o rangos en m/s, y las direcciones del viento se agrupan en porcentajes como clases de frecuencia relativas o absolutas, que para el caso de los registros de las estaciones del IDEAM, la dirección se mide mediante la veleta según los 360 grados geográficos en intervalos de 45 grados. Corresponden a 8 direcciones como sigue: Norte (N, 0° o 360°), NorEste (NE, 45°), Este (E, 90°), SurEste (SE, 135°), Sur (S, 180°), SurOeste (SO, 225°), Oeste (O, 270°), NorOeste (NO, 315°).

Una vez se cuentan con los registros de velocidad y dirección del viento, de las estaciones climatológicas seleccionadas para el estudio, se organizan los datos de dirección y velocidad como información de entrada al software WRPLOT View®Version 7.0.0 desarrollado por Lakes Environmental.³⁵

- **Balance hídrico**

- **Método de Thornthwaite**

La evaporación potencial es la cantidad de vapor de agua que puede ser emitida desde una superficie libre de agua. La Transpiración es la pérdida de agua liberada hacia la atmósfera a través de las estomas de las plantas.

La Evapotranspiración potencial es la cantidad máxima de agua capaz de ser perdida por una capa continua de vegetación que cubra todo el terreno cuando es ilimitada la cantidad de agua suministrada al suelo.

Uno de los métodos más implementados en Colombia para el cálculo de la Evapotranspiración potencial (ETP) es el propuesto por Thornthwaite (1948), como el máximo de evapotranspiración que depende únicamente del clima.

El método de Thornthwaite fue desarrollado a partir de datos de precipitación y escorrentía para diversas cuencas de drenaje. El resultado es básicamente una relación empírica entre la ETP y la temperatura del aire.

La Fórmula de Thornthwaite para la obtención de la Evapotranspiración Potencial (ETP) es:

$$ETP = 16 \left(\frac{10T}{I} \right)^a$$

Dónde:

ETP: Evapotranspiración Potencial en mm

³⁵ Software de uso libre disponible en: <http://www.weblakes.com/products/wrplot/index.html>

- I: Índice Calórico, constante para la región dada, es la suma de los índices calóricos mensuales i , donde i es función de la temperatura media normal mensual

$$i = \left(\frac{t}{5}\right)^{1,514}$$

- T: Temperatura media mensual en °C

- a: Exponente empírico, función de I

$$a: (6,75 \times 10^{-7})(I^3) - (7,71 \times 10^{-5})(I^2) + (1,79 \times 10^{-2})(I) + 0,49239$$

Teniendo en cuenta que esta condición varía con cada época del año y con la latitud del lugar, se debe realizar una corrección a la ETP por medio de un factor correctivo K , aplicado a cada uno de los valores de EPT obtenidos. La siguiente ecuación muestra cómo se determina el factor de corrección K:

$$ETP = (ETP_{Sin\ Corregir}) \left(\frac{N}{12}\right) \left(\frac{d}{30}\right)$$

Dónde:

- N: Número máximo de horas de sol, depende del mes y de la latitud del lugar.

- d: Número de días del mes.

1.5.11.3 Zonificación climática

En el presente estudio, la clasificación climática se basó en el estudio de ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia, en el que para la caracterización climática se utilizan diferentes metodologías tales como los de Köeppen, Thornthwaite, Caldas, Lang, Martone y Holdridge, entre otras.

Se optó por asumir un sistema cuya caracterización aplicara los regímenes térmicos y de humedad propios de la geografía colombiana, considerándolos como los elementos meteorológicos más relevantes y útiles para la caracterización de un ecosistema desde el punto de vista climático (IGAC, IDEAM, IAvH, Invemar, I. Sinchi, IIAP, 2007).³⁶

Los elementos considerados más relevantes para el mapa de caracterización climática son la temperatura y la precipitación.

³⁶ IGAC, IDEAM, IAvH, Invemar, I. Sinchi, IIAP... Ecosistemas Continentales, Costeros y Marinos de Colombia. Bogotá: IGAC. (2007)

- **Denominación termal**

Tomando como referencia los pisos térmicos propuestos por Caldas en 1802,37 se adoptaron como rangos definitivos para la denominación termal las clasificaciones que se muestran en la **Tabla 1-42**.

Se debe encontrar la función para relacionar la temperatura del aire con la altura sobre el nivel del mar, donde las temperaturas calculadas entre los diferentes rangos altitudinales están mejor representadas cartográficamente mediante una regresión lineal. Los datos altimétricos usados para la densificación del mapa de temperatura corresponden a los tomados del modelo de Elevación Digital ASTER de 30 m.

Tabla 1-42 Denominación termal

Denominación termal	Rangos altitudinales (m.s.n.m)	Rangos de temperatura
Cálido	De 0 a 800	T > 24° C
Templado	De 801 a 1.800	Entre 18° C y 24° C
Frío	De 1.801 a 2.800	Entre 12° C y 18° C
Muy frío	De 2.801 a 3.700	Entre 6° C y 12° C
Extremadamente frío y/o nival	De 3.701 a 4.500 y de 4.500 en adelante para nival	Entre 1,5 y 6° C, y menores a 1,5 para nival

Fuente: (IGAC, IDEAM, IAvH, Invemar, I. Sinchi, IIAP, 2007)³⁸.

- **Denominación por rangos de precipitación anual**

Una vez seleccionadas las estaciones, se efectuó una interpolación geo estadística con los valores medios anuales de dicha variable, de manera que se obtuviera una superficie continua para el campo de precipitación. Asimismo, se realizaron pruebas con varios algoritmos de interpolación. Entre estos se seleccionó IDW (Inverse Distance Weighting) como se presenta en la distribución espacial y se reclasificó según los rangos que aparecen en la **Tabla 1-43**.

Tabla 1-43 Denominación termal

Denominación de precipitación	Rangos de precipitación anual
Árido	De 0 a 500 mm/año
Muy Seco	De 501 a 1.000 mm/año
Seco	De 1.001 a 2.000 mm/año

³⁷ Ibid.

³⁸ IGAC, (2007) Op Cit.

Denominación de precipitación	Rangos de precipitación anual
Húmedo	De 2.001 a 3.000 mm/año
Muy húmedo	De 3.001 a 7.000 mm/año
Pluvial	Mayor de 7.001 mm/año

Fuente: (IGAC, IDEAM, IAvH, Invemar, I. Sinchi, IIAP, 2007)³⁹.

Zonificación climática

Una vez categorizados los dos elementos meteorológicos principales, se hizo una intersección espacial entre las dos capas y se obtuvo un mapa resultado, cuyos polígonos relacionan un rango de precipitación con un rango termal. De esta forma se llegó a una descripción de la diversidad climática que, en función de estas variables, puede encontrarse para cualquier región de Colombia. (Ver **Tabla 1-44**).

Tabla 1-44 Zonificación climática

LEYENDA ZONIFICACIÓN CLIMÁTICA	
CÁLIDOS (0 – 800 M.S.N.M), > 24 °C	
Árido	De 0 a 500 mm/año
Muy Seco	De 501 a 1.000 mm/año
Seco	De 1.001 a 2.000 mm/año
Húmedo	De 2.001 a 3.000 mm/año
Muy húmedo	De 3.001 a 7.000 mm/año
Pluvial	Mayor de 7.001 mm/año
Templados (800 – 1.800 m.s.n.m). Entre 18°C y 24°C	
Muy Seco	De 501 a 1.000 mm/año
Seco	De 1.001 a 2.000 mm/año
Húmedo	De 2.001 a 3.000 mm/año
Muy húmedo	De 3.001 a 7.000 mm/año
Pluvial	Mayor de 7.001 mm/año
Fríos (1.800 – 2.800 m.s.n.m). Entre 12°C y 18°C	
Muy Seco	De 501 a 1.000 mm/año
Seco	De 1.001 a 2.000 mm/año
Húmedo	De 2.001 a 3.000 mm/año
Muy húmedo	De 3.001 a 7.000 mm/año
Muy fríos (2.800 – 3.700 msnm) Entre 6° C y 12° C	
Muy Seco	De 501 a 1.000 mm/año
Seco	De 1.001 a 2.000 mm/año
Húmedo	De 2.001 a 3.000 mm/año
Muy húmedo	De 3.001 a 7.000 mm/año

LEYENDA ZONIFICACIÓN CLIMÁTICA	
CÁLIDOS (0 – 800 M.S.N.M), > 24 °C	
Extremadamente fríos (3.700 – 4.500 msnm) Entre 1,5 y 6° C	
Muy Seco	De 501 a 1.000 mm/año
Seco	De 1.001 a 2.000 mm/año
Húmedo	De 2.001 a 3.000 mm/año
Muy húmedo	De 3.001 a 7.000 mm/año
Nival (> 4.500 msnm) < 1, 5° C	
Muy Seco	De 501 a 1.000 mm/año
Seco	De 1.001 a 2.000 mm/año

Fuente: (IGAC, IDEAM, IAvH, Invemar, I. Sinchi, IIAP, 2007)

1.5.12 Calidad de Aire

La metodología del componente calidad de aire comprendió la identificación de las fuentes de emisión de calidad de aire, así como los contaminantes asociados a las emisiones de acuerdo a su material combustible y actividad productiva y los monitoreos realizados en el área de influencia del proyecto. A continuación, se describe la metodología tenida en cuenta para cada una de estas actividades.

- **Identificación de las fuentes de emisiones atmosféricas existentes en la zona:**

En conformidad con los términos de referencia LI-TER-1-01 establecidos por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial en el 2006, se realizó la identificación de las fuentes de emisiones atmosféricas de gases, material particulado, existentes en el área de influencia de proyecto (fijas, dispersas, lineales, área y móviles). Asimismo, se llevó a cabo la ubicación cartográfica de los asentamientos poblacionales, viviendas, infraestructura social y las zonas susceptibles de contaminación (receptores sensibles).

Para poder realizar la identificación se realizó un recorrido por el área de influencia del proyecto, verificando la información secundaria basada en la interpretación de cartografía.

1. Identificación de actividades productivas e industrias asentadas en las veredas que hacen parte del área de influencia.
2. Recorridos de identificación de las vías principales que hacen parte del proyecto, las cuales son categorizadas como fuentes lineales de emisión atmosférica. Durante este recorrido se identificaron actividades y/o prácticas que impactan la calidad del aire y la presión sonora del lugar.
3. Por las vías secundarias y terciarias, se revisó el estado actual de las mismas y se identificaron actividades impactantes.
4. identificación de actividades, prácticas y procesos productivos que impactan la calidad del aire.
5. Ejecución de aforos vehiculares en las vías de mayor tráfico para tener un estimativo del tránsito sobre las mismas y de esta manera poder determinar el grado de importancia sobre el impacto negativo a la calidad del aire.

- Monitoreos de calidad de aire

1.5.12.1 Determinación de Material Particulado (PST y PM₁₀)

El muestreo de las partículas suspendidas se realizó mediante un equipo denominado muestreador de alto volumen (Hi-Vol), el cual consta básicamente de un motor de succión, una porta filtros, un registrador de flujo (o indicador de flujo) y un programador de tiempo de muestreo, todo esto se halla cubierto con una coraza de protección. El diseño físico del equipo se basa en principios aerodinámicos que permitan la recolección de determinado tamaño de partículas PST o PM₁₀.

Para el monitoreo de las partículas y la calibración de los equipos de muestreo de alto volumen se siguieron las directrices consignadas en la norma U.S. EPA 40 CFR Parte 50, Apéndices B - J, "*Reference Method for the Determination of Suspended Particulate Matter and PM₁₀ in the Atmosphere*", (*High Volume Method*), así mismo se siguieron los lineamientos técnicos definidos en la Resolución 650 de 2010, por la cual se acoge el *Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del aire* y por la Resolución 2154 del 2 de noviembre de 2010 que establece algunas modificaciones a dicho documento.

El diseño del equipo de PM₁₀ permite que las partículas de diámetro menor o igual a 10 µm sigan las líneas de la corriente de flujo de aire dirigiéndose a los tubos inyectoros, mientras las partículas de mayor tamaño, con suficiente inercia, se salen de las líneas de flujo impactándose contra el plato. Para operar correctamente, este equipo debe hacer pasar aire ambiente por el filtro a una rata de flujo que oscila entre 1,02 a 1,24 m³/min (1,13 m³/min ± 10%). Para el caso de los equipos PST la rata de flujo de operación debe estar entre 1,13 a 1,10 m³/min. Cada fracción dentro del intervalo específico se recolecta en un filtro durante un periodo de muestreo de 24 +/- 1 horas.

Finalizado el tiempo de muestreo, el filtro se seca a 85°C por una hora en estufa, se lleva a temperatura ambiente en desecador y se pesa nuevamente. La diferencia de peso, es la masa (µg) neta, que dividida por el volumen de aire (m³) muestreado durante las 24 horas, determina la concentración de partículas, expresadas en µg/m³.

- Equipos utilizados

Los equipos de PM₁₀, operan con un cabezote marca *Graseby Ardensen*, cuya geometría de diseño, basándose en la inercia de las partículas de gran tamaño, impide que el elemento filtrante reciba material en suspensión con diámetro mayor de 10 micras; se debe procurar un caudal de 1,13 m³/min, para garantizar la separación de estas partículas.

Los equipos de partículas (PST - PM₁₀), cuentan con un dispositivo por medio del cual se corrobora el tiempo de operación y el flujo al que trabajó durante el periodo de monitoreo. La operación de este dispositivo da como resultado cartas de flujo para cada estación.

- Calibración de equipos

Para calibración de los equipos PST y PM₁₀ (alto volumen – flujo másico), se procede de acuerdo con la metodología estandarizada por el método EPA 40 CFR Parte 50, Apéndices B (PST) y J (PM₁₀), que se basa en la calibración mediante el uso de *variflow*. Este consta

una resistencia de flujo variable, la cual es un tubo metálico con un par de discos que permiten obtener varias aberturas al girar uno de los discos; este kit de calibración posee la respectiva ecuación de calibración con su respectiva curva.

Los equipos muestreadores de alto volumen (Hi-Vol) máxicos (MCF) están provistos de un dispositivo de control de flujo, cuya acción sobre el circuito eléctrico conectado al motor regula su velocidad y por lo tanto, su capacidad de succión. La calibración se fundamenta en la posición del dispositivo de control de flujo que permite una aspiración de aire en el rango deseado. En resumen, la calibración del equipo consiste básicamente en una verificación del flujo.

- **Consideraciones previas**

Para obtener datos representativos sobre material particulado presentes en el área de muestreo, se debe tener en cuenta las condiciones ambientales propias de la zona y otra serie de variables; además, la calibración tiene como objetivo el ajuste del flujo de operación para que éste sea el conveniente durante el muestreo.

Se asegura que el certificado de calibración del *variflow* se encuentre vigente.

- **Frecuencias de calibración**

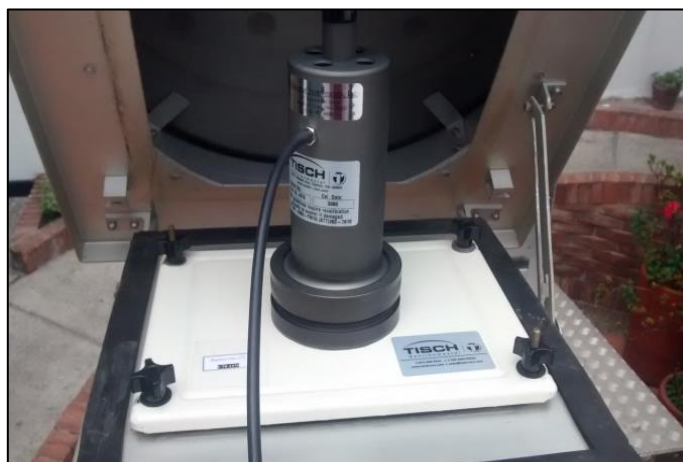
- Una vez sea instalado el equipo en el sitio de muestreo.
- Después de cambio de motor.
- Después de cambio de escobillas.
- Cuando se cambia el sitio de muestreo.
- Si los resultados de un chequeo de flujo en campo exceden los límites del control de calidad ($\pm 10\%$ de la tasa de flujo indicada para el muestreador).

- **Procedimiento de calibración**

Para la calibración se emplea el equipo *variflow*, el cual consiste en un cilindro metálico y un plato con perforaciones, adaptado a una perilla que permite girar y ajustar distintas caídas de presión que permiten calcular el flujo empleando la ecuación correspondiente al calibrador como aparece en el reporte o certificado pertinente, en grandes rasgos para la calibración de equipos Hi vol se siguen los siguientes ítems:

- Instalación del calibrador
- Instalación del manómetro, conectándolo a la unidad de calibración
- Verificación de fugas
- Instalación de la carta de flujo
- Realización la lectura y registro de los datos arrojados (Presión, suma de las alturas de desplazamiento de las dos columnas del manómetro, valor que registra la carta de flujo)

- Determinación del Coeficiente de correlación, pendiente e intercepto asociado a las mediciones de la calibración
- Verificación de los siguientes criterios de calidad
- El coeficiente de correlación debe estar entre 0.99 y 1.
- La desviación no deberá diferir en $\pm 0,04$ m³/min para cada caudal calculado respecto a la regresión lineal.
- Para un equipo HI-VOL PM10 el flujo calculado para cinco posiciones de apertura del calibrador variflow mínimo tres (3) debe estar en el rango de 1,02 a 1,24 m³/min (condiciones actuales) y para HI-VOL PST en el rango de 1,1 a 1,7 m³/min (condiciones estándar)
- Determinación del punto de operación (Set Point) y ajuste del controlador de flujo a este valor (SSP).
- Para el caso de la calibración de los equipos PST, cabe señalar que la pendiente y el intercepto utilizan flujos estándar (Qstd). Las lecturas del manómetro de orificio deben ser convertidos a los flujos de aire estándar.



Fotografía 1-11 Montaje para la calibración del equipo muestreador de alto volumen Hi-Vol, mediante *variflow*

Fuente: Daphnia Ltda., 2016.

1.5.12.2 Determinación de Dióxidos de Azufre y de Nitrógeno (SO₂ y NO₂)

Para realizar el muestreo de SO₂ y NO₂, se utilizó un equipo que opera mediante el sistema de burbujeo de la muestra en tubos lavadores, los cuales poseen soluciones absorbentes específicas para estos gases.

El cálculo de la concentración en 24 horas se determina mediante el flujo de muestreo, tiempo de operación del muestreador, concentración de SO₂ y NO₂ en la muestra y la curva de calibración correspondiente.

En laboratorio se sigue el método de la Pararosanilina para el Dióxido de Azufre (EPA e-CFR Título 40, Parte 50, Apéndice A), el cual es absorbido en una solución de potasio o de

tetracloromercurato de sodio (TCM). La muestra es acondicionada para evitar interferencias, en particular de metales y de agentes oxidantes, como ozono y óxidos de nitrógeno. La solución es tratada con formaldehído, ácido fosfórico y pararrosanilina, a fin de mantener condiciones adecuadas de pH y de color. La concentración final se determina mediante colorimetría para lo cual se utiliza un espectrofotómetro, a una longitud de onda a 548 nm.

Para los NO₂ se aplica el método Griess-Saltzman modificado (Resolución No. 03194 de 1983), en el cual se utiliza un reactivo para formar un colorante Azo; el color obtenido en la muestra es medido también en espectrofotómetro a una longitud de onda de 540 nm.

- Equipos utilizados

El equipo muestreador de gases tipo Rack, es un instrumento que utiliza un sistema húmedo de absorción de gases con químicos en estado líquido, que sirven para medir dióxido de azufre y dióxido de nitrógeno.

Este equipo consta de una caja metálica con tapa móvil y dos compartimentos. El primer compartimento tiene una bomba de vacío cuyas características cumplen las especificaciones recomendadas por el Código Federal de Regulaciones de la EPA (motor de 1700 rpm, 0,5 HP, presión máxima de 20 PSI, 110 – 115 voltios y 23 pulgadas de mercurio de capacidad de vacío a nivel del mar). En el segundo compartimento se encuentra el tren de muestreo, que va conectado a la bomba de vacío y consta de un sistema de muestreo compuesto por cuatro impactadores de vidrio o polipropileno conectados en paralelo.

El sistema de muestreo en paralelo consiste en que cada uno de los impactadores con soluciones absorbentes se conecta con un impactador de trampa de humedad. A la salida de estos últimos, una manguera los conecta con válvulas de control de flujo independientes (que cumplen el papel de orificios críticos), las cuales son calibradas antes y después de la recolección de la muestra (24 horas ± 1). El flujo total de aire que pasa a través del sistema es controlado por un tercer regulador localizado en la bomba de vacío, que actúa como un escape de alivio. Por último, el sistema está protegido por las trampas de humedad (que pueden contener sílica gel o estar vacías) antes descritas y un filtro para material particulado que se ubica entre la válvula de control central de flujo y la bomba de vacío.

Adicionalmente, el colector de SO₂ va empotrado en una pequeña nevera refrigerada con hielo seco o hielo y una salmuera para mantener el sistema a una baja temperatura.

Los equipos de muestreo de gases deben ser calibrados para obtener un flujo que se ajuste a la tasa recomendada (entre 180 y 220 ml/min para SO₂ y entre 150 y 200 ml/min para NO₂), a efecto de lograr muestras representativas. El procedimiento consiste en conectar un dispositivo electrónico, al cual se conecta el tren de succión del equipo, y a través de una lectura digital se corrobora y gradúa el flujo de succión del equipo.

- Calibración de equipos

El caudal del flujo en el equipo muestreador de gases – Rack, debe ser verificado y calibrado antes de poner el equipo en funcionamiento para recolección de la muestra (cada

24 horas). De esta manera, cada muestra diaria tendrá registrado un caudal promedio de inicio de monitoreo. Al finalizar el periodo de monitoreo (24 horas +/- 1) se efectúa una verificación del caudal para identificar cambios significativos en el caudal de muestreo.

Antes del inicio del monitoreo, los caudales deben ser calibrados para obtener un flujo de muestreo que se ajuste a la tasa especificada, que a condiciones estándar debe estar entre 180 y 220 ml/min para SO₂ y entre 150 y 200 ml/min para NO₂ en la entrada de cada Impactador de muestreo, con el fin de lograr muestras representativas.

El procedimiento de calibración se puede llevar a cabo con una probeta aforada, previo llenado de impactadores con 50 ml de agua destilada (para verificación) o con la solución absorbente correspondiente (para muestreo).

- Procedimiento de calibración

Para la calibración se emplea una probeta graduada y un medidor de flujo Buck-VSS, en grandes rasgos para la calibración de equipos impactadores o rack de gases se siguen los siguientes ítems:

- Llenado de impactadores con 50 ml de solución absorbente.
- Prueba de fugas o prueba de hermeticidad, se efectúa una revisión de uniones, y por medio la bomba se verifica durante veinte segundos que no se presente burbujeo en los impactadores. Este procedimiento confirma la prueba de fugas del sistema de muestreo.
- Conexión de una probeta plástica aforada a la entrada de la muestra de uno de los impactadores que contienen soluciones de muestreo.
- Verificación del funcionamiento de los burbujeadores en el sistema de muestreo.
- Formación de una burbuja, introduciendo la boca de la probeta en la solución jabonosa y retirándola de forma vertical.
- Medición y registro del tiempo que recorre la burbuja entre las marcas de volumen conocido en la probeta aforada; se verifica el volumen que recorre la burbuja durante un (1) minuto y se extrapola el valor del flujo de acuerdo a la **Tabla 1-45**.
- Con los datos de tiempo y volumen desplazado se podrá calcular el caudal de succión a condiciones actuales; estos datos deben ser corregidos para identificar el caudal estándar de succión con el cual se toma la muestra.
- Realización de los ajustes pertinentes en el controlador central del flujo del sistema y en cada una de las válvulas independientes, para garantizar un caudal entre 180 y 220 mL/min para SO₂ y entre 150 y 200 para NO₂ (std)⁴⁰ en la entrada del flujo de muestreo de cada uno de los impactadores que contienen solución absorbente.

⁴⁰ A condiciones estándar.

- Se repite la verificación del flujo como mínimo tres veces y se promedian los datos. Se divide el volumen corregido por el tiempo promedio para determinar la tasa de flujo.
- La tasa de flujo deberá localizarse entre 180 y 220 mL/min para SO₂ y entre 150 y 200 para NO₂ (std), si no se cumple esta condición, se repite el procedimiento.

Tabla 1-45 Relación volumen – tiempo, para la calibración del rack de gases, para el proyecto mayo - junio 2016.

Volumen parcial recorrido (ml)	Tiempo (segundos)	Flujo (ml/min)
50	15	200
100	30	
150	45	

Fuente: Daphnia Ltda., 2016.



Fotografía 1-12 Calibración del muestreador de gases con probeta aforada.

Fuente: Daphnia Ltda., 2016.

1.5.12.3 Determinación de Monóxido de Carbono (CO)

El método de referencia para determinar la concentración de monóxido de carbono en el aire ambiente, es el de absorción infrarroja por medio de un fotómetro no dispersivo, EPA e-CFR Título 40, Parte 50, Apéndice C. El método de referencia se basa en la capacidad que tiene el monóxido de carbono para absorber la energía de determinadas longitudes de onda y consiste en medir la radiación infrarroja absorbida por el monóxido de carbono mediante un fotómetro no dispersivo.

El método de medición para el monitoreo de monóxido de carbono en la atmósfera es la fotometría Infrarroja No Dispersiva. Este procedimiento cumple con los estándares establecidos por la EPA, en el CFR 40 (Parte 53, Apéndice C), en donde se consigna lo referente al principio del método, y en el *Quality Assurance Handbook for Air Pollution*

Measurement Systems. (Volume II, Part 1. August of 1998), en donde se describen los procesos de calibración.

En este método la radiación infrarroja se hace pasar a través de una celda que contiene el gas de muestra que se desea analizar, y la absorción cuantitativa de energía por el CO es medida por un detector apropiado en un fotómetro no dispersivo.

Para determinar la concentración de monóxido de carbono en la muestra conforme al método de referencia, se ajusta la sensibilidad del fotómetro a la capacidad de absorción de energía del monóxido de carbono, empleando monóxido de carbono patrón, ya sea en el detector o en una celdilla de filtración en el trayecto óptico, determinando así las longitudes de onda de interés.

La absorción registrada en el fotómetro es convertida en una señal eléctrica de salida, la cual tiene una correspondencia con la concentración de monóxido de carbono contenido en la muestra de aire.

- Equipo Utilizado

Para la evaluación de la concentración de Monóxido de Carbono (CO) se empleó el equipo: Analizador de Monóxido de Carbono Ambiental (*Ambient CO Analyzer*). Las especificaciones del equipo se presentan en la **Tabla 1-46**.

Método de Operación: Fotometría Infrarroja No Dispersiva. Los analizadores de monóxido de carbono se calibran al iniciar su funcionamiento y cada tres meses con un procedimiento de puntos múltiples, el cual consiste en chequear con diferentes concentraciones de CO, incluida la concentración cero, una linealidad adecuada en la respuesta de los monitoreos y por lo tanto darle validez a la interpolación de valores en la operación normal del equipo.

Tabla 1-46 Especificaciones técnicas del equipo empleado para la medición de Monóxido de Carbono (CO) en el monitoreo de calidad del aire en el área de influencia del proyecto, mayo - junio 2016.

Especificaciones del Equipo <i>Ambient CO Analyzer Model 48C</i>	
Método de análisis	Fotometría infrarroja no dispersiva
Rangos de Medición	0 - 1, 2, 3, 10, 20, 50, 100, 200, 500, 1000 ppm
Límite mínimo detectable mínimo	0,10 ppm
Desviación del cero, 24 horas	+/- 0.2 ppm.
Desviación del gas patrón, 24 horas	+/- 1% de la escala total.
Precisión	+/- 0,1 ppm
Linealidad	+/- 1%
Tasa de flujo	0,5 - 2 Litros/minuto
Temperatura de operación	Preferiblemente debe operarse en el rango de 15 a 35°C (Puede ser operado de manera segura en el rango de 5 a 45°C)
Requerimiento de energía	105-125 VAC, 60 Hz 220-240 VAC, 50 Hz 100 Watts

Fuente: Thermo Environmental Instrumens.

- Calibración de equipos

La calibración multipunto de analizadores de calidad del aire consiste básicamente en efectuar al menos tres mezclas de concentración conocida, las cuales se hacen pasar a través de los equipos analizadores con el fin de evaluar la precisión y exactitud de los datos arrojados por dichos equipos.

La verificación de la calibración se efectúa antes de la salida del equipo a campo y la calibración se efectúa cada tres meses.

- **Procedimiento de calibración o de verificación:**

Calibración del Cero: Se ajusta el sistema para la verificación, de manera que ingrese únicamente el flujo de aire cero al equipo. El caudal medido en el manómetro debe ser levemente mayor al flujo registrado por el equipo. Paralelamente a este procedimiento se ubica el multímetro en los puertos de salida análogos y se verifica que el voltaje de salida sea cero.

- Calibración del gas patrón Span (concentración más alta): Para la calibración se cambia el modo de ejecución del equipo a Span, una vez se establece la lectura, se procede al ajuste del Span con los interruptores correspondientes, hasta que la lectura corresponda con la concentración del gas registrada como patrón, obteniéndose 10 datos cada 10 segundos.
- Verificación de concentraciones intermedias: Una vez se ajustan los interruptores correspondientes a las lecturas de los gases patrón Cero y Span, se hacen pasas a través del equipo las concentraciones intermedias de gas patrón y se registran los 10 datos cada 10 segundos.
- Curva de calibración: esta curva enfrenta las concentraciones de CO muestreadas contra sus correspondientes respuestas del analizador. Se calcula la regresión lineal y se establecen los criterios de aceptación de estos procedimientos.
- Criterios de aceptación: los criterios de aceptación de la calibración del equipo, son los que se tienen en cuenta para establecer si un equipo está conforme o no. Los criterios de estas verificaciones los establece el protocolo de calidad de aire y se presentan en la **Tabla 1-47**:

Tabla 1-47 Criterios de aceptación para la calibración del equipo de medición del Monóxido de Carbono (CO), monitoreo de calidad del aire en el área de influencia del proyecto, mayo - junio 2016.

Criterio	Estado	Rango	Observaciones
Pendiente	Excelente	$< 1 \pm 0,05$	Entre respuesta de analizador y concentración de verificación
	Satisfactoria	De $1 \pm 0,06$ a $1 \pm 0,015$	
	No satisfactoria	$> 1 \pm 0,016$	
Intersecto	Satisfactoria	$0 \pm 3\%$	De la escala completa del analizador
	No satisfactoria	$> 0 \pm 3\%$	
Coeficiente de Correlación	Satisfactoria	0,9950 a 1,0000	Respuesta lineal del analizador a concentraciones de verificación
	No satisfactoria	$< 0,9950$	

Fuente: Protocolo para el monitoreo y seguimiento de la calidad de aire, Resolución 2154 de 201.

Para la verificación se realizan los procedimientos anteriores, reportando datos puntuales y en donde se realizan los cálculos para establecer si se cumple el criterio de aceptación establecido en el cual la desviación del Cero debe ser menor del 1% y la del Span menor que 6%.

- Localización y descripción de puntos de monitoreo

El área de influencia del Proyecto de Interconexión Eléctrica Llanos, comprende los municipios de Villavicencio, Acacias y Castilla La Nueva del departamento del Meta.

Para la ubicación de los puntos de monitoreo de calidad del aire se buscó la mayor representatividad, así como también se buscó cobertura de la totalidad del área en estudio; de esta forma, la selección de los puntos de monitoreo considera criterios tales como existencia de zonas sensibles, asentamientos humanos, infraestructura social, infraestructura vial, condiciones topográficas, actividades económicas desarrolladas en la zona, facilidad de instalación de los equipos, dirección del viento predominante, entre otros.

En total se instalaron tres estaciones de monitoreo correspondientes a: Castilla La Nueva (A1), Hacienda La Flor (A2) y Hacienda Cumaribo (A3), las cuales operaron de forma simultánea durante dieciocho (18) días, donde se realizaron mediciones día de por medio para los siguientes contaminantes criterio: Partículas Suspendidas Totales (PST), Partículas Menores a 10 micras (PM10), Dióxido de Azufre (SO₂), Dióxido de Nitrógeno (NO₂) y Monóxido de Carbono (CO).

En la **Tabla 1-48**, se presentan las coordenadas de ubicación y la altura sobre el nivel del mar de las estaciones de monitoreo, en la **Imagen 1-17** la ubicación geográfica (imagen satelital) de las mismas y en la **Tabla 1-49** el registro fotográfico y la descripción de los puntos seleccionados para el monitoreo de calidad del aire realizado entre los meses de mayo y junio de 2016.

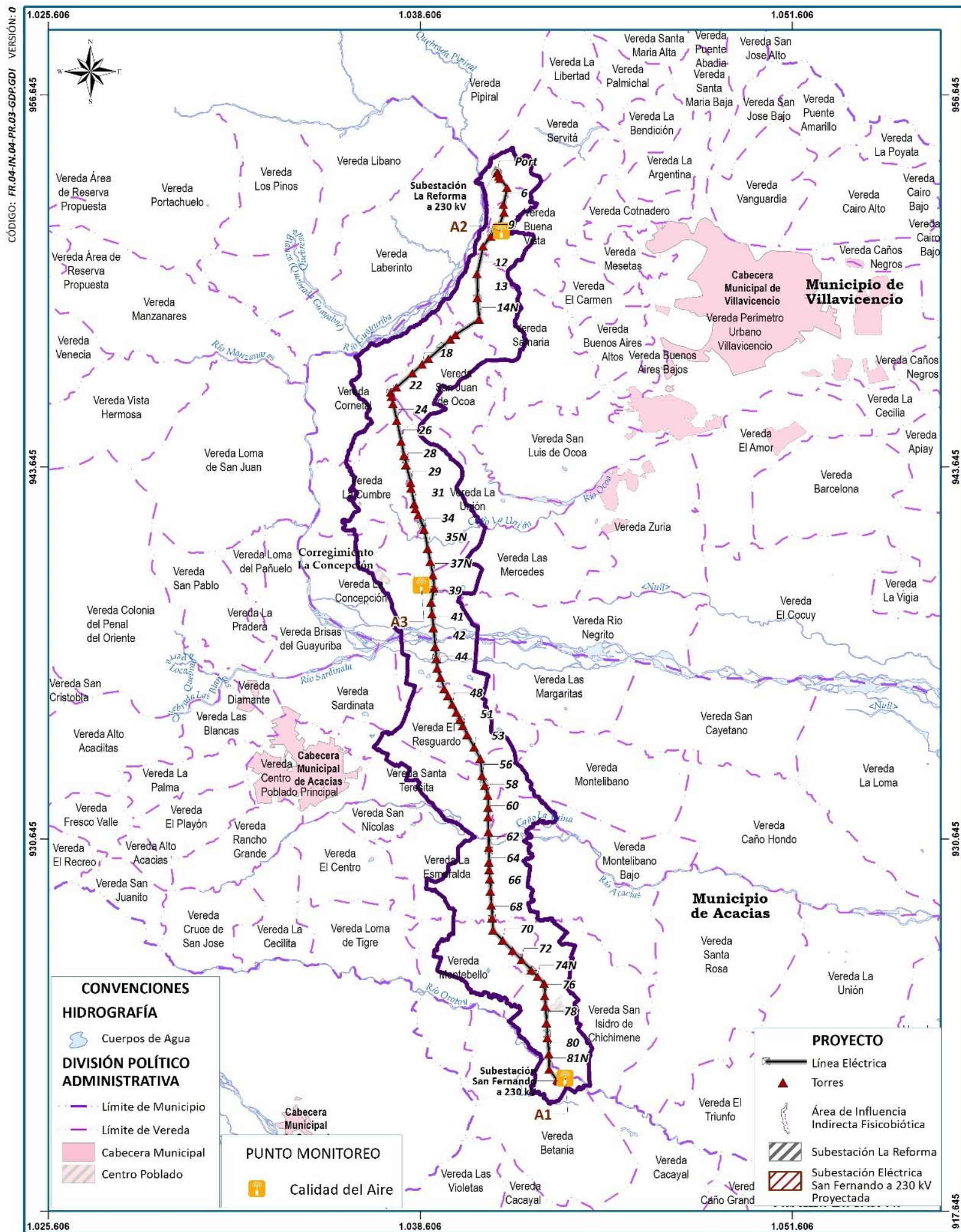
Tabla 1-48 Ubicación específica de las estaciones de monitoreo de calidad del aire en el área de influencia del proyecto, mayo - junio 2016

Código	Punto de monitoreo	Coordenadas planas ⁴¹		Altura (msnm)
		Este	Norte	
A1	Castilla La Nueva	1043668,00	922293,00	448
A2	Hacienda La Flor	1041444,00	951887,00	838
A3	Hacienda Cumaribo	1038639,00	939512,00	510

Fuente: Daphnia Ltda., 2016.

⁴¹ Magna Sirgas – Origen Bogotá Observatorio



Imagen 1-17 Ubicación de las estaciones de monitoreo de calidad del aire en el área de influencia del proyecto, mayo - junio 2016.






PTCalidaAire.mxd

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

Tabla 1-49 Descripción y registro fotográfico de la estación de monitoreo de calidad del aire en el área de influencia del proyecto, mayo - junio 2016.

Punto de monitoreo	Descripción	Registro fotográfico
<p>A1 - Castilla La Nueva</p>	<p>Estación de monitoreo ubicada en el municipio de Castilla La Nueva, a unos 120 metros al sur del río Orotoy y a unos 450 metros al oeste de la vía Chichimene – Castilla La Nueva. A unos 100 metros al sur se localiza la obra de construcción de la subestación 115 y a 1 kilómetro aproximadamente hacia esta misma dirección se ubica la subestación eléctrica San Fernando. Las zonas cercanas circundantes son usadas para el pastoreo de ganado bovino. Entre las principales fuentes de emisión que podrían alterar la calidad del aire se listan: los vehículos que transitan por la vía en mención y la maquinaria y vehículos que intervienen en la obra de construcción de la subestación 15.</p>	 <p>Vista panorámica de la Estación A1</p>  <p>Vista panorámica de la Estación A1</p>

Punto de monitoreo	Descripción	Registro fotográfico
<p>A2 - Hacienda La Flor</p>	<p>Punto de monitoreo ubicado en el municipio de Villavicencio, pasando el túnel Buena Vista (aproximadamente a 200 metros), a un costado de la vía Bogotá – Villavicencio.</p> <p>Dicha vía corresponde a una vía principal por ser de interconexión departamental (Cundinamarca - Meta), por lo cual presenta importante flujo de vehículos de todo tipo (vehículos de carga pesada, livianos y motos).</p> <p>A unos 80 metros al norte se ubica la vivienda de la Hacienda La Flor. El caso urbano del municipio de Villavicencio se ubica al este a unos 7 kilómetros.</p> <p>La calidad del aire en este sector podría resultar alterada por los vehículos que se movilizan por este importante corredor vial.</p>	 <p>Vista panorámica de la Estación A2</p>  <p>Vista panorámica de la Estación A2</p>

Punto de monitoreo	Descripción	Registro fotográfico
<p>A3 - Hacienda Cumaribo</p>	<p>Estación de monitoreo instalada en el municipio de Villavicencio, a unos 300 metros al sur de la vía que interconecta a los municipios de Villavicencio y Acacias. La vivienda dela hacienda Cumaribo se ubica al norte a unos 80 metros.</p> <p>El casco urbano del municipio de Villavicencio se localiza a unos 13 kilómetros al noreste y el casco urbano del municipio de Acacias se ubica al suroeste, aproximadamente a 7 kilómetros.</p> <p>La zona es despejada, en cercanías no se evidencia el desarrollo de alguna otra actividad productiva específica, únicamente se observan algunas zonas para el pastoreo de ganado, establos y corrales.</p> <p>Las principales fuentes de contaminación atmosféricas identificadas corresponden a los vehículos y motos que transitan por la vía en mención.</p>	 <p>Vista panorámica de la Estación A3</p>  <p>Vista panorámica de la Estación A3</p>

Fuente: Daphnia Ltda., 2016.

1.5.12.4 Legislación vigente

A continuación, se presenta la normatividad vigente a nivel nacional que aplica al monitoreo realizado.

- Norma nacional de calidad del aire

La Resolución 610 del 24 de marzo de 2010 del Ministerio de Medio Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT) modifica parcialmente a la Resolución 601 de 2006 que establece la Norma de Calidad del Aire o Nivel de Inmisión, para todo el territorio nacional en condiciones de referencia, en esta se desarrollan los niveles máximos permisibles de contaminantes en la atmósfera; los procedimientos para la medición de la calidad del aire, los programas de reducción de la contaminación del aire y los niveles de prevención, alerta y emergencia y las medidas generales para su mitigación, norma aplicable a todo el territorio nacional.

En el Artículo 2 de la Resolución 610 de 2010 se establecen los niveles máximos permisibles en condiciones de referencia para contaminantes criterio. En la **Tabla 1-50** se pueden observar dichos niveles.

Tabla 1-50 Niveles máximos permisibles para los contaminantes criterios. Resolución 610 de 2010 del MADS.

Niveles máximos permisibles para contaminantes criterio (Resolución 610/2010)			
Contaminante	Unidad	Límite máximo permisible	Tiempo de exposición
PST	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	100	Anual
		300	24 horas
PM10	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	50	Anual
		100	24 horas
SO ₂	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	80	Anual
		250	24 horas
NO ₂	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	100	Anual
		150	24 horas
CO	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	10.000	8 horas
		40.000	1 hora

Fuente: Resolución 610 de 2010.

- Cálculo de concentraciones a condiciones de referencia

De acuerdo con la Resolución 601 de 2006 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible las normas sobre calidad de aire representan concentraciones medias, teniendo en cuenta condiciones de referencia. Por este motivo, para realizar la comparación con la norma y siguiendo los lineamientos específicos dados por la Resolución 650 de 2010, las concentraciones obtenidas deben llevarse a condiciones de referencia es decir, 25°C y 760 mm de mercurio.

Una vez establecidos los datos de variación altitudinal, presión atmosférica y temperatura de los puntos de monitoreo, se puede proceder a la corrección de los resultados obtenidos a condiciones de referencia, con base en estos valores se obtuvieron las concentraciones diarias en cada de uno de los puntos a fin de efectuar la correcta comparación con la norma.

- Cálculo del índice nacional de calidad del aire

El Índice de calidad del Aire (ICA) en Colombia implementado por la Resolución 2154 de 2010, es calculado a partir de la siguiente ecuación, que corresponde a la metodología utilizada por la EPA para el cálculo del AQI.

$$I_p = \frac{I_{Hi} - I_{Lo}}{BP_{Hi} - BP_{Lo}} (CP - BP_{Lo}) + I_{Lo}$$

Dónde:

IP = Índice para el contaminante P

CP = Concentración medida para el contaminante P

BPHi = Punto de corte mayor o igual a CP

BPLo = Punto de corte menor o igual a CP

IHi = Valor del Índice de Calidad del Aire correspondiente al BPHi

ILo = Valor del Índice de Calidad del Aire correspondiente al BPLo

1.5.13 Ruido

La metodología del componente ruido comprendió la identificación de las fuentes de emisión de ruido y los monitoreos realizados en el área de influencia del proyecto. A continuación, se describe la metodología tenida en cuenta para cada una de estas actividades:

- **Identificación de las fuentes de emisión de ruido existentes en la zona:**

En conformidad con los términos de referencia LI-TER-1-01 establecidos por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial en el 2006, se realizó la identificación de las fuentes de emisiones de ruido, existentes en el área de influencia de proyecto. Asimismo, se llevó a cabo la ubicación cartográfica de los asentamientos poblacionales, viviendas, infraestructura social y las zonas susceptibles de contaminación (receptores sensibles).

Para poder realizar la identificación se realizó un recorrido por el área de influencia del proyecto, verificando la información secundaria basada en la interpretación de cartografía.

- Identificación de actividades productivas e industrias asentadas en las veredas que hacen parte del área de influencia.
- Recorridos de identificación de las vías principales que hacen parte del proyecto, las cuales son categorizadas como fuentes lineales de emisión de ruido. Durante

este recorrido se identificaron actividades y/o prácticas que impactan la calidad del aire y la presión sonora del lugar.

- Por las vías secundarias y terciarias, se revisó el estado actual de las mismas y se identificaron actividades impactantes.
 - identificación de actividades, prácticas y procesos productivos que impactan la calidad del aire.
 - Ejecución de aforos vehiculares en las vías de mayor tráfico para tener un estimativo del tránsito sobre las mismas y de esta manera poder determinar el grado de importancia sobre el impacto negativo a la presión sonora.
- **Monitoreo de ruido ambiental continuo**

Dentro del marco de la evaluación del ruido ambiental en el área de influencia del Proyecto de Interconexión Eléctrica Llanos, se efectuaron sonometrías de una (1) hora (diurna y nocturna), con un tiempo de integración de cinco (5) segundos, durante dos (2) días (uno hábil y uno festivo), en catorce (14) estaciones de monitoreo, las cuales se localizan en el área de influencia determinada.

Según la posición de orientación del sonómetro: norte, sur, este, oeste y vertical hacia arriba, se realizaron capturas de datos con intervalos de tiempo distribuidos uniformemente, determinando finalmente el nivel equivalente de presión sonora integrado de todas las direcciones (LAeq en dB(A)).

1.5.13.1 Consideraciones Técnicas

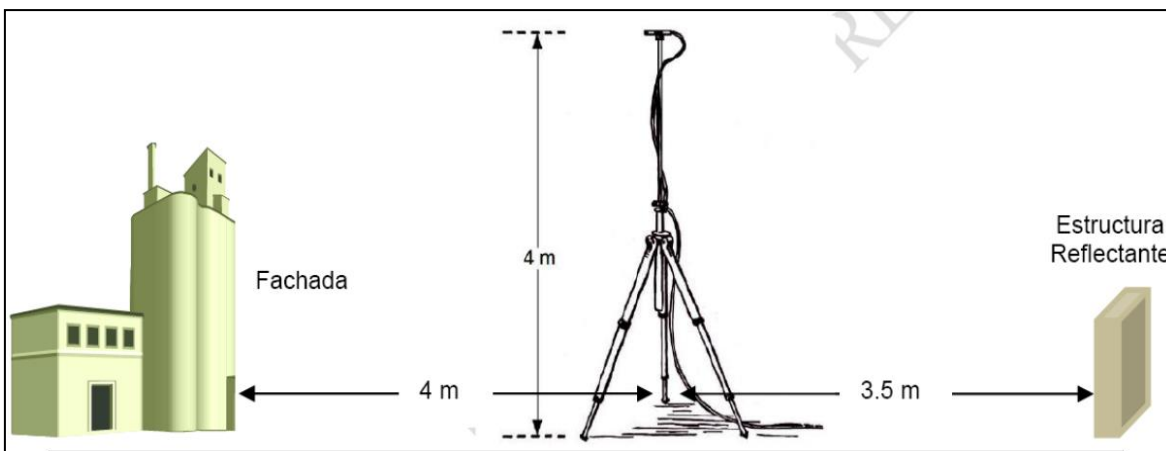
Las lecturas se tomaron en conformidad a la siguiente configuración de filtros y tiempos de respuesta: filtros de tercios de octava (<1/3>), filtro de ponderación de frecuencia A, respuesta rápida (F), banda ancha (<SLM>) y respuesta por impulsos (I), a fin de cuantificar los niveles equivalentes de presión sonora y realizar la comparación de éstos con la normatividad ambiental vigente: Resolución 627 de 2006.

Los sonómetros fueron instalados a una altura de cuatro (4) metros medidos a partir del suelo y a una distancia equidistante de las fachadas, barreras o muros existentes a ambos lados del punto de medición. El soporte que sostiene el micrófono debe estar en una posición totalmente vertical. Si no existen fachadas, barreras o muros en uno de los costados, el punto se sitúa a una distancia de cuatro (4) metros medidos horizontalmente desde el costado que las posea. Si no existen en ninguno de los costados, se toma el punto equidistante entre los límites del espacio público correspondiente. Bajo ninguna circunstancia se pueden efectuar mediciones bajo puentes o estructuras similares.

Para minimizar la influencia de la reflexión del sonido, las mediciones se deben realizar, por lo menos a 3,5 metros de cualquier estructura reflectante, diferente al nivel del terreno.

A continuación, en la **Imagen 1-18**, se ilustra el esquema de altura de instalación del sonómetro y distancias horizontales de ubicación de barreras frente a la ubicación adecuada del punto de medición de ruido ambiental.

Imagen 1-18 Esquema de ubicación de las estaciones de monitoreo de ruido ambiental



Fuente: Protocolo para la medición de emisión de ruido, ruido ambiental y realización de mapas de ruido, modificado Daphnia Ltda.

Durante todo el monitoreo, se utilizó pantalla anti viento para la protección del micrófono y para disipar la acción del viento en los casos en que la velocidad sobrepase los 3 m/s, esta pantalla fue colocada en estructura metálica a la altura definida por la norma. Si el promedio de la velocidad del viento es superior a 3 m/s, se efectúan ajustes de acuerdo con las curvas de respuesta suministradas por el fabricante de las pantallas protectoras contra el viento, o se desistirá de la medición en ese momento y se deja constancia en el correspondiente formato e informe.

Así mismo, se realizó un control documental estricto de las precipitaciones, con el propósito de descartar si fuere necesario las mediciones realizadas bajo condiciones de lluvias, lloviznas, truenos o caída de granizo, si se efectuaran las mediciones en cualesquiera de esas condiciones contraindicadas, sus resultados no serán tenidos en cuenta, sin embargo, el monitoreo de ruido ambiental tuvo lugar en condiciones meteorológicas secas, óptimas durante las mediciones.

1.5.13.2 Estado del terreno entre la fuente y el receptor

Los sonómetros se instalaron en catorce (14) estaciones ubicadas en el entorno poblacional cercano y zonas sensibles al área de intervención del Proyecto de Interconexión Eléctrica Llanos.

En el **Capítulo 3**, se presenta la descripción de cada uno de los puntos monitoreados se detalla el estado del terreno, acabados de la superficie, geometría, métodos de control de ruido existentes (si aplica) y presencia de barreras u obstáculos en la zona donde se instaló el sonómetro.

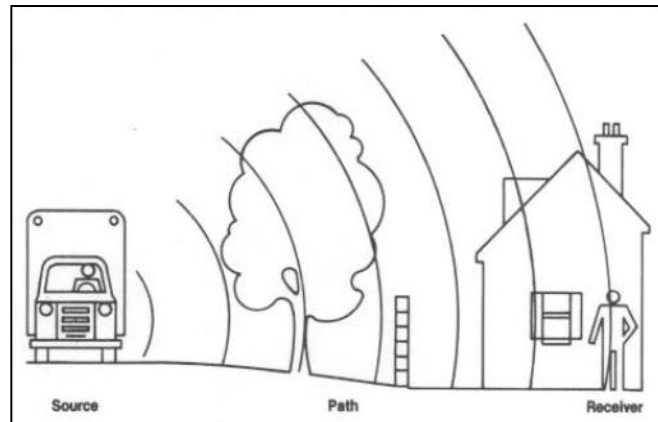
La presencia de obstáculos entre las fuentes de ruido y los puntos de monitoreo que podrían generar fenómenos de reflexión, refracción y dispersión de las ondas sonoras, no obstante, para evitar al máximo estas interferencias de las ondas mecánicas del sonido, los

micrófonos se ubicaron a una altura de cuatro (4) metros siguiendo los lineamientos definidos por la Resolución 627 de 2006.

La dinámica del problema del ruido está basada en la relación entre la fuente de ruido, la persona o el lugar expuesto a ese ruido (llamado generalmente receptor) y el camino por el cual el ruido viaja desde la fuente hasta dicho receptor. La cantidad de ruido puede ser reducida en alguna medida dependiendo de cuán largo sea el camino o si hay algunas barreras a lo largo del mismo.

La severidad del impacto sobre el receptor es función del tipo de actividad que tiene lugar, si es al interior o al exterior, y del tipo de edificación, por ejemplo, si la actividad se realiza al interior de la misma. El impacto del ruido puede ser alterado o mitigado cambiando las características de cualquiera de los tres elementos: fuente, camino o receptor, ver **Imagen 1-19**.

Imagen 1-19 Esquema general de la propagación del ruido



Fuente: HUD The Noise Guidebook.

1.5.13.3 Parámetros a determinar

- **Nivel de presión sonora equivalente diurno (LAeq, d):** nivel sonoro equivalente corregido (incluidos los ajustes KI, KT y KS) evaluado en periodo diurno (entre las 7:01 y las 21:00 horas), cuando se emplea una ponderación A.
- **Nivel de presión sonora equivalente nocturno (LAeq, n):** nivel sonoro equivalente corregido (incluidos los ajustes KI, KT y KS) evaluado en periodo nocturno (entre las 21:01 y las 7:00 horas), cuando se emplea una ponderación A.
- **Nivel percentil L90:** Niveles de excedencia, niveles de presión sonora excedidos durante el 90% del tiempo de muestreo.
- **Nivel percentil L10:** Niveles de excedencia, niveles de presión sonora excedidos durante el 10% del tiempo de muestreo.

1.5.13.4 Cálculos utilizados

Tal como lo señala Resolución 627 de 2006 en el Anexo 3 – Capítulo II: “Procedimiento para la medición de ruido ambiental”, el resultado de la medición es obtenido mediante la siguiente expresión:

$$LAeq = 10. \log\left(\frac{1}{5} * (10^{LN/10} + 10^{LO/10} + 10^{LS/10} + 10^{LE/10})\right)$$

Dónde:

- $LAeq$: Nivel equivalente resultante de la medición
 LN : Nivel equivalente medido en la posición del micrófono orientada en sentido norte
 LO : Nivel equivalente medido en la posición del micrófono orientada en sentido oeste
 LS : Nivel equivalente medido en la posición del micrófono orientada en sentido sur
 LE : Nivel equivalente medido en la posición del micrófono orientada en sentido este

1.5.13.5 Ajustes K

En lo que respecta a los ajustes, las mediciones se corrigieron por bajas frecuencias (K_s), por tonalidades (K_T) y por impulsos (K_I). Se debe resaltar que los niveles corregidos de presión sonora, son los que se compararon con los estándares máximos permisibles de ruido ambiental como se establece en el Artículo 6 “Ajustes” parágrafo segundo de la Resolución 627 de 2006.

Los resultados no se corrigieron por horario ya que el valor calculado del $LAeq$ se realizó tanto para horario diurno como nocturno ($LAeq, d$ y $LAeq, n$), tampoco se efectuaron correcciones por condiciones meteorológicas, debido a que durante la ejecución del monitoreo las velocidades del viento no excedieron lo 3 m/s, ni se presentó ocurrencia lluvias, lloviznas, truenos o granizo.

Las correcciones para los parámetros de medición se efectúan de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$L_{RAeq,T} = L_{Aeq,(T)} + (K_I, K_T, K_S)$$

Dónde:

K_I es un ajuste por impulsos (dB(A))

K_T es un ajuste por tono y contenido de información (dB(A))

K_S es un ajuste para ciertas fuentes y situaciones, por ejemplo, bajas frecuencias (dB(A))

El nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A, solo se corrige por un solo factor K, el de mayor valor en dB(A).

A continuación, se presentan de forma detallada los conceptos, criterios y cálculos utilizados para la aplicación de cada ajuste:

1.5.13.6 Ajuste para ciertas fuentes y situaciones (KS)⁴²

Si el ruido proviene de instalaciones de ventilación y climatización, a bajas frecuencias, se adicionan los siguientes valores a los niveles de presión sonora continuo equivalente con filtro de ponderación A:

5 dB (A) en período diurno.

8 dB(A) en período nocturno.

Para no limitar el aporte de componentes a bajas frecuencias a las instalaciones de ventilación y climatización e incluir otras fuentes que también tienen un aporte significativo a bajas frecuencias, dado que la Resolución 627 del 7 de abril de 2006 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, en su Anexo 1, reconoce la posibilidad de que los ruidos de baja frecuencia puedan ser generados por otras fuentes (ver definición de ruido de baja frecuencia), se determina el aporte de componentes a bajas frecuencias de la siguiente manera:

1. Se analiza la composición espectral en bandas de octava del ruido que se desea calificar. Esta información se requiere para las bandas de octava cuyas frecuencias centrales son: 31.5 Hz, 63 Hz, 125 Hz, 500 Hz, 1000 Hz y 2000 Hz. Debido a que el sonómetro empleado no dispone de niveles sonoros medidos en dB(Z), éstos se obtienen adicionando a la composición espectral expresada en dB(A) la corrección que aparece en la tabla 1 del “Protocolo para la medición de emisión de ruido, ruido ambiental y realización de mapas de ruido”, para representar la curva de ponderación Z.

Para obtener los niveles sonoros medidos en dB(Z) en bandas de octava, estos se calculan sumando logarítmicamente los niveles, también en dB(Z), correspondientes a la banda de tercios de octava, cuya frecuencia central coincide con la de la banda de octava normalizada que se está considerando, y los de sus dos bandas laterales, así:

$$L_{f,bo} = 10 \log \left[10^{\left(\frac{L_{fi-1,bto}}{10}\right)} + 10^{\left(\frac{L_{fi,bto}}{10}\right)} + 10^{\left(\frac{L_{fi+1,bto}}{10}\right)} \right]$$

Dónde:

L_{fbo} : Nivel sonoro en la banda de octava que se está considerando, dB(Z).

$L_{fi-1,bto}$: Nivel sonoro en la banda de tercios de octava inmediatamente por debajo de la banda que se está considerando, dB(Z).

42 Universidad de Medellín. “Protocolo para la medición de emisión de ruido, ruido ambiental y realización de mapas de ruido”

$L_{fi, bto}$: Nivel sonoro en la banda de tercios de octava cuya frecuencia central coincide con la de la banda de octava que se está considerando, dB(Z).

$L_{fi+1, bto}$: Nivel sonoro en la banda de tercios de octava inmediatamente por encima de la banda que se está considerando, dB(Z).

2. Se realiza el promedio aritmético de los niveles de presión sonora expresados en dB(Z) para las bandas de octava centradas en 500 Hz, 1000 Hz y 2000 Hz:
3. Se compara el nivel de presión sonora expresado en dB(Z) correspondientes a las bandas centradas en 31.5 Hz, 63 Hz y 125 Hz con el promedio obtenido en el paso anterior.
4. Si en alguna de las bandas indicadas en el paso 3 se obtiene un valor que supera en 5 dB(Z) o más el promedio obtenido en el paso 2, se considera la existencia de componentes significativos en bajas frecuencias.

En ese caso, KS tomará los siguientes valores:

5 dB(A) en período diurno.

8 dB(A) en período nocturno.

Si el ruido no contiene componentes a bajas frecuencias, $KS = 0$.

1.5.13.7 Ajuste por tono y contenido de información KT

El método objetivo para evaluar la percepción de tonos en el ruido se basa en el concepto de psicoacústica de bandas críticas, las cuales son bandas definidas de manera que los tonos fuera de una banda crítica no contribuyen significativamente a la percepción de tonos dentro de esa banda crítica. Si el nivel del tono puro está un cierto número de decibeles por encima del nivel del resto de la señal dentro de la misma banda crítica, el tono se considera perceptible. Dependiendo de la cantidad por encima del nivel de detección del tono puro, se establece una penalización que se calcula al adicionar un cierto número de decibeles al nivel medido con filtro de ponderación A. La penalización está en el intervalo de 0 a 6 dB(A).

La penalización se calcula para cada tono puro presente en la señal. Por último, el mayor valor de todos los valores de penalización calculados se utiliza para corregir el nivel en consideración.

La corrección de nivel KT toma en consideración los componentes tonales del ruido en el lugar de la medición. Los valores son los siguientes:

Por percepción nula de componentes tonales: 0 dB(A).

Por percepción neta de componentes tonales: 3 dB(A).

Por percepción fuerte de componentes tonales: 6 dB(A).

La determinación de la existencia de tonos perceptibles se realiza según el siguiente procedimiento:

1. Se analiza la composición espectral del ruido que se desea caracterizar en bandas de tercios de octava entre 20 Hz y 20000 Hz, obteniendo los niveles sonoros preferiblemente con filtro de ponderación Z o, en su defecto, con filtro de ponderación A. Debido a que el sonómetro empleado no dispone de niveles sonoros medidos en dB(Z), éstos se obtienen adicionando a la composición espectral expresada en dB(A) la corrección que aparece en la tabla 1 del “Protocolo para la medición de emisión de ruido, ruido ambiental y realización de mapas de ruido”, para representar la curva de ponderación Z.
2. Se determinan aquellas bandas en las que el nivel de presión sonora, en dB(Z), es superior a los niveles de presión sonora existente en sus bandas laterales
3. Se calcula la diferencia aritmética entre el promedio aritmético de los niveles de las dos bandas laterales (las bandas situadas inmediatamente por encima y por debajo de la banda que sobresale) y el nivel de la banda que sobresale para el ruido en consideración, con las siguientes ecuaciones:

$$L_s = \frac{L_{fi-1} + L_{fi+1}}{2}$$

$$L_1 = L_{t1} - L_{s1}$$

$$L_2 = L_{t2} - L_{s2}$$

$$L_3 = L_{t3} - L_{s3}$$

Dónde:

L_{t1}: Nivel(es) de presión sonora en la(s) banda(s) considerada(s) entre 20 y 125 Hz.

L_{t2}: Nivel(es) de presión sonora en la(s) banda(s) considerada(s) entre 160 y 400 Hz.

L_{t3}: Nivel(es) de presión sonora en la(s) banda(s) considerada(s) a partir de 500 Hz.

L_{s1}: Promedio aritmético de los niveles de presión sonora de las dos bandas laterales a la(s) banda(s) considerada(s) entre 20 y 125 Hz.

L_{s2}: Promedio aritmético de los niveles de presión sonora de las dos bandas laterales a la(s) banda(s) considerada(s) entre 160 y 400 Hz.

Promedio aritmético de los niveles de presión sonora de las dos bandas laterales a la(s) banda(s) considerada(s) a partir de 500 Hz.

4. Se determina la presencia o ausencia de componentes tonales en las bandas de frecuencia bajas (entre 20 y 125 Hz) a partir del mayor de los valores obtenidos para L₁:

Si $L_1 < 8$ dB(Z), no hay componentes tonales.

Si 8 dB(Z) $\leq L_1 \leq 12$ dB(Z), hay componente tonal neto.

Si $L_1 > 12$ dB(Z), hay componente tonal fuerte.

Se determina la presencia o ausencia de componentes tonales en las bandas de frecuencias medias (entre 160 y 400 Hz) a partir del mayor de los valores obtenidos para L_2 :

Si $L_2 < 5$ dB(Z), no hay componentes tonales.

Si 5 dB(Z) $\leq L_2 \leq 8$ dB(Z), hay componente tonal neto.

Si $L_2 > 8$ dB(Z), hay componente tonal fuerte.

Se determina la presencia o ausencia de componentes tonales en las bandas de frecuencias altas (> 500 Hz) a partir del mayor de los valores obtenidos para L_3 :

Si $L_3 < 3$ dB(Z), no hay componentes tonales.

Si 3 dB(Z) $\leq L_3 \leq 5$ dB(Z), hay componente tonal neto.

Si $L_3 > 5$ dB(Z), hay componente tonal fuerte.

5. Para cada diferencia entre el promedio aritmético de los niveles de las dos bandas laterales a la banda que sobresale y el nivel de la banda que sobresale, resulta un valor para la corrección por tono y contenido de información. Para establecer el valor del ajuste por tono y contenido de información, KT , se toma el mayor de los valores que se obtienen para los tres sectores del espectro (frecuencias bajas, medias y altas). Los valores son los siguientes:

Por percepción nula de componentes tonales: 0 dB(A).

Por percepción neta de componentes tonales: 3 dB(A).

Por percepción fuerte de componentes tonales: 6 dB(A).

Si el ruido no contiene componentes tonales, el valor del ajuste es: $KT = 0$.

1.5.13.8 Ajustes por impulsos (K_I)

El ajuste K_I toma en consideración los componentes impulsivos en el lugar de la medición.

Los valores de K_I en cada caso son:

Por percepción nula de componentes impulsivos: 0 dB(A).

Por percepción neta de componentes impulsivos: 3 dB(A).

Por percepción fuerte de componentes impulsivos: 6 dB(A).

La determinación de la existencia de componentes impulsivos se realiza según el siguiente procedimiento:

1. Se registran los niveles de presión sonora continuo equivalente con filtro de ponderación A y con respuesta por impulsos (I).

2. Se calcula la diferencia entre el nivel de presión sonora continuo equivalente con filtro de ponderación A, determinado con la característica temporal por impulsos, y el nivel de presión sonora continuo equivalente con filtro de ponderación A:

$$L_I = L_{AI} - L_{Aeq,T}$$

Dónde:

L_{AI} : Nivel de presión sonora continuo equivalente con filtro de ponderación A, determinado con la característica temporal por impulsos.

$L_{Aeq,T}$: Nivel de presión sonora continuo equivalente con filtro de ponderación A, determinado con respuesta lenta.

El ruido que se evalúa tiene componentes impulsivos si se perciben sonidos de alto nivel de presión sonora y duración corta. Para evaluar de manera detallada la presencia de componentes impulsivos se establece:

Si $L_I < 3$ dB(A), no hay componentes impulsivos.

Si 3 dB(A) $\leq L_I \leq 6$ dB(A), hay percepción neta de componentes impulsivos.

Si $L_I > 6$ dB(A), hay percepción fuerte de componentes impulsivos.

Si el ruido no contiene componentes impulsivos, el valor del ajuste es: $K_I = 0$.

1.5.13.9 Incertidumbre estándar combinada

En cumplimiento al Artículo 21 – Capítulo IV de la Resolución 627 de 2006 y con base en lo descrito en ISO/EIC Guide 98-3:2008 Uncertainty of measurement – Part 3: Evaluation of measurement data — Guide to the expression of uncertainty in measurement, para el cálculo de la incertidumbre tipo A se emplean las siguientes ecuaciones:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n x_k$$

$$S^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$$

$$S = \sqrt{S^2}$$

$$S^2(\bar{x}) = \frac{S^2(x_k)}{n}$$

Dónde:

\bar{x} : Promedio aritmético.

x_k : K-ésimo valor leído.

n : Numero de datos, leídos por el instrumento.

k, i : Contador de datos.

S^2 : Varianza.

S : Desviación estándar.

$S^2(\bar{x})$: Desviación estándar de la media, incertidumbre estándar tipo A.

Por otro lado la incertidumbre estándar tipo B, corresponde en este caso a la incertidumbre instrumental y dado que los sonómetros son sometidos a verificación de calibración corresponde a la reportada por el fabricante.

Para el cálculo de la incertidumbre estándar combinada se emplea la siguiente ecuación, que consiste en la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de las incertidumbres tipo A y B:

$$u_c(x) = \sqrt{u_A^2(x) + u_B^2(x)}$$

Dónde:

$u_c(x)$: Incertidumbre estándar combinada

u_A^2 : Incertidumbre estándar tipo A

u_B^2 : Incertidumbre estándar tipo B



1.5.13.10 Equipos utilizados

Se utilizaron sonómetros integradores Tipo I, SoundPro DL, modelo SP-DL-1-1/3 SLM, esto en conformidad con el Capítulo IV: De los equipos de medida y las mediciones, Artículo 18, de la Resolución 627 de 2006. Antes de iniciar las mediciones, en el sitio de medida, los sonómetros fueron calibrados a 94 dB(A) a condiciones del lugar, para lo cual se utilizó un pistófono o calibrador acústico SLC 407766, esta calibración también se efectuó al finalizar el monitoreo, esto con el propósito de cuantificar la posible variación durante la ejecución del monitoreo.

Para el manejo y procesamiento de los datos se utilizó el software Detection Management Software – DMS, el cual permite descargar los datos desde el sonómetro, además de arrojar estadísticas, tablas y gráficas de los parámetros de interés.

Los equipos que se emplearon para las mediciones y calibración se citan a continuación (**Tabla 1-51**) al igual que las especificaciones técnicas y configuración de los sonómetros empleados (**Tabla 1-52** y **Tabla 1-53**).

Tabla 1-51 Equipos empleados para el monitoreo de ruido ambiental en el área de influencia del proyecto, mayo - junio 2016.

Equipo	Código Interno	Número de Serie	Fecha de calibración
 Sonómetro Tipo 1 SoundPro DL modelo SP-DL-1-1/3 SLM	ETB-231	BLG010012	14 de diciembre de 2015
	ETB-232	BLG090003	25 de enero de 2016
 Calibradores - Pistófonos Exttech Instruments SLC, modelo 407766	ETB-1063	H.270156	21 de mayo de 2015

Fuente: Daphnia Ltda., 2016. Exttech Instruments

Tabla 1-52 Especificaciones técnicas de los sonómetros empleados para el monitoreo de ruido ambiental en el área de influencia del proyecto, mayo - junio 2016.

Especificaciones sonómetros SoundPro DL, modelo SP-DL-1-1/3 SLM	
Clase o tipo:	1
Tipo de medida:	SPL, MAX, MIN, Peak, Ln, Leq, Lavg, Sel, TWA, Taktm, DOSE, PDOSE, Ldn, CNEL, exposición en tiempo real.
Intervalo de registro:	1, 10, 15, 30, 60 segundos
Rango de medida:	5, 10, 15, 30, 60 minutos
Rango de frecuencia:	0 – 140 dB
Tiempo de respuesta:	12,5 Hz a 20 KHz
Filtro de frecuencia:	Rápida, lenta e impulsos
Ratas de intercambio:	1/1, 1/3 Bandas de octava
Ponderación de frecuencias:	3, 4, 5, 6 dB(A) A, C, Z

Fuente: Exttech Instruments, Quest Technologies, 3M.

Tabla 1-53 Configuración de los sonómetros empleados para el monitoreo de ruido ambiental en el área de influencia del proyecto, mayo - junio 2016.

Medidor 1	Medidor 2
Filtro de tercios de octava <1/3>	Banda ancha <SLM>
Filtro de ponderación frecuencial A	Filtro de ponderación frecuencial A
Respuesta rápida (F)	Respuesta por impulsos (I)

Fuente: Daphnia Ltda., 2016.

1.5.13.11 Generación de Isófonas o mapas de ruido⁴³

De acuerdo con los resultados de las mediciones, se procede a elaborar un plano de isófonas o mapa de ruido, siguiendo la metodología y colores recomendados en la Resolución 627 de 2006 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS).

Para la elaboración de las isófonas, se empleó el software ArcGIS, el cual es la herramienta más potente del mercado para manejo de sistemas de información geográfica. Con este Sistema de Información Geográfica - SIG se posibilita la implementación de soluciones a través de un amplio grupo de herramientas de geoprocetamiento. Este software posee soporte para diseño cartográfico sofisticado, herramientas de geoestadística y herramientas avanzadas de modelado para análisis y toma de decisiones.

En este sentido vale la pena reiterar que las herramientas incluidas en el software realizan una predicción de un valor de presión sonora en una posición X e Y desconocida a partir de una serie de puntos con valores conocidos distribuidos en un área de estudio; pero las herramientas no consideran variables tan importantes como la topografía, la presencia de edificios y otras barreras físicas, ni tampoco la variación en altura de las ondas sonoras.

Así que, por ahora, la aplicación sólo considera el desplazamiento horizontal de las ondas sonoras, pero con un elemento a favor, pues la serie de puntos utilizada ya está considerando la atenuación del ruido por las barreras existentes.

1.5.13.12 Interpolación de Kriging

A diferencia del método de interpolación matemática IDW, el Kriging (en mención a su creador) es un método geoestadístico, el cual se fundamenta en las variables regionalizadas y autocorrelacionadas en el espacio. Esta autocorrelación se determina a partir de la elaboración de semivariogramas con los cuales se logra definir el modelo de mejor ajuste, para proceder luego a la interpolación y en el cual se define la distancia máxima o "rango" en donde finaliza la autocorrelación (Demmers, 1999).

43 Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Minas, Maestría en Medio Ambiente y Desarrollo. Medellín, Agosto de 2009. Metodología para el análisis de la dispersión del ruido en aeropuertos, estudio de caso: Aeropuerto Olaya Herrera de la ciudad de Medellín.

Para efectos prácticos, es imposible conseguir valores de datos en cada punto deseado debido a la imprecisión originada en la práctica. Así, la interpolación es importante y fundamental en la representación gráfica y en el análisis y entendimiento de los datos.

El Kriging es un método de interpolación que predice valores desconocidos de los datos observados en las localizaciones conocidas. Surge entonces la necesidad en este estudio de recurrir a técnicas de interpolación como la de Kriging que entregue resultados coherentes con la dinámica de la variable a interpolar, respetando, en la medida de lo posible, la información real suministrada; es por esta razón que este método de interpolación es considerado como el mejor de los estimadores insesgados lineales existentes en la actualidad.

Este método tiene en cuenta tanto el espaciamiento de los puntos en los cuales se tiene información, como su distribución en el dominio a interpolar. Además, considera la variabilidad espacial de los datos, esto lo hace mediante el uso del semivariograma, el cual se construye a partir de la covarianza entre cada par de puntos ubicados a distintas distancias; a éste se ajusta un variograma teórico que represente lo más fielmente la variabilidad de los datos. Cada modelo teórico está asociado a un conjunto de parámetros como el efecto pepita, la meseta y el rango que son determinados a partir de las características de los datos y que posteriormente son usados por Kriging durante la interpolación. El semivariograma establece una distancia efectiva de influencia a partir de la cual se supone que no existe correlación entre los datos (Gallego y Toro, 2006).

En general el propósito del método de Kriging, es estimar el valor desconocido de una variable en un punto con coordenadas específicas usando, en la mayoría de los casos, un estimador lineal de n valores conocidos de la variable a interpolar, minimizando la varianza del error cuadrático medio del campo espacial interpolado.

Se busca representar los valores que puede tomar la variable dentro del área de estudio mediante una función aleatoria. Este estimador involucra una matriz de pesos, la cual es construida a partir de cada uno de los datos y su relación con los demás en función de su separación.

El valor estimado por esta metodología es aquel que minimiza la varianza del error de la estimación y debe ser un estimador insesgado. Es de gran importancia conocer que la superficie de interpolación obtenida con Kriging mantiene los datos puntuales con los cuales se hace la estimación.

1.5.13.13 Localización y descripción de puntos de monitoreo

El Proyecto de Interconexión Eléctrica Llanos, inicia en la subestación La Reforma ubicada en el municipio de Villavicencio, pasa por el municipio de Acacias y finaliza en la subestación San Fernando, ubicada en el municipio de Castilla La Nueva, en el departamento del Meta.

Para la ubicación de los puntos de monitoreo de ruido ambiental se buscó la mayor representatividad, así como también se buscó cobertura de la totalidad del área en estudio; de esta forma, la selección de los puntos de monitoreo considera criterios tales como

existencia de zonas sensibles, asentamientos humanos, infraestructura social, infraestructura vial, entre otros.

Para la ejecución del programa de monitoreo se instalaron catorce (14) estaciones representativas ubicadas en el área de influencia considerada, a fin de evaluar y cuantificar los niveles de presión sonora diurnos (LAeq, d) y nocturnos (LAeq, n), además de los indicadores de ruido ambiental percentiles L90 y L10 y realizar la respectiva comparación de resultados con la normativa ambiental vigente.

Se busca con el monitoreo de ruido ambiental, obtener representatividad en las mediciones, obtener una línea base y tipificar las condiciones de presión sonora del área de influencia determinada.

En la **Tabla 1-54** se presentan las coordenadas de ubicación, en la **Imagen 1-20** se presenta una imagen satelital con la localización específica y en la **Tabla 1-55** el registro fotográfico y una breve descripción de cada uno de los puntos evaluados en el monitoreo de ruido ambiental realizado entre los meses de mayo y junio de 2016.

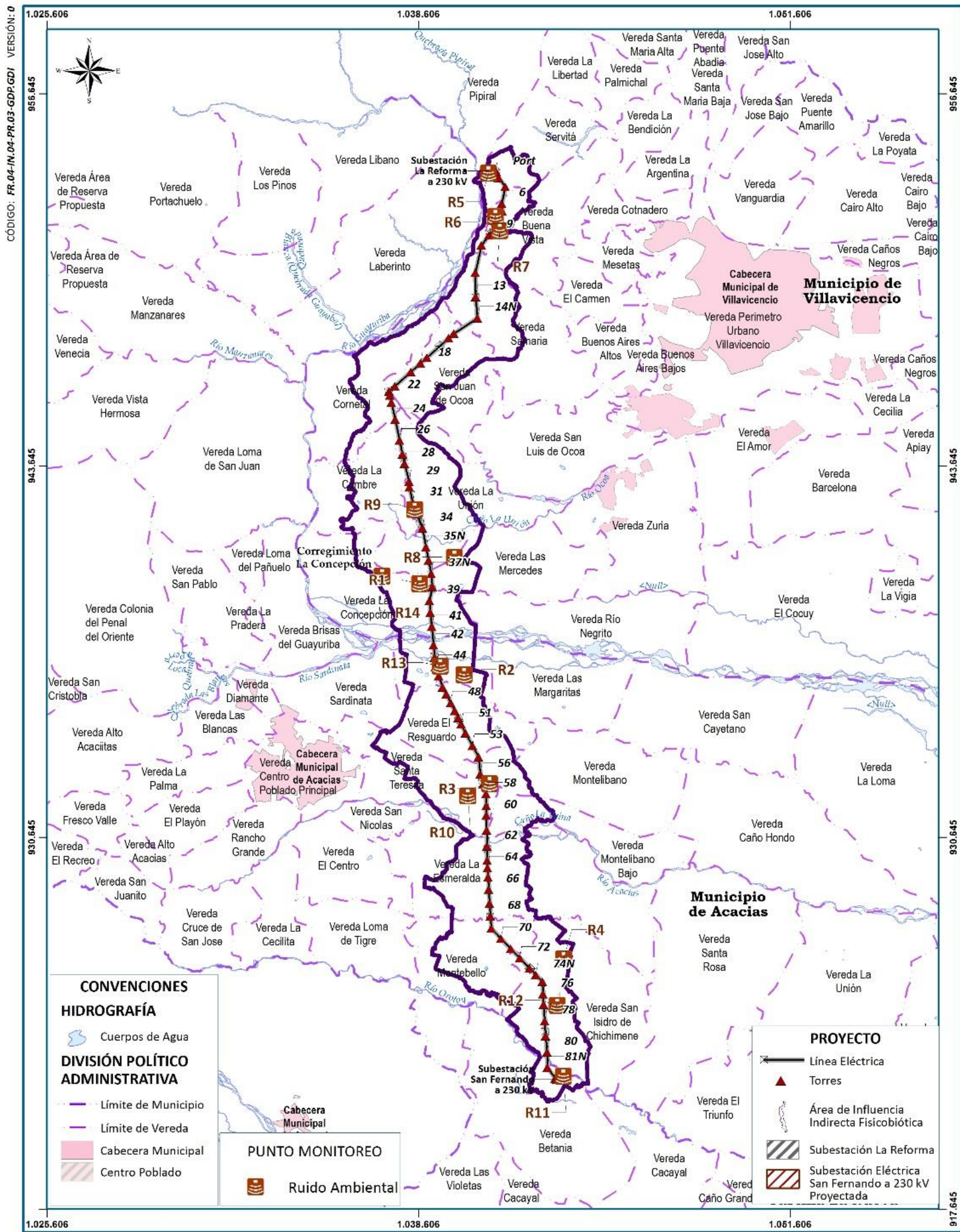
Tabla 1-54 **Coordenadas de ubicación de las estaciones de monitoreo de ruido ambiental en el área de influencia del proyecto, mayo - junio 2016.**

Código	Estación de monitoreo	Coordenadas planas ⁴⁴	
		Norte	Este
RA1	Hacienda Cumaribo	1038639,00	939512,00
RA2	Vereda El Rosario	1040195,00	936331,00
RA3	Vereda Santa Teresita	1041089,00	932524,00
RA4	Estación Chichimene	1043682,00	926397,00
RA5	Subestación La Reforma	1041048,00	953877,00
RA6	Retén de Policía - Hacienda La Flor	1041290,00	952353,00
RA7	Hacienda La Flor	1041448,00	951070,00
RA8	Las Mercedes	1039863,00	940436,00
RA9	Vereda La Concepción	1038468,00	942107,00
RA10	Colegio Santa Teresita	1040326,00	932091,00
RA11	Estación San Bernardo	1043668,00	922293,00
RA12	Colegio San Isidro de Chichimene	1043462,00	924767,00
RA13	Vereda El Rosario - Gravicon	1039362,00	936634,00
RA14	Escuela La Concepción	1037327,00	939783,00

Fuente: Daphnia Ltda., 2016.

44 Magna Sirgas – Origen Bogotá Observatorio.

Imagen 1-20 Localización específica de las estaciones de monitoreo de ruido ambiental en el área de influencia del proyecto, mayo - junio 2016.












PTRuido.mxd

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

Tabla 1-55 Descripción y registro fotográfico de las estaciones de monitoreo de ruido ambiental en el área de influencia del proyecto, mayo - junio 2016.

Punto de monitoreo	Descripción	Registro fotográfico
RA1 - Hacienda Cumaribo	<p>Estación de monitoreo instalada en zona rural del municipio de Villavicencio, en predios de la Hacienda Cumaribo, a unos 80 metros de la vivienda y a unos 320 metros de la vía que interconecta a los municipios de Villavicencio y Acacias.</p> <p>Las zonas circundantes cercanas son usadas para el pastoreo de ganado bobino, aunque también se encuentran algunos establos y corrales para crianza de otros animales.</p> <p>El ruido ambiental está determinado principalmente por la movilización de vehículos y motos por la vía Villavicencio – Acacias, aunque también se percibieron algunos sonidos dados por el uso pecuario en la zona y por el asentamiento de la vivienda rural de la hacienda.</p> <p>Adicionalmente se determinó aporte sonoro dado por sonidos naturales (aves silvestres, insectos, en general de la fauna local y por la acción del viento sobre la vegetación).</p> <p>La zona presenta topografía plana, con presencia predominante de vegetación herbácea y algunas especies arbustivas y arbóreas, las cuales junto con la vivienda y otra infraestructura de la hacienda (corrales, establos) constituyen los principales obstáculos; el sonómetro se instaló en zona con superficie de pasto.</p>	<p>Vista panorámica del Punto RA1</p>
RA2 - Vereda El Rosario	<p>El punto de monitoreo se instaló en zona rural del municipio de Villavicencio, en la vereda El Rosario, a un costado de la vía que conduce a la vereda El Resguardo.</p> <p>Aproximadamente a 1,5 Kilómetros al oeste se encuentra la escuela de la vereda El Resguardo, a unos 500 metros al oeste se ubica la gravillera Gravicon y a unos 250 metros al norte se localiza la vía Acacias – Palomas.</p> <p>Como principales fuentes emisoras de ruido se identificaron los vehículos y motos que transitan por la vía Acacias - Palomas, además se percibió incidencia sonora dada por la operación de maquinaria y vehículos de carga pesada asociados a la empresa Gravicon.</p> <p>Adicionalmente se determinó aporte sonoro dado por sonidos naturales (anfibios, aves silvestres, insectos, en general de la fauna local y por la acción del viento sobre la vegetación).</p> <p>La zona presenta geometría plana, con presencia predominante de vegetación herbácea y algunas especies arbustivas y arbóreas, las cuales constituyen los principales obstáculos; el sonómetro se instaló en zona con superficie de tierra.</p>	<p>Vista panorámica del Punto RA2</p>
RA3 - Vereda Santa Teresita	<p>Estación de monitoreo localizada en el municipio de Acacias, en la vereda Santa Teresita, a un costado de la vía Acacias – Dinamarca – Surimena.</p> <p>A unos 880 metros al suroeste se ubica la escuela Santa Teresita. La cabecera municipal de Acacias se ubica al oeste aproximadamente a 5 kilómetros</p> <p>Dentro de las principales fuentes de emisión de ruido se listan los vehículos y motocicletas que transitan por la vía en mención, aunque de manera esporádica. También se percibió una leve incidencia dada por la población (voces e interacciones sociales).</p> <p>El ruido natural está determinado por los sonidos emitidos por aves silvestres, insectos y en general de la fauna local, además del movimiento de la vegetación por la acción del viento.</p> <p>La zona presenta geometría plana, con presencia de obstáculos (barrera arbórea en ambos costados de la vía), el sonómetro se instaló en zona con acabados de concreto.</p>	<p>Vista panorámica del Punto RA3</p>
RA4 - Estación Chichimene	<p>Estación de monitoreo instalada en zona rural del municipio de Acacias, en el corregimiento San Isidro Chichimene, a un costado de la vía Chichimene – La Esmeralda, a unos 400 metros de la estación Chichimene del Ecopetrol y a unos 60 metros de la bodega Petro Centro.</p> <p>El ruido ambiental está determinado principalmente por la movilización de vehículos y motos por la vía en mención, aunque también se percibieron algunos sonidos procedentes de la operación de la estación Chichimene de Ecopetrol (sonidos contantes de motores) y por el asentamiento de una vivienda rural ubicada a unos 10 metros (sonido de un televisor y de interacciones sociales).</p> <p>Adicionalmente se determinó aporte sonoro dado por sonidos naturales (aves silvestres, insectos, en general de la fauna local y por la acción del viento sobre la vegetación).</p> <p>La zona presenta topografía ondulada, con presencia de vegetación arbustiva y arbórea, la cual, junto con la vivienda, y la infraestructura industrial de la estación Chichimene, constituyen los principales obstáculos; el sonómetro se instaló en terreno con cobertura de gravilla.</p>	<p>Vista panorámica del Punto RA4</p>
RA5 - Subestación La Reforma	<p>El punto de monitoreo se instaló en zona rural del municipio de Villavicencio, en la vereda La Reforma, a un costado de la vía que Bogotá – Villavicencio y a unos 50 metros al oeste de la subestación eléctrica La Reforma.</p> <p>La vía en mención refiere importante flujo vehicular de todo tipo (vehículos livianos, de pasajeros, de carga pesada y motos), al tratarse de una vía principal de conexión interdepartamental.</p> <p>Como principales fuentes emisoras de ruido se identificaron los vehículos y motos que transitan por la vía Bogotá – Villavicencio, además se percibió incidencia sonora de una tienda ubicada a unos 50 metros (música y voces) y una leve incidencia de la subestación eléctrica.</p> <p>Adicionalmente se determinó aporte sonoro dado por sonidos naturales (aves silvestres, insectos, en general de la fauna local y por la acción del viento sobre la vegetación).</p> <p>La zona presenta geometría ondulada, con presencia de vegetación arbórea y arbustiva, las cuales junto con la tienda constituyen los principales obstáculos; el sonómetro se instaló en terreno con acabados en concreto.</p>	<p>Vista panorámica del Punto RA5</p>

Punto de monitoreo	Descripción	Registro fotográfico
RA6 - Retén de Policía - Hacienda La Flor	<p>Estación de monitoreo localizada en el municipio de Villavicencio, a un costado de la vía Bogotá – Villavicencio, pasando el túnel Buena Vista (a unos 300 metros), al frente del retén de Policía y a la entrada de la Hacienda La Flor.</p> <p>La vía en mención refiere importante flujo vehicular de todo tipo (vehículos livianos, de pasajeros, de carga pesada y motos), al tratarse de una vía principal de conexión interdepartamental.</p> <p>Dentro de las principales fuentes de emisión de ruido se listan los vehículos y motocicletas que transitan por la vía Bogotá – Villavicencio.</p> <p>El ruido natural está determinado por los sonidos emitidos por aves silvestres, insectos y en general de la fauna local, además del movimiento de la vegetación por la acción del viento.</p> <p>La zona presenta geometría ondulada, con presencia de obstáculos (árboles en ambos costados de la vía), el sonómetro se instaló en zona con acabados de concreto.</p>	 <p>Vista panorámica del Punto RA6</p>
RA7 - Hacienda La Flor	<p>Estación de monitoreo instalada en zona rural del municipio de Villavicencio, en predios de la Hacienda La Flor, a unos 200 metros de la vía Bogotá – Villavicencio, después del túnel Buena Vista y a unos 80 metros de la vivienda de la Hacienda.</p> <p>La vía Bogotá Villavicencio refiere importante flujo vehicular de todo tipo (vehículos livianos, de pasajeros, de carga pesada y motos), al tratarse de una vía principal de conexión interdepartamental.</p> <p>El ruido ambiental está determinado principalmente por la movilización de vehículos y motos por la vía Bogotá – Villavicencio, aunque también se percibieron algunos sonidos dados por el desarrollo de algunas actividades, como la cría de aves de corral y por el asentamiento de la vivienda rural de la hacienda.</p> <p>Adicionalmente se determinó aporte sonoro dado por sonidos naturales (aves silvestres, insectos, en general de la fauna local y por la acción del viento sobre la vegetación).</p> <p>La zona presenta topografía ondulada, con presencia predominante de vegetación herbácea y especies arbustivas y arbóreas, las cuales, junto con la vivienda, constituyen los principales obstáculos; el sonómetro se instaló en zona con superficie de pasto.</p>	 <p>Vista panorámica del Punto RA7</p>
RA8 - Las Mercedes	<p>Estación de monitoreo instalada en zona rural del municipio de Villavicencio, en el sector conocido como “Las Mercedes”, a un costado de la vía que interconecta a los municipios de Villavicencio y Acacias.</p> <p>La vía en mención presenta importante tránsito vehicular de todo tipo, desde motas hasta vehículos de carga pesada.</p> <p>El ruido ambiental está determinado principalmente por la movilización de vehículos y motos por la vía Villavicencio – Acacias, aunque también se percibieron algunos sonidos dados por puestos de venta de piña a unos pocos metros a un costado de la vía.</p> <p>Adicionalmente se determinó aporte sonoro dado por sonidos naturales (gallo, aves silvestres, insectos, en general de la fauna local y por la acción del viento sobre la vegetación).</p> <p>La zona presenta topografía plana, con presencia predominante de vegetación herbácea y algunas especies arbustivas y arbóreas, las cuales constituyen los principales obstáculos; el sonómetro se instaló en zona con superficie de pasto.</p>	 <p>Vista panorámica del Punto RA8</p>
RA9 - Vereda La Concepción	<p>Estación de monitoreo localizada en el municipio de Villavicencio, en la vereda La Concepción, en cercanías de la vía veredal.</p> <p>Aproximadamente a 2,5 kilómetros al sur se ubica la vía Villavicencio – Acacias y a unos 100 metros al este se ubica una pequeña vivienda rural.</p> <p>El ruido ambiental en este punto está determinado principalmente por sonidos de origen natural, emitidos por aves silvestres, insectos y en general de la fauna local, además del movimiento de la vegetación por la acción del viento. Es este punto no se perciben sonidos procedentes del tránsito vehicular o de población.</p> <p>La zona presenta geometría levemente ondulada, con presencia de obstáculos (algunas especies arbóreas), el sonómetro se instaló en zona con cobertura de pasto.</p>	 <p>Vista panorámica del Punto RA9</p>
RA10 - Colegio Santa Teresita	<p>Estación de monitoreo localizada en el municipio de Acacias, en la vereda Santa Teresita, al frente del Colegio Santa Teresita y a un costado de la vía Acacias – Dinamarca – Surimena.</p> <p>A unos 10 metros al sur se localiza una vivienda rural. La cabecera municipal de Acacias se ubica al oeste aproximadamente a 4,8 kilómetros</p> <p>Dentro de las principales fuentes de emisión de ruido se listan los vehículos y motocicletas que transitan por la vía en mención, aunque de manera esporádica. También se percibió incidencia dada por la población estudiantil (día hábil, voces e interacciones sociales), de los habitantes de la vivienda (música y conversaciones) y de los trabajadores de un cultivo de palma cercano.</p> <p>El ruido natural está determinado por los sonidos emitidos por aves silvestres, insectos y en general de la fauna local, además del movimiento de la vegetación por la acción del viento.</p> <p>La zona presenta geometría plana, con presencia de obstáculos (barrera arbórea en ambos costados de la vía, vivienda rural e infraestructura del colegio), el sonómetro se instaló en zona con acabados de concreto y gravilla.</p>	 <p>Vista panorámica del Punto RA10</p>

Punto de monitoreo	Descripción	Registro fotográfico
<p>RA11 - Estación San Bernardo</p>	<p>El punto de monitoreo se instaló en zona rural del municipio de Castilla La Nueva, a unos 80 metros al sur del río Orottoy, a unos 100 metros al sur se encuentra la obra de la subestación 15, a unos 400 metros al este se encuentra la vía Chichimene – Castilla La Nueva.</p> <p>Durante la ejecución del monitoreo esta estación de monitoreo es la única que refiere incidencia del proyecto de interconexión eléctrica, dada por la obra de construcción de la subestación 15, aunque el aporte sonoro es muy leve, por ello, el ruido ambiental en este punto está determinado principalmente por sonidos de origen natural, emitidos por aves silvestres, insectos y en general de la fauna local, además del movimiento de la vegetación por la acción del viento.</p> <p>Es este punto no se perciben sonidos procedentes del tránsito vehicular o de población. La zona presenta geometría plana, con presencia de vegetación arbórea y arbustiva, las cuales constituyen los principales obstáculos; el sonómetro se instaló en terreno con cobertura de pasto.</p>	 <p>Vista panorámica del Punto RA11</p>
<p>RA12 - Colegio San Isidro de Chichimene</p>	<p>Estación de monitoreo instalada en el municipio de Acacias, en el centro poblado rural de San Isidro Chichimene, en el colegio que lleva el mismo nombre, a unos 10 metros al oeste de la iglesia de la vereda, a un costado de la vía principal de Chichimene y a unos 100 metros del cruce a La Esmeralda.</p> <p>El ruido ambiental está determinado principalmente por la movilización de vehículos y motos por la vía de Chichimene, aunque también se percibió alteración sonora dada por dinámicas de la población estudiantil (en el día hábil, voces, gritos, interacciones sociales), de habitantes y de asistentes de la iglesia.</p> <p>Adicionalmente se determinó aporte sonoro dado por sonidos naturales (aves silvestres, insectos, en general de la fauna local y por la acción del viento sobre la vegetación).</p> <p>La zona presenta topografía plana, donde la presencia de viviendas, infraestructura del colegio y la iglesia constituyen los principales obstáculos; el sonómetro se instaló en terreno con cobertura de concreto.</p>	 <p>Vista panorámica del Punto RA12</p>
<p>RA13 - Vereda El Rosario - Gravicon</p>	<p>El punto de monitoreo se instaló en zona rural del municipio de Villavicencio, en la vereda El Rosario, a un costado de la vía Acacias – Palomas, a unos 100 metros al este de la Granillera Gravicon y RP.</p> <p>Como principales fuentes emisoras de ruido se identificaron los vehículos y motos que transitan por la vía Acacias - Palomas, además se percibió incidencia sonora dada por la operación de maquinaria y constante movilización de vehículos de carga pesada asociados a la empresa Gravicon.</p> <p>Adicionalmente se determinó aporte sonoro dado por sonidos naturales (anfibios, aves silvestres, insectos, en general de la fauna local y por la acción del viento sobre la vegetación).</p> <p>La zona presenta geometría plana, con presencia predominante de vegetación herbácea y algunas especies arbustivas y arbóreas, las cuales constituyen los principales obstáculos; el sonómetro se instaló en zona con superficie de concreto.</p>	 <p>Vista panorámica del Punto RA13</p>
<p>RA14 - Escuela La Concepción</p>	<p>Estación de monitoreo instalada en el centro poblado rural La Concepción o la Cuncia del municipio de Villavicencio, al lado del Colegio de la vereda, a unos 20 metros al sur del polideportivo, a un costado de la vía principal del centro poblado y a unos 120 metros al norte de la vía que interconecta a los municipios de Villavicencio y Acacias.</p> <p>El ruido ambiental está determinado principalmente por la movilización de vehículos y motos por las vías cercanas, aunque también se percibieron sonidos dados por la población estudiantil (voces, conversaciones, gritos, desarrollo de prácticas deportivas en el polideportivo) y de los habitantes del sector (música, interacciones, voces).</p> <p>Adicionalmente se determinó aporte sonoro dado por sonidos naturales (perros, aves silvestres, insectos, en general de la fauna local y por la acción del viento sobre la vegetación).</p> <p>La zona presenta topografía plana, con presencia de vegetación herbácea y algunas especies arbustivas y arbóreas, las cuales, junto con las viviendas cercanas, infraestructura del colegio del polideportivo, constituyen los principales obstáculos; el sonómetro se instaló en zona con acabados en cemento.</p>	 <p>Vista panorámica del Punto RA14</p>

Fuente: Daphnia Ltda., 2016.

1.5.13.14 Legislación vigente

- **Norma nacional de ruido ambiental**

Con el fin de prevenir y controlar las molestias, las alteraciones y la pérdida auditiva ocasional en la población expuesta por los niveles de presión sonora, la Resolución 627 del 7 de abril de 2006 “Por la cual se establece la norma nacional de emisión de ruido y ruido ambiental” en su Artículo 17 normaliza los estándares máximos permisibles de niveles de ruido ambiental expresados en decibeles ponderados A (dB(A)), que se ilustran en la **Tabla 1-56**.

Tabla 1-56 Estándares máximos permisibles de niveles de ruido ambiental expresados en decibeles dB(A)

Sector	Subsector	Estándares máximos permisibles de ruido ambiental en dB(A)	
		Día*	Noche*
Sector A. Tranquilidad y Silencio	A1. Hospitales, bibliotecas, guarderías, sanatorios, hogares geriátricos.	55	45
Sector B. Tranquilidad y Ruido Moderado	B1. Zonas residenciales o exclusivamente destinadas para desarrollo habitacional, hotelería y hospedajes.	65	50
	B2. Universidades, colegios, escuelas, centros de estudio e investigación	65	50
	B3. Parques en zonas urbanas diferentes a los parques mecánicos al aire libre	65	50
Sector C. Ruido Intermedio Restringido	C1. Zonas con usos permitidos industriales, como industrias en general, zonas portuarias, parques industriales, zonas francas.	75	70
	C2. Zonas con usos permitidos comerciales, como centros comerciales, almacenes, locales o instalaciones de tipo comercial, talleres de mecánica automotriz e industrial, centros deportivos y recreativos, gimnasios, restaurantes, bares, tabernas, discotecas, bingos, casinos.	70	55
	C3. Zonas con usos permitidos de oficinas. Zonas con usos institucionales.	65	50
	C4. Zonas con otros usos relacionados, como parques mecánicos al aire libre, áreas destinadas a espectáculos públicos al aire libre, vías troncales, autopistas, vías arterias, vías principales.	80	70
Sector D. Zona Suburbana o Rural de Tranquilidad y Ruido Moderado	D1. Residencial suburbana.	55	45
	D2. Rural habitada destinada a explotación agropecuaria.	55	45
	D3. Zonas de Recreación y descanso, como parques naturales y reservas naturales.	55	45

* Para efectos de aplicación de esta Resolución, para todo el territorio nacional, se establecen los siguientes horarios⁴⁵.

Diurno	Nocturno
De las 7:01 a las 21:00 horas	De las 21:01 a las 7:00 horas

Fuente: Resolución 627 de 2006.

⁴⁵ Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Resolución 627 del 7 de abril de 2006. “Por la cual se establece la norma nacional de emisión de ruido y ruido ambiental” Artículo 2. Horarios.

De acuerdo con el uso del suelo y la clasificación establecida en la Resolución 627 de 2006, la sectorización del área de influencia del Proyecto de Interconexión Eléctrica Llanos, corresponde a: **subsector B2**. Universidades, colegios, escuelas, centros de estudio e investigación, **subsector C1**: Zonas con usos permitidos industriales, como industrias en general, zonas portuarias, parques industriales, zonas francas; **subsector C4**: Zonas con otros usos relacionados, como parques mecánicos al aire libre, áreas destinadas a espectáculos públicos al aire libre, vías troncales, autopistas, vías arterias, vías principales y **Subsector D2**: Zona suburbana o rural de tranquilidad y ruido moderado - Rural habitada destinada a explotación agropecuaria.

A fin de garantizar una mejor interpretación de los resultados obtenidos de las mediciones de ruido ambiental, en función de la clasificación establecida en la Resolución 627 de 2006 de acuerdo al uso del suelo, se presenta en la **Tabla 1-57** la sectorización de uso de cada uno de los puntos ubicados área de influencia determinada.

Tabla 1-57 Clasificación de uso del suelo, según el subsector correspondiente, monitoreo de ruido ambiental en el área de influencia del proyecto, mayo - junio 2016.

Punto de monitoreo	Sector/ Subsector Resolución 627 de 2006	Estándares máximos permisibles de niveles de ruido ambiental en dB (A)	
		Día	Noche
RA10 - Colegio Santa Teresita	Sector B. Tranquilidad y Ruido Moderado. Subsector B2. Universidades, colegios, escuelas, centros de estudio e investigación.	65	50
RA12 - Colegio San Isidro de Chichimene			
RA14 - Escuela La Concepción			
RA13 - Vereda El Rosario - Gravicon	Sector C. Ruido Intermedio Restringido. Subsector C1. Zonas con usos permitidos industriales, como industrias en general, zonas portuarias, parques industriales, zonas francas.	75	70
RA5 - Estación La Reforma	Sector C. Ruido Intermedio Restringido. Subsector C4. Zonas con otros usos relacionados, como parques mecánicos al aire libre, áreas destinadas a espetáculos públicos al aire libre, vías troncales, autopistas, vías arterias, vías principales.	80	70
RA6 - Retén de Policía - Hacienda La Flor			
RA8 - Las Mercedes			
RA1 - Hacienda Cumaribo	Sector D. Zona Suburbana o Rural de Tranquilidad y Ruido Moderado. Subsector D2. Rural habitada destinada a explotación agropecuaria.	55	45
RA2 - Vereda El Rosario			
RA3 - Vereda Santa Teresita			
RA4 - Estación Chichimene			
RA7 - Hacienda La Flor			
RA9 - Vereda La Concepción			
RA11 - Estación San Bernardo			

Fuente: Daphnia Ltda., 2016.

Es importante mencionar que en el área de influencia determinada las únicas vías de clasificación principal corresponden a la vía Bogotá – Villavicencio y la vía Villavicencio – Acacias, por lo cual los puntos de monitoreo ubicados a los costados de estas vías

corresponden al Subsector C4. Las restantes vías no corresponden a esta clasificación, por lo tanto, la incidencia de éstas no altera el uso del suelo.

1.6 Caracterización del Medio Biótico

1.6.1 Flora

La metodología del componente vegetal se realizó en tres etapas, descritas a continuación:

1.6.1.1 Etapa I: Recopilación, descripción y análisis de información secundaria

Durante esta etapa se interpretó la cobertura y se planeó la salida de campo.

- **Elaboración preliminar del mapa de cobertura de la tierra**

La interpretación de las coberturas de la tierra presentes en el área de estudio, se realizó utilizando un conjunto de Imágenes del satélite RAPIDEYE con fechas entre el 15 de Febrero de 2014 y el 27 de Diciembre de 2015, con resolución espectral: 5 Bandas (azul, verde, rojo, red edge e infrarojo cercano), resolución radiométrica: 16 bits y resolución espacial de 5m, utilizada para realizar por medio del software Arcgis 10.2 una clasificación supervisada de las coberturas de la tierra; posteriormente se efectuó un control de calidad y ajuste manual y de esta manera definir las unidades de cobertura vegetal.

Para la interpretación de las coberturas de la tierra, se identificaron polígonos con un nivel de detalle correspondiente a la escala 1:25.000, utilizando la nomenclatura establecida en el sistema de clasificación de las coberturas de la tierra denominado CORINE (Coordination of Information on the Environment) Land Cover empleado en Europa, y ajustada para Colombia por el IDEAM en el 2010.

La unidad mínima utilizada corresponde a 0,03 hectáreas para cuerpos de agua lenticos naturales y 0,5 hectáreas para las demás coberturas. Se utiliza un tamaño de unidad mínima más detallado para los cuerpos de agua lenticos naturales, debido a que son elementos muy sensibles.

- **Planeación salida de campo**

La última parte de la etapa de precampo, consistió en la a planeación de la salida de campo, para lo cual se utilizó la información consultada y el mapa de cobertura elaborado. En esta planeación se realizaron las siguientes actividades:

- Configuración del G.P.S

Se realizó la configuración de los G.P.S. por el área SIG antes de ser entregados a los profesionales que realizaran dicho levantamiento en campo, para garantizar que todos los datos fueran tomados en coordenadas planas, con origen Bogotá Datum Magna Sirgas.

- Ubicación sitios de muestreo

Con el mapa de cobertura preliminar, se identificaron los sitios que por accesibilidad y representatividad pudieran ser utilizados para realizar las parcelas.

- Tamaño y número de parcelas

Se realizaron 83 parcelas, distribuidas por cobertura y bioma, según lo muestra la **Tabla 1-58**.

Tabla 1-58 Tamaño y número de parcelas por cobertura y bioma

BIOMA	COBERTURA	BRINZAL	LATIZAL	FUSTAL	NUMERO PARCELAS
Helobioma	Bosque galeria	2X2	5 x 5	10 x 50	7
	Pastos arbolados			10 x 50	7
	Pastos enmalezados	2X2			5
	Pastos limpios	2X2			2
	Vegetación secundaria alta	2X2	5 x 5	10 x 50	4
	Vegetación secundaria baja		5 x 5		3
Orobioma	Bosque abierto alto inundable	2X2	5 x 5	10 x 50	14
	Pastos arbolados			10 x 50	2
	Pastos enmalezados	2X2			5
	Pastos limpios	2X2			2
	Vegetación secundaria alta	2X2	5 x 5	10 x 50	11
	Vegetación secundaria baja		5 x 5		5
Peinobioma	Bosque galeria	2X2	5 x 5	10 x 50	7
	Pastos enmalezados	2X2			1
	Pastos limpios	2X2			3
	Vegetación secundaria alta	2X2	5 x 5	10 x 50	5
TOTAL					83

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

1.6.1.2 Etapas II: Fase de Campo

La salida de campo se realizó en dos fases. La primera desde el 22 de abril de 2016 hasta el 1 de mayo de 2016, para un total de 10 días de trabajo y la segunda fase desde el 17 de abril de 2017 hasta el 30 de abril de 2017, para un total de 14 días.

A continuación, se describe las generalidades del trabajo realizado en campo:

• **Recursos Utilizados:**

El trabajo de campo fue desarrollado por dos cuadrillas, conformada cada una por un ingeniero forestal, dos auxiliares de campo y un conductor. La cuadrilla recorrió las diferentes zonas del área de estudio, donde se planeó realizar las parcelas forestales. El grupo de trabajo contó con los siguientes elementos de trabajo:

- GPS.
- Formatos para toma de datos.
- Decámetro.
- Cinta diamétrica.
- Cuerda de señalización.
- Pintura.
- Machetes.
- Papel periódico.
- Alcohol.
- Estacas.

El ingeniero forestal era el encargado de anotar datos, manejar el GPS y estimar las alturas totales y comerciales de los fustales inventariados. La función de los auxiliares de campo era la de delimitación de las parcelas de caracterización, medición y marcaje de los individuos, instalación de la placa de identificación de la parcela y asistencia al profesional en la identificación de las especies, proporcionando los nombres vernáculos.

• **Actualización del mapa de cobertura de la tierra**

El mapa de cobertura de la tierra interpretado en oficina, se verificó y actualizo donde fue necesario durante los recorridos de campo. Para ello se realizaron puntos de control y registro fotográfico.

• **Ubicación de las parcelas**

Las coordenadas que definen la ubicación de las parcelas se presentan en la **Tabla 1-59**.

Tabla 1-59 Ubicación de las parcelas

ID	Coordenadas Datum Magna Sirgas, Origen Bogotá		ID	Coordenadas Datum Magna Sirgas, Origen Bogotá		ID	Coordenadas Datum Magna Sirgas, Origen Bogotá	
	ESTE	NORTE		ESTE	NORTE		ESTE	NORTE
Bgr1	1040768,46	930775,44	Baaf29	1040617,31	951160,53	Vsa57	1038575,86	944865,61
Bgr2	1041128,95	930785,22	Baaf30	1038493,33	944434,19	Vsa58	1041265,33	954380,22
Bgr3	1039875,26	925827,07	Baaf31	1040913,62	950041,24	Vsa59	1037670,10	943881,48

ID	Coordenadas Datum Magna Sirgas, Origen Bogotá		ID	Coordenadas Datum Magna Sirgas, Origen Bogotá		ID	Coordenadas Datum Magna Sirgas, Origen Bogotá	
	ESTE	NORTE		ESTE	NORTE		ESTE	NORTE
Bgr4	1040300,44	950665,86	Baaf32	1037504,78	944081,56	Vsa60	1038101,46	947577,42
Bgr5	1041661,97	953338,83	Baaf33	1038146,00	947786,33	Vsb61	1041111,25	947443,86
Bgr6	1038884,84	936768,71	Baaf34	1037852,53	947814,85	Vsb62	1041171,01	947400,43
Bgr7	1040423,60	936629,38	Baaf35	1041780,18	953167,59	Vsb63	1039051,60	946789,05
Pa8	1041417,11	953200,04	Baaf36	1037502,00	942996,00	Vsb64	1040678,00	930930,00
Pa9	1039636,81	937138,38	Baaf37	1040344,66	950844,69	Vsb65	1041660,17	952709,28
Pa10	1039578,88	936824,30	Baaf38	1040591,70	951082,33	Vsb66	1036505,15	943137,63
Pa11	1040774,44	951375,57	Baaf39	1040032,24	946865,25	Bgr67	1039425,52	926214,58
Pa12	1040982,00	931009,00	baaf40	1037914,55	941653,14	Bgr68	1040705,61	941673,93
Pa13	1039259,00	937220,00	Pa41	1041831,16	952925,55	Bgr69	1042422,00	925902,00
Pe14	1041031,97	951719,38	Pa42	1039713,00	947947,00	Bgr70	1042327,00	926310,00
Pe15	1041319,94	930836,51	Pe43	1040310,38	947372,17	Bgr71	1043565,00	925964,00
Pe16	1037836,69	947987,57	Pe44	1041169,22	947419,55	Bgr72	1043083,00	925889,00
Pe17	1039078,00	938026,00	Pe45	1039386,95	946501,14	Bgr73	1041586,00	927742,00
Pe18	1039095,00	937771,00	Pe46	1042019,47	952922,10	Pa74	1043131,00	922930,00
PI19	1041056,05	953614,21	Pe47	1038339,81	948422,15	Pe75	1040232,48	936616,36
PI20	1041074,35	954044,26	PI48	1041179,46	949514,77	PI76	1041458,20	931343,26
Vsa21	1038548,46	936799,42	PI49	1041379,00	949085,00	PI77	1040160,88	936058,22
Vsa22	1039695,07	936726,15	Vsa50	1042430,39	954052,34	PI78	1040972,00	931578,00
Vsa23	1040137,86	936662,32	Vsa51	1042407,94	954086,51	Vsa79	1039672,40	927020,38
Vsa24	1041018,00	930742,00	Vsa52	1040970,70	949778,85	Vsa80	1038756,80	936505,36
Vsb25	1040822,71	930907,61	Vsa53	1041100,84	949301,97	Vsa81	1040215,58	935677,63
Vsb26	1041381,80	930827,58	Vsa54	1040230,28	947474,64	Vsa82	1043304,00	922323,00
Baaf27	1039343,28	946557,07	Vsa55	1038685,37	947114,23	Vsa83	1043012,00	922175,00
Baaf28	1041611,77	952448,83	Vsa56	1042117,29	952884,22			

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

• **Caracterización de la Vegetación por Categoría de Tamaño:**

La caracterización se realizó en tres categorías de tamaño diferentes: brinzales, latizales y fustales.

- **Muestreo de los brinzales:**

Los brinzales y renuevos, correspondían a aquellas plántulas que tuvieran menos de 2,5 centímetros de DAP. Al igual que de altura en las parcelas del herbáceo, estas parcelas se realizaron de dos metros por dos metros. En la **Tabla 1-60** se presentan los datos que se anotaron en las parcelas de brinzales.

Tabla 1-60 Información requerida en brinzales

DATOS SOBRE EL SITIO DE LA PARCELA	DATOS POR BRINZAL O RENUEVO INVENTARIADO
<ul style="list-style-type: none"> • Nombre del proyecto. • Municipio. • Vereda. • Coordenadas del punto central. • Dimensión (siempre será 5m x 5m). • Nombre del ingeniero responsable. • Fecha. • Tipo cobertura. • Número de parcela. • Observaciones de la parcela. 	<ul style="list-style-type: none"> • Nombre común. • Hábito. • Número de individuos en categoría CT1 (DAP < 2,5cm & altura menor de 30 cm). • Número de individuos en categoría CT2 (DAP < 2,5cm & altura mayor de 30 cm).

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

- **Muestreo de los latizales:**

Los individuos que se caracterizaron en esta categoría, correspondían a los individuos cuyo DAP fuera superior a 2,5 centímetros y menor a 10 centímetros. El tamaño de las parcelas fue de 25 m². En la **Tabla 1-61** se presentan los datos que se registraron en estas parcelas.

Tabla 1-61 Información requerida en latizales

DATOS SOBRE EL SITIO DE LA PARCELA	DATOS POR LATIZAL INVENTARIADO
<ul style="list-style-type: none"> • Nombre del proyecto. • Municipio. • Vereda. • Coordenadas del punto central. • Dimensión (siempre será 5m x 5m). • Nombre del ingeniero responsable. • Fecha. • Tipo cobertura. • Número de parcela. • Observaciones de la parcela. 	<ul style="list-style-type: none"> • Nombre común. • Hábito. • Número de individuos en categoría CT3 (altura mayor a 150 cm y DAP mayor a 2,5cm).

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

- **Muestreo de fustales:**

Los fustales corresponden a aquellos individuos con más de 10 centímetros de DAP, se caracterizaron en parcelas de fustales con una dimensión de 500m² (10 m x 50 m). Se utilizaron números consecutivos en cada fustal muestreado. La marca se realizó sobre la corteza, de manera que el número quedara entre 10 y 20 cm de altura. Hay que aclarar que algunos árboles tienen cortezas porosas que absorben rápidamente el color y por ende este no se va a notar; para este tipo de árboles fue necesario raspar la corteza y anotar el número. Las marcas se realizaron con pintura roja (**Fotografía 1-13**).



Fotografía 1-13 Marcación parcelas de Fustales

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

En la **Tabla 1-62** se presentan los datos que se registraron en las parcelas de fustales.

Tabla 1-62 Información requerida en fustales

DATOS SOBRE EL SITIO DE LA PARCELA	DATOS POR FUSTAL INVENTARIADO
<ul style="list-style-type: none"> • Nombre del proyecto. • Municipio. • Vereda. • Coordenadas del punto inicial y del punto final • Azimut. • Dimensiones. • Nombre del ingeniero responsable. • Fecha • Tipo cobertura • Número de parcela • Observaciones de la parcela como la presencia de epifitas, hemiepifitas, bejucos y otras bioformas, relieve, presencia de cuerpos de agua, estado de intervención de la cobertura, uso del suelo y del recurso florístico, usos de las especies encontradas en el área y forma de uso (maderable, construcción de casas, techado de casas, extracción de leña, medicina tradicional, artesanal, sombrío de ganado, etc.). 	<ul style="list-style-type: none"> • Nº. Subparcela • Número consecutivo del individuo muestreado y pintado en el árbol • Nombre común • Altura total y comercial (m). • Circunferencia a la altura del pecho (cm). • Hábito. • Observaciones.

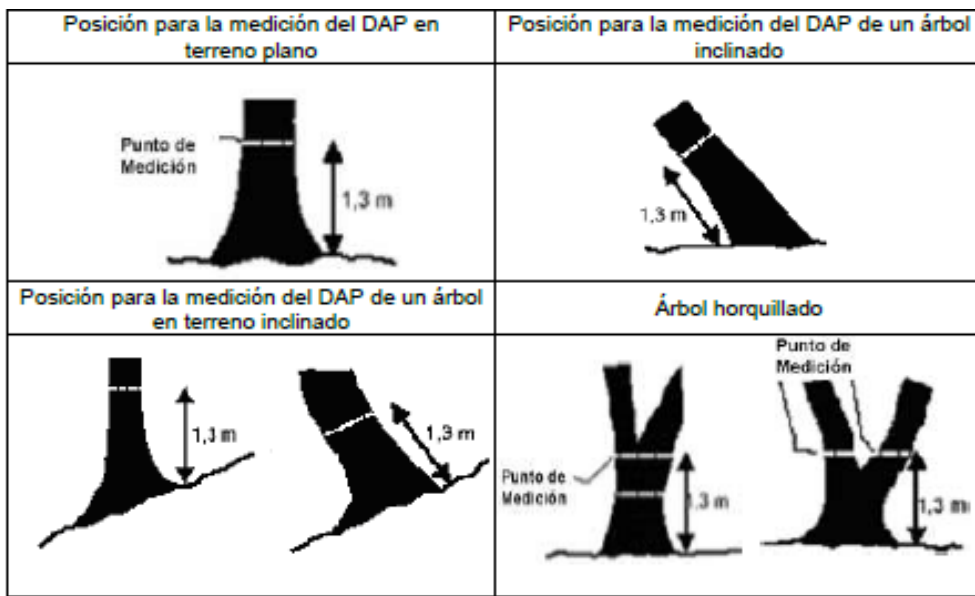
Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

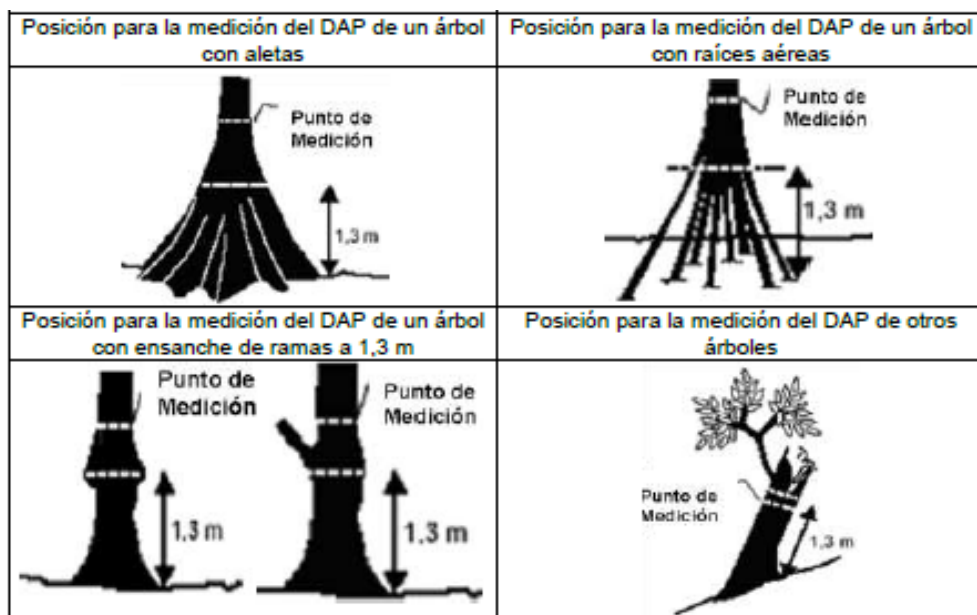
- **Criterios para la medición del Diámetro a la Altura del Pecho (DAP)**

En las parcelas de fustales se censaron todos los individuos arbóreos y palmas que tuvieran el DAP mayor o igual a 10 cm. Para hacer la medición de los individuos se siguieron los criterios, planteados en el manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad del Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. 2006. (Imagen 1-22).

- Medición de los fustes de todos los árboles y arbustos con DAP mayor o igual a 10 cm.
- A los árboles con polifurcaciones por debajo de la altura de referencia (1,3 m), se les midieron todos los fustes más gruesos por separado y se consignaron todos los datos, aunque se dejó el mismo número de individuo.
- Cuando se encontraron árboles inclinados, la medida se tomó aproximadamente midiendo el fuste a la altura de 1,3 metros.
- Cuando a la altura de medición, el fuste no estaba normalizado completamente debido a la presencia de raíces fúlcreas o tablares entre otros, se realizó la medición un poco más arriba donde refleje adecuadamente el volumen del individuo.
- Se incluyeron las palmas y bejucos cuando reunían las condiciones estipuladas con respecto al diámetro. Cuando las palmas presentaron un desarrollo cespitoso a la altura de medición no se tomarán en cuenta debido al sesgo en la información que puede generar, sin embargo, se debe anotar en las observaciones.

Imagen 1-22 Criterios para medición del DAP (diámetro a la altura del pecho)



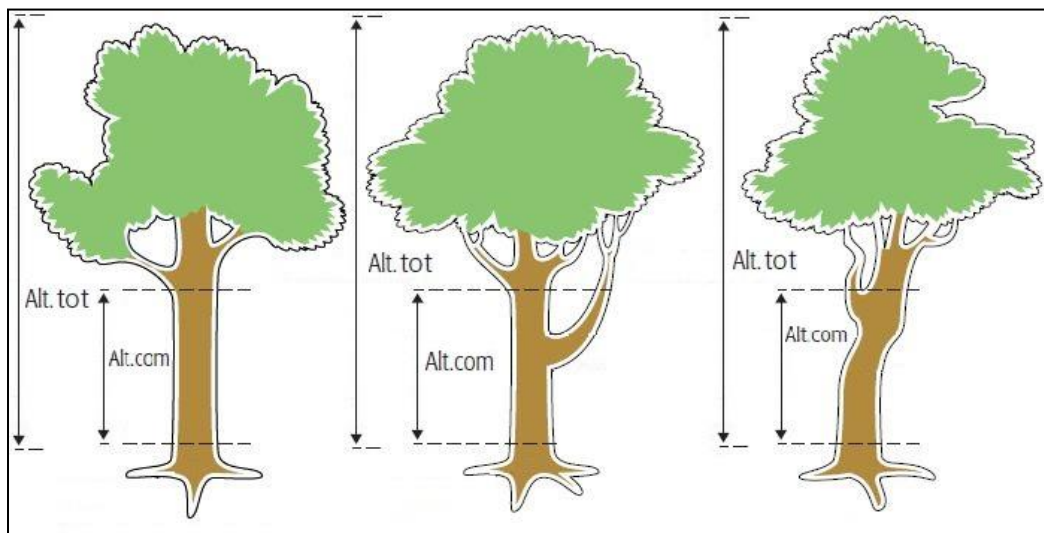


Fuente: Instituto Alexander von Humboldt, 2004.

- **Criterios para la medición de alturas de la categoría fustal:**

- La altura total, se midió desde la base del árbol hasta el ápice de este, medida en metros. La altura comercial o donde inicia la copa del árbol se tomó desde la base del árbol hasta el inicio de la copa. Se anotaron tanto para árboles como para palmas (Imagen 1-23).

Imagen 1-23 Representación gráfica de las clases de altura



Fuente: Manual de inventario forestal integrado para unidades de manejo. WWF. 2004.

- **Identificación especies en campo:**

Las especies se identificaron en campo, motivo por el cual no se colectaron muestras. Dicha identificación, se apoyó en los nombres vernáculos proporcionados por los baquianos, la experiencia de los ingenieros forestales y libros que se llevaron a campo, adicionalmente, con base en el registro fotográfico de campo se revisaron bases de datos de herbarios y de las colecciones en línea para corroborar dicha determinación.

1.6.1.3 Etapa III: Fase de oficina

Con la información obtenida en el trabajo de campo y la consultada en fuentes secundarias, se elaboró el documento. En dicha elaboración se destacan las siguientes actividades:

- **Elaboración mapa de coberturas definitivo**

Con las observaciones tomadas en campo, se procedió a elaborar el mapa definitivo de cobertura de la tierra. Para ello, se tomó el mapa preliminar con los ajustes identificados en los recorridos de campo y con los puntos de control, para que el área SIG realizara el mapa definitivo.

- **Análisis de información y Caracterización de la Vegetación**

La información recolectada en las unidades de muestreo se depuró a partir de revisiones. En una hoja de cálculo diseñada en Microsoft Excel® se digitaron los registros colectados en campo para cada individuo. Posteriormente para cada registro de la base de datos se calculó el DAP y el área basal, a partir de fórmulas convencionales. El análisis se realizó a nivel de composición florística, estructura vertical, estructura horizontal, estructura diamétrica, sociabilidad y diversidad.

- **Composición Florística**

En cada uno de los ecosistemas, y para cada especie inventariada, se identificó el nombre científico, género y familia. La identificación se realizó en algunos casos en campo sin la necesidad de colectar muestras, mientras que para 39 especies si se colectó muestra, la cuales fueron identificadas en el Herbario de la Universidad Distrital.

- **Estructura Vertical**

La estructura vertical se analiza desde el punto de vista de la estratificación, considerando la altura total de los árboles y realizando la separación en estratos.

Distribución Clases Altimétricas:

Para el análisis de la distribución por clase altimétrica se empleó la clasificación de alturas propuestas por Rangel & Velásquez en 1997 (**Tabla 1-63**).

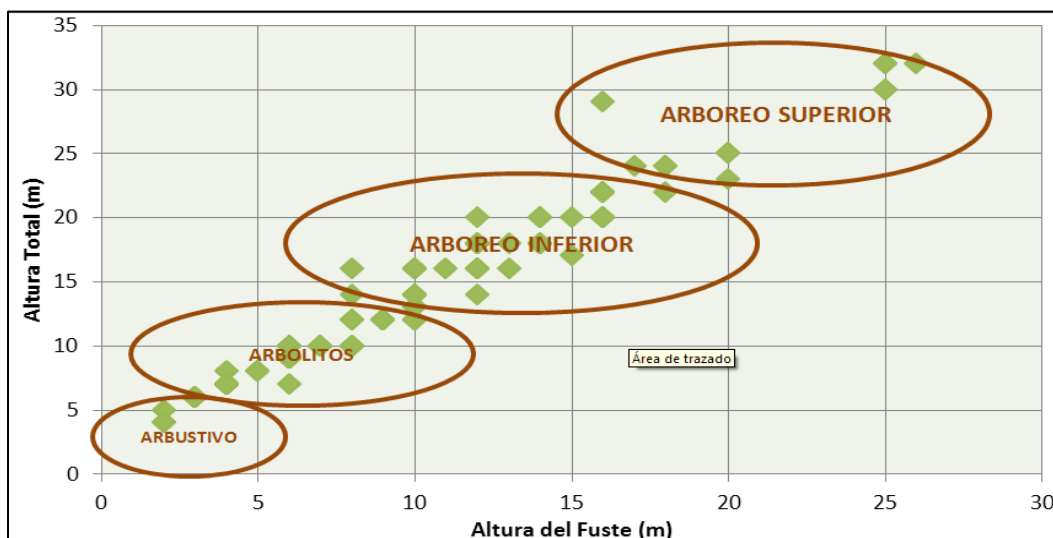
Tabla 1-63 Estratos propuestos por Rangel & Velásquez

ALTURA (m)	ESTRATO
0 < Alt. < 5	Arbustivo
5 < Alt. < 12	Arbolitos
12 < Alt. < 24	Arbóreo inferior
Alt. > 24	Arbóreo Superior

Fuente: Rangel & Velásquez, 1997

Diagrama de Dispersión de Ogawa:

Imagen 1-24 Diagrama de dispersión de Ogawa



Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

El diagrama de dispersión de Ogawa es un método de descripción cuantitativa de la estructura vertical. Se realizó en Microsoft Excel®, comparando la altura total versus la altura a la primera rama en una gráfica de dispersión. Con la gráfica se agrupan los estratos presentes en la cobertura (**Imagen 1-24**).

Posición Sociológica:

Es una expresión de la expansión vertical de las especies. Es un índice que informa sobre la composición florística de los distintos substratos de la vegetación, y del papel que juegan las diferentes especies en cada uno de ellos.

Siguiendo la metodología de Finol (1976), se asigna un valor fitosociológico a cada substrato, el cual se obtiene dividiendo el número de individuos en el sub-estrato por el número total de individuos de todas las especies.

$$VF=n/N$$

Siendo:

VF = Valor Fitosociológico del sub-estrato;

n = número de individuos del sub-estrato;

N = Número total de individuos de todas las especies.

Las especies que poseen una posición sociológica regular son aquellas que presentan en el piso inferior un número de individuos mayor o igual a la de los pisos subsiguientes. Para calcular el valor absoluto de una especie, se suman sus valores fitosociológicos en cada sub-estrato, el cual se obtiene efectuando el producto del VF del estrato considerado por el nº de individuos de la especie en ese mismo estrato.

$$PSa = VF(i) * n(i) + VF(m) * n(m) + VF(s) * n(s)$$

En que:

PSa = Posición sociológica absoluta;

VF = Valor fitosociológico del sub-estrato;

n = número de individuos de cada especie;

i: inferior; m: medio; s: superior

La posición sociológica relativa de cada especie, se expresa como porcentaje sobre la sumatorio total de los valores absolutos.

$$PS_r = \frac{PS_a}{\sum_{i=1}^n PS_a}$$

- Estructura Horizontal:

La estructura horizontal, determina la distribución espacial de las especies, permitiendo conocer el grado en que se agrupan o dispersan y la cantidad de individuos existentes por unidad de superficie. Las variables calculadas se presentan en la **Tabla 1-64**.

Tabla 1-64 Ecuaciones para estimar índices estructurales

PARÁMETRO – ÍNDICE	ECUACIÓN	VARIABLE
Área basal (m2 por ha)	$AB = \frac{\pi \times \sum_i^n DAP_i^2}{40000 \times Area} \times 10000$	π , pi; DAP es el diámetro del tronco (cm.) del iesimo individuo; $Area$, área de la unidad de muestreo (m2).

PARÁMETRO – ÍNDICE	ECUACIÓN	VARIABLE
Abundancia absoluta o densidad (Ind. por ha)	$AA = \frac{\text{No.de Ind.} \times \text{Especie}}{\text{Area}} \times 10000$	No.de Ind.× Especie., número de individuos por especie en la unidad de muestreo; Area , área de la unidad de muestreo (m2).
Abundancia relativa (%)	$AR\% = \frac{\text{No.de Ind.} \times \text{Especie}}{\text{No.de Ind.Tot.}} \times 100$	No.de Ind.× Especie , número de individuos por especie en la unidad de muestreo; No.Ind.Tot. , número de individuos total en la unidad.
Frecuencia absoluta	$FA = \frac{\text{No.de UBM en las que aparece Especie}}{\text{No.de UBM Tot.}}$	No.de UBM en las que aparece Especie , número de unidades básicas de muestreo en las que se presenta una especie en la unidad de muestreo; No.de UBM Tot. , número total de unidades básicas de muestreo en la unidad de muestreo.
Frecuencia relativa (%)	$FR\% = \frac{\text{FA de Especie}}{\text{FA Tot.}} \times 100$	FA de Especie , frecuencia absoluta para una especie; FA Tot. , frecuencia absoluta total.
Dominancia absoluta	$DA = \frac{\sum \text{AB por Especie.}}{\text{Area}} \times 10000$	$\sum \text{AB por Especie}$, suma de áreas basales por especie en unidad de muestreo; Area , área unidad de muestreo (m2).
Dominancia relativa (%)	$DR\% = \frac{\sum \text{AB por Especie}}{\sum \text{AB Tot.}} \times 100$	$\sum \text{AB por Especie}$, suma de áreas basales por especie en la unidad de muestreo; $\sum \text{AB Tot.}$, suma de áreas basales para todas las especies en la unidad de muestreo.

Fuente: Matteucci, S y A. Colma, 1982.

Con estas variables calculadas se procedió a establecer el índice de valor de importancia de Cottam – IVI, que se calcula sumando la densidad relativa, la frecuencia relativa y la dominancia relativa mostrando un significado ecológico mayor que cada uno de sus componentes. El cálculo del IVI, permite deducir aspectos importantes como el dinamismo, la dominancia y las especies más representativas de cada cobertura.

Para analizar los resultados de frecuencia, se utilizaron los intervalos planteados por Melo et al. (1997) para diferentes grados de frecuencia absoluta, con lo cual se logra conocer desde las especies más frecuentes dentro de la unidad de cobertura hasta aquellas que solo aparecen de forma espontánea.

En la **Tabla 1-65** se presentan las clases de frecuencia, el rango (valor) del intervalo y su grado de valoración.

Tabla 1-65 clases De frecuencia

Clases	Frecuencia absoluta	Grado
I	1 – 20	Muy poco frecuente
II	20.1 – 40	Poco frecuente

Clases	Frecuencia absoluta	Grado
III	40.1 – 60	Frecuente
IV	60.1 - 80	Bastante frecuente
V	80.1 - 100	Muy frecuente

Fuente: Melo et al. (1997)

- Estructura diamétrica:

Consiste en agrupar los árboles de un rodal dentro de ciertos intervalos de diámetros a la altura del pecho, con lo cual se logra conocer la distribución del número de individuos a en cada una de las clases diamétricas definidas. Al graficar en un histograma de frecuencia las clases diamétricas, se puede deducir si son coberturas naturales o antrópicas, además de conocer el grado de regeneración natural y la edad promedio de las coberturas analizadas.

Se definieron clases diamétricas cada diez centímetros, tomando como base lo propuesto en la Guía técnica para inventarios forestales (Suarez, J. 2002), donde agrupan las clases diamétricas cada 20 centímetros, pero para darle mayor variabilidad a los datos se agruparon los datos cada diez centímetros, que es la mitad de lo propuesto por Suarez.

- Diversidad:

La diversidad se calculó con el índice de Shannon, el de Simpson y el coeficiente mezcla de acuerdo con las formulas presentadas en la **Tabla 1-66**.

Tabla 1-66 Fórmulas de diversidad

Diversidad	Nivel	Índice	Formula
ALFA	Equidad	Índice de Shannon	$H' = -\sum_{n=1}^i (p_i \times \ln p_i)$ p_i , proporción de la i ésima especie en la muestra.
	Heterogeneidad o Dominancia	Índice de Simpson	$S_i = 1 - \left(D = \sum_{n=1}^i p_i^2 \right)$ p_i , proporción de la i ésima especie en la muestra.
	Riqueza	Coeficiente de mezcla	Número de Especies / Número de Individuos o Número de Individuos/Número de Especies

Fuentes: Shannon, C.E. and W. Weaver. 1949 & Simpson, E.H. 1949.

• Índice de Shannon & Wiener (H')

Mide la heterogeneidad de la comunidad. Se define en términos de abundancia, a través del número de individuos encontrados para las diferentes especies. El valor máximo indica una situación en la cual todas las especies son igualmente abundantes. Los valores de diversidad obtenidos serán interpretados a partir de los rangos propuestos por Ramírez (1999a) de la siguiente manera: (**Tabla 1-67**).

Tabla 1-67 Rangos de diversidad para el índice de Shannon & Wiener

VALOR	GRADO DE DIVERSIDAD
< 1	Muy baja diversidad
1 - 1.8	Baja diversidad
1.8 - 2.1	Diversidad media
2.1 -2.3	Alta diversidad
> 2.3	Muy alta diversidad

Fuente: Ramírez, A. 1999^a

- **Índice de Simpson (D)**

Este índice mide la diversidad en función de la abundancia y la riqueza relativa de las especies. Cuantifica la probabilidad de que dos individuos seleccionados aleatoriamente en una comunidad pertenezcan a la misma especie. Los valores obtenidos serán interpretados a partir de los rangos propuestos por Ramírez (1999a) de la siguiente manera: (**Tabla 1-68**).

Tabla 1-68 Rangos de diversidad para el índice de Simpson

VALOR	GRADO DE DIVERSIDAD
0 - 0.5	Muy baja diversidad - muy alta dominancia
> 0.5 - 0.7	Baja diversidad - alta dominancia
> 0.7 - 0.8	Diversidad y dominancia media
> 0.8 - 0.9	Alta diversidad o baja dominancia
> 0.9 - 1	Muy alta diversidad o muy baja dominancia

Fuente: Ramírez, A. 01999^a

- **Cociente de mezcla de Holdridge:**

Se expresa como la proporción entre el número de especies y el número total de individuos. Corresponde a una primera aproximación de la heterogeneidad de los bosques que depende del diámetro mínimo de medición y el tamaño de la muestra.

- **Regeneración Natural:**

Para analizar la regeneración natural, se utilizaron las categorías establecidas en la guía técnica para inventarios forestales, elaborada por Jorge Suarez en el 2002, para el Ministerio de Ambiente. En este sentido se definieron tres categorías, presentadas en la **Tabla 1-69**.

Tabla 1-69 Categorías de Regeneración Natural

ID	NOMBRE	TAMAÑO
CT1	Renuevo o plántula	DAP< 2,5cm & altura menor de 30 cm
CT2	Brinzal	DAP< 2,5cm & altura mayor a 31 cm
CT3	Latizal	DAP entre 2,5 y 9,9 cm

Fuente: Suarez, J., 2002

Para determinar la regeneración natural se utilizó la siguiente formula (FINOL, 1971):

$$\text{RNR} = \frac{\text{ABR} + \text{FR} + \text{CTR}}{3}$$

3

Dónde:

RNR = Regeneración Natural Relativa (%)

ABR = Abundancia Relativa (%)

FR = Frecuencia Relativa (%)

CTR = Categoría de Tamaño Relativa (%)

- Fragmentación

Para el análisis de fragmentación, fue tomada como referencia la metodología propuesta por la Corporación Autónoma del Valle del Cauca – CVC y la Fundación Agua Viva “Funagua” (2010)⁴⁶, así como el cálculo del contexto paisajístico descrito en el manual para la asignación de compensaciones por pérdida de biodiversidad⁴⁷. De acuerdo con esta metodología fueron seleccionadas las métricas de dimensión fractal e índice de forma que permiten analizar la capacidad de los ecosistemas para mantener sus procesos ecológicos y biológicos cuando han sido fragmentados. El análisis se realizó mediante la aplicación de ArcGis-10, a través del cálculo del área y perímetro de los parches de cada clase.

En primer lugar, la forma de los parches o fragmentos puede modificar de manera directa los movimientos y flujos entre ecosistemas contiguos. Las formas simples o compactas favorecen la protección de los recursos al interior del parche de los efectos del ambiente exterior (viento, invasión de especies, etc.). Por su parte las formas irregulares y complejas, que poseen perímetros más largos por unidad de área o que se alejan de la forma euclidiana (circular), tienen en consecuencia una mayor interacción del parche con el ambiente exterior y mayor área de hábitat de borde (Forman, 1995).

La relación entre la forma de los parches y el tamaño de estos, puede influir en procesos ecológicos de importancia, como, por ejemplo, la migración de pequeños mamíferos (Büchner, 1989), y la colonización de plantas leñosas (Hardt y Forman, 1989). La proporción de la longitud del perímetro en relación al área, puede indicar cuan cerca el ambiente natural

⁴⁶ CORPORACIÓN AUTÓNOMA DEL VALLE DEL CAUCA “CVC” Y FUNDACION AGUA VIVA “FUNAGUA”. CONVENIO No. 256 DE 2009. Aunar esfuerzos técnicos y económicos para realizar el análisis preliminar de la representatividad ecosistémica, a través de la recopilación, clasificación y ajuste de información primaria y secundaria con rectificaciones de campo del mapa de ecosistemas de Colombia, para la jurisdicción del valle del cauca. Santiago de Cali. 2010.

⁴⁷ MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE, Manual de compensación por pérdida de biodiversidad. Viceministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Dirección de Bosques, Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos. 2012.

de un parche se encuentra cerca al lindero, y por tanto está expuesto a cambios ecológicos que se producen ahí, es decir la exposición al efecto de borde.

La dimensión fractal media de los parches de una clase fue calculada a partir de la siguiente expresión donde se considera la relación área-perímetro de los parches de una clase:

$$MPDF = \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \left(\frac{2 \ln(0.25 p_{ij})}{\ln a_{ij}} \right)}{N} \text{ Ecuación 2}$$

Dónde:

MPDF: Dimensión fractal media de los parches de una clase.

p: Perímetro del parche en m

a: Área del parche en m².

Una dimensión fractal media mayor a 1 indica un alejamiento de la geometría euclidiana (es decir, un aumento en la forma de la complejidad de la forma de los parches de una clase); tiende a 1 para las formas simples con perímetros como círculos o cuadrados, y se acerca a 2 para formas con perímetros muy complejos.

Tabla 1-70 Calificación de la dimensión fractal

Dimensión fractal	
Intervalo	Complejidad
	Calificación
MPDF ≤ 1,2	Muy simple
1,2 < MPDF ≤ 1,4	Simple
1,4 < MPDF ≤ 1,6	Complejo
1,61 < MPDF ≤ 1,8	Muy complejo
1,81 < MPDF ≤ 2	Altamente complejo

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

El índice de forma, de su lado, mide la complejidad de la forma de los parches de una clase en comparación con una forma estándar. La forma de los parches se evaluó con una forma circular estándar a partir de la ecuación 2.

$$MSI = \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \left(\frac{p_{ij}}{2\sqrt{\pi * a_{ij}}} \right)}{N} \text{ Ecuación 3}$$

Dónde:

MSI = Índice de forma media de los parches de una clase

- p = Perímetro del parche en m

- a = Área del parche en m²

Cuando el índice de forma tiende a 1, indica que los parches tienden a ser circulares, y aumenta sin límite cuando la forma de los parches se hace irregular.

En segundo lugar, el contexto paisajístico establece la conectividad del parche de una clase específica con otros parches de las mismas características⁴⁸. Para su cálculo se usó la herramienta Ma.F.E. v.2.0.3 (Mapeo de fórmulas equivalentes) teniendo en cuenta las coberturas naturales presentes en el área de influencia directa. Esta herramienta considera una franja alrededor de cada fragmento, con el propósito de determinar la presencia de parches con características similares al interior de la franja obtenida para cada fragmento, de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$CP= AN / ATF \text{ Ecuación 4}$$

Dónde:

CP: Contexto paisajístico

AN: Área natural dentro de la franja o buffer

ATF: Área total de la franja o buffer

De esta manera, los valores cercanos a 1 representan un mejor contexto paisajístico, mientras que aquellos cercanos a 0, se asocian a alteraciones en la conectividad de los parches de la clase.

1.6.2 Epifitas

La caracterización se realizó en la zona demarcada como áreas de intervención directa circundantes al punto de ubicación de torre, correspondiendo a aquellos lugares donde las actividades asociadas al proyecto “Construcción y operación de la línea de transmisión a 230 kV La Reforma – San Fernando” requieren del uso y aprovechamiento forestal.

El muestreo se llevó a cabo en los tres ecosistemas identificados correspondientes a Orobioma bajo de los Andes, Helobioma de la Amazonia y Orinoquia; y Peinobioma de la Amazonia y Orinoquia, acorde a las áreas de intervención directa.

El desarrollo metodológico incluyó los siguientes aspectos:

1.6.2.1 Etapa I: Recopilación, descripción y análisis de información secundaria

Previo a la fase de campo se llevó a cabo la revisión de información secundaria y temática que sirvieron como referente para realizar el diagnóstico preliminar en el área del proyecto. Esta corresponde a textos de carácter ambiental sobre la composición vegetal epífita que

48 MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE, Manual de compensación por pérdida de biodiversidad. Viceministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Dirección de Bosques, Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos. 2012.

habita en estas áreas, adicional a esto a continuación se presentan las claves utilizadas para la determinación de las especies epífitas:

- Lichen determination keys available on INTERNET.
<http://www.bgbm.org/sipman/keys/>
- Cáceres, Marcela Eugenia. Corticolous crustose and microfoliose lichens of northeastern Brazil. 2007.
- Iane Paula Rego Cunha. Fungos liquenizados do gênero Leptogium (Ascomycetes) no litoral sul do Estado de São Paulo. 2007
- Lücking, Archer & Aptroot. A world key of to the genus Graphis. 2009.
- Lücking & Rivas. Claves para los géneros de Graphidaceae. 2008.
- Coca y Sanin. Coccocarpia Pers. (Peltigerales: Ascomycetes Liquenizados). 2010
- Aptroot. A world key to the species of Anthrhanthothecium y Pyrenula. 2011
- Rangel, O.; Lowy, P.; Aguilar, M. 1997. Tipos de vegetación en Colombia. En: Colombia, diversidad biótica II. Universidad Nacional de Colombia.
- Reina Rodríguez, G. A. 2011. Guía ilustrada de las orquídeas del Valle geográfico del río Cauca y piedemonte andino bajo. Universidad Nacional de Colombia.
- Gentry, A. H.; Dodson, H. C. 1987. Contribution of non-trees to species richness of tropical rain forest. Biotropica, 19: 149-156.

De acuerdo a las áreas de intervención se levantó la información que corresponde a los sitios de construcción de las torres, respecto a las cuales se ejecutó el muestreo al 100% de flora epífita vascular y no vascular **Anexo G**. Mapa de coberturas respecto a la infraestructura del proyecto.

1.6.2.2 Etapa II: Fase de campo

En conformidad con la metodología aprobada bajo Res. 1044 de 2016 por la cual se otorga a Antea Group; permiso de estudio para la recolección de especímenes de especies silvestres de la diversidad biológica con fines de elaboración de estudios ambientales; el muestreo se realizó al 100% de los árboles con DAP mayor a diez centímetros (10 cm), presentes en el área de intervención directa y alrededor al punto de ubicación de torre, (**Tabla 1-71**); es así que se incluyeron todos los forófitos reportados en el inventario forestal con objeto de aprovechamiento forestal, así como los demás sustratos con presencia de epífitas tales como terrestres o rocosos.

Del total de 80 torres, se muestrearon 49 torres de manera efectiva, teniendo en cuenta que las ubicaciones de las torres corresponden a predios de carácter privado, dichas áreas se encuentran sujetas a permisos de ingreso y en tal sentido no fue posible la caracterización de la flora epífita presente en las torres restantes. No obstante, las coberturas de menor estructura como lo son los pastos son los más representativos y por tanto de las 49 torres se obtuvieron registros para 21 torres ya que varias de las áreas de intervención corresponden a áreas de ganadería y por ende la presencia de epífitas aún en sustratos

rocosos o terrestres es nula (**Fotografía 1-14**). El tal sentido la **Tabla 1-71**, se relaciona los ID de las torres según la información indicada con anterioridad con el fin de que de manera preliminar a la intervención se realice reconocimiento del área y así en caso de encontrar especies que no hayan sido objeto de levantamiento de veda se proceda con el trámite correspondiente.

Tabla 1-71 Relación de la infraestructura muestreada y datos de relevancia

ID INFRAESTRUCTURA PROYECTADA	COBERTURA	ID INFRAESTRUCTURA MUESTREADA AL 100%	ID INFRAESTRUCTURA SIN POSIBILIDAD DE MUESTREO
Port	Zi		
1	Zi		
2	PI		
3N	PI		
4N	PI		
6	Pa		
7	PI		
8	Pa, Baaf		
9	Pe		
10	Pa		
12	Pa		
13	PI		
14N	Pa		
15	Baaf		
16	Pa, Baaf		
17	Pa		
18	Pa		
19	Pa		
20	Pa		
21	Pa		
22	Baaf		
23	Baaf		
24	Vsa, Baaf		
26	Vsa		
27	Baaf		
28	Vsa, Baaf		
29	Baaf		
30	PI		
31	PI		
32	Pa		
33	Baaf		
34	Pa		
35	PI		
36	PI		
37	PI		
38	PI		
39	Pac		
40	Pac		
41	Pe		
42	Pa		
43	Pa		
44	PI		
45	PI		
46	PI		
47	PI, Pa		
48	PI		
49	PI		

ID INFRAESTRUCTURA PROYECTADA	COBERTURA	ID INFRAESTRUCTURA MUESTREADA AL 100%	ID INFRAESTRUCTURA SIN POSIBILIDAD DE MUESTREO
50	PI		
51	Pa		
52	PI		
53	PI, Pa		
54	Pa		
56	PI		
57	PI		
58	Ctr		
59	PI, Pa, Bgr		
60	PI		
61	Pa		
62	PI		
63	Pac		
64	Zpn, Pac		
65	Pac, PI		
66	Bgr, PI		
67	Pac		
68	PI		
69	Pac		
70	PI		
71	PI		
72	Pac		
73	PI		
74	PI, Pac		
75	Pac		
76	Pac		
77	Pac		
78	Pac		
79	Pac		
80	Pac		
81	Pa		
82	Zi		



E 4-L000-EST1000
C des





E 1040250 N 934287

E 1041011 N 929842

Coordenadas Magnas Sirgas Bogotá

Fotografía 1-14 Torres con cobertura de pastos limpios.

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

Tanto para las epífitas vasculares como no vasculares, se hizo el registro fotográfico de las especies asociadas a los forófitos y se diligenciaron los datos en formatos de campo con el fin de dar sustento a la información presentada (**Tabla 1-72** y **Fotografía 1-15**).

Tabla 1-72 Modelo del formato de registro de información en campo de flora epífita vascular y no vascular.

FECHA	TIPO DE INFRAESTRUCTURA	N. FOROFITO INVENTARIO	ID GPS	NOMBRE COMUN FOROFITO	ESPECIE EPIFITA	IND	R	F	CI	CM	CS	OBSERVACIONES

Convenciones: R: Rupícola, F: Fuste, CI: Copa Inferior, CM: Copa media, CS: Copa superior

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017



E 1041016 N 929577

Fotografía 1-15 Toma de datos especies epífitas Torre 61.

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

En las áreas de muestreo, previstas para la intervención por parte del proyecto, se realizaron de manera estándar las siguientes actividades:

- Georreferenciación de cada uno de los forófitos o merótopos muestreados.
- Asociación por ID del forófito del inventario forestal
- Observación, registro y toma de datos de los individuos de especies vasculares y no vasculares presentes en las zonas de muestreo.
- Colecta y preparación de material vegetal bajo Resolución (01044) del 19 de septiembre de 2016, cuyo titular corresponde a Antea Colombia S.A.S.

Los datos tomados para cada forófito son los siguientes:

- Locación o área de muestreo.
- Coordenadas de cada árbol (Magna sirgas, origen Bogotá).
- Número del forófito asignado en la caracterización forestal.
- Nombre común y especie del forófito (Esta información se complementó con los datos generados en el levantamiento forestal).
- Epífitas encontradas en el forófito (número de individuos o colonias, porcentaje de cobertura).
- No. de fotografía (s).
- Determinación de individuos de flora epífita a su máximo nivel taxonómico, con la ayuda de claves taxonómicas especializadas. Para el caso del material vegetal colectado se asignó un código tanto en formato como en bolsas de colecta

procediendo a transportar dicho material para ser determinado e ingresado en el herbario de la Universidad Distrital Francisco José de caldas – Bogotá.

- **Epífitas vasculares**

Para la toma de datos se estableció una metodología que permitió un muestreo representativo de la heterogeneidad y diversidad del grupo vegetal en cuestión, presente en las áreas correspondientes a los sitios de intervención directa de las torres de energía y las franjas de servidumbre propias del proyecto “Construcción y operación de la línea de transmisión a 230 kV La Reforma – San Fernando”; puesto que sobre esta zona se realizará el aprovechamiento forestal. Por lo anterior, se muestrearon las epífitas presentes en los todos los forófitos objeto de tala desde el eje de la torre.

Mediante el uso de binóculares se contaron los individuos cuando fue posible o cada grupo como una unidad cuando estas se encontraron en agrupaciones (Braun- Blanquet, 1979; García-Franco y Toledo Aceves, 2008). Mediante cortarramas o machete, se recolecta una muestra de cada especie en estado de floración con la finalidad de poder identificar de manera adecuada hasta el nivel de especie, en los casos en que no se encontraban con estructuras que permitiesen su determinación a especie, su determinación se llevó hasta el máximo nivel posible.

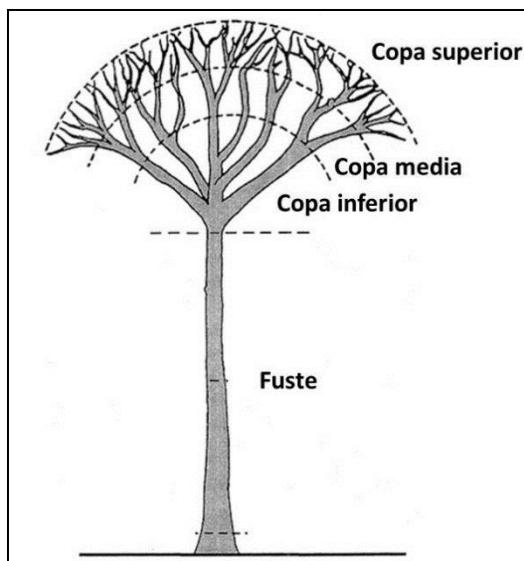
Para el muestreo de las epífitas vasculares se tiene en cuenta la estratificación o zonificación vertical a partir de la ubicación de la epífita en el forófito, según lo propuesto por Johansson (1974). Estos datos también hacen parte de la información primaria tomada en campo (

49 Braun-Blanquet J (1979) Fitosociología. Bases para el estudio de las comunidades vegetales. Blume Ediciones, Madrid.

50 García-Franco & Toledo Aceves. 2008. Epifitas vasculares (bromelias y orquídeas). En: Agroecosistemas cafetaleros de Veracruz: Biodiversidad, Manejo y Conservación. RH Manson, V Hernández-Ortiz, S Gallina y K Mehlreter (eds.) INE/ INECOL AC, México. pp 69 - 93. ISBN 970-709-112-6.

Imagen 1-25).

Imagen 1-25 Estratificación del forófito



Fuente: Adaptado de Johansson (1974)

- **Epífitas no vasculares**

En este grupo se encuentran los briofitos (musgos, hepáticas y antoceros) y líquenes. Este componente, al igual que las epífitas vasculares, fue muestreado en las áreas del proyecto “Construcción y operación de la línea de transmisión a 230 kV La Reforma – San Fernando”. Al realizar el muestreo se registró la presencia de cada agregado poblacional hallado en los árboles y su respectivo porcentaje de cobertura.

Para el muestreo de este grupo se diseñó una plantilla de acetato de 600 cm² que fue superpuesta sobre el fuste del forófito; y el material vegetal ubicado dentro del cuadrante fue muestreado y registrado (**Fotografía 1-16**).

La toma de muestras se realiza extrayendo parte de la corteza con una navaja, las cuales son depositadas en bolsas de papel Kraft con Granos de sílice-gel para evitar la pudrición de las muestras, estas se rotulan y luego fueron transportadas en paquetes de 10 muestras en bolsas plásticas resellables y llevadas al laboratorio para su identificación taxonómica, en este caso las muestras se identificaron y depositaron en el Herbario Forestal de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas; solamente será necesario fijar con etanol al 70% (concentración final v/v) los briófitos de escaso porte, como los de los géneros Riella, Riccia o Ricciocarpus.



Fotografía 1-16 Medición del porcentaje de cobertura de epífitas no vasculares.
Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

Para la recolección de las muestras de la flora vascular y no vascular, se utilizaron los métodos básicos de toma de muestras, amparados bajo el permiso de colecta con Resolución No. 01044 del 19 de septiembre de 2016, otorgada a la empresa Antea Colombia S.A.S.

- **Especies epífitas no vasculares en otro tipo de hábitat.**

Para las especies sobre otro tipo de hábitat como terrestre o rupícola, la abundancia es establecida a partir de la implementación de un cuadrante de 100 x 100 como unidad básica de muestreo, donde se estima la cobertura en cm², mediante la utilización de una plantilla de acetato de 600 cm² que será colocada 5 veces al azar en cada parcela, con el fin obtener una medida aproximada de la ocupación de las especies de briofitos y líquenes en estos hábitats (**Fotografía 1-17**).



Torre 14. E 1040665,00 N 948813,00
Fotografía 1-17 Medición del porcentaje de cobertura de epífitas no vasculares en otros sustratos.
Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

1.6.2.3 Etapa III: Fase de oficina

Esta fase contempló la integración de información y elaboración de la base de datos a partir de los formatos de campo diseñados para las dos categorías de epífitas.

Una vez transcrita la información; a partir de ésta, se realizaron los análisis tanto de las epífitas vasculares, como de las no vasculares:

- **Composición florística y hábitos de crecimiento.**

La composición florística permite estimar la riqueza florística en un área determinada. Se establece a partir de los registros de campo, con base en las categorías presentes en las diferentes unidades de vegetación, tales como: Familia, Género y/o Especie. El hábito hace alusión a la forma de crecimiento de la epífita con relación al forófito.

- **Análisis estructural**

El arreglo estructural expresa la organización espacial de las poblaciones de epífitas en el área del proyecto, bajo las siguientes variables:

Distribución horizontal: localización de las especies en el área directa del proyecto con relación a las unidades de cobertura.

Estratificación vertical: posición de la epífita en el forófito (fuste, copa inferior, copa media, copa superior) (relación de sustrato terrestre, rupícola o arbóreo).

Abundancia: para las epífitas vasculares se tiene en cuenta el número de individuos de determinada especie en el forófito o árbol.

Frecuencia: Se refiere al número de unidades muestrales (forófitos) en las que se presenta la epífita.

Preferencia de forófito: afinidad de la especie epífita con una o varias especies de hospederos.

- **Análisis estadístico de datos.**

- **Análisis de la comunidad y diversidad**

El análisis de la comunidad se realiza con base en los atributos de composición, riqueza y abundancia; estos son evaluados a nivel de las diferentes unidades de cobertura de la tierra presentes en el área de influencia del proyecto.

La diversidad alfa se analiza de acuerdo a los índices de riqueza, dominancia y equidad. Para el cálculo de la riqueza específica, se determinó el número de especies registradas en cada una de las coberturas de la tierra. El cálculo de estos índices está basado en las fórmulas presentadas en la **Tabla 1-73**.

Tabla 1-73 Índices de diversidad alfa

ÍNDICE	FÓRMULA	VARIABLES
Dominancia de Simpson	$D = \sum (n_i / N)^2$	D = Dominancia
		ni = número de individuos por especie
		N = número de individuos totales
Diversidad de Shannon-Weiner	$H' = -\sum (n_i / N) * \ln(n_i / N)$	H' = Diversidad
		ni = número de individuos por especie
		N = número de individuos totales
Diversidad de Fisher	$S = \alpha n \frac{1 + N}{\alpha}$	S = número de especies en a muestra
		N = número total de individuos en la muestra
		α = parámetro calculado por medio de iteraciones que buscan igualar ambos lados de la ecuación
		S = número de especies

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

Por último, la diversidad beta se evaluará en términos de la similitud observada entre los hábitats evaluados en términos de especies compartidas entre estos. Para lo anterior se realizó un análisis de conglomerados por medio del índice Bray-Curtis, el cual es bastante robusto y tiene en cuenta las bajas abundancias de especies compartidas (**Tabla 1-74**):

Tabla 1-74 Índices utilizados para el cálculo de la diversidad Beta.

ÍNDICE	FORMULA	VARIABLES
Bray-Curtis	$I_{Scuam} = \frac{2pN}{aN + bN}$	aN = número de individuos en el sitio A
		bN = número de individuos en el sitio B
		pN = Sumatoria de la abundancia más baja de cada una de las especies compartidas por los dos sitios.

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

1.6.3 Servicios ecosistémicos

Los bienes y servicios ecosistémicos son entendidos según De Groot et al. (2002) como “... la capacidad de los procesos naturales para proporcionar bienes y servicios que satisfacen las necesidades humanas de manera directa e indirecta. Los procesos ecosistémicos a su vez son el resultado de complejas interacciones entre componentes bióticos y físicos del ecosistema; de esta manera las funciones ecosistémicas son entendidas como un subconjunto de procesos ecológicos y las estructuras ecosistémicas (los procesos llevan o conducen a funciones las cuales a su vez conducen a los servicios)”.

Otra definición de los bienes ecosistémicos es la de Daily (1997) como la provisión de una amplia variedad de hábitats terrestres y acuáticos, en donde la gente caza animales silvestres como aves acuáticas, peces, crustáceos, mamíferos y otros animales silvestres. La provisión de estos animales representa una parte importante de la dieta local y en muchos lugares la caza es un deporte importante, tanto culturalmente como económicamente. Los ecosistemas naturales también producen vegetación que los humanos usan directamente como alimento, paja y otros materiales vegetales utilizados en

la construcción de casas y otras infraestructuras, así como para la construcción de muebles, implementos para la agricultura, papel, vestimenta, sogas etc., es lo que se consideran bienes proporcionados por los ecosistemas.

Los servicios ecosistémicos son entendidos como el producto de los activos naturales o reservas de recursos naturales (agua, suelo, plantas, animales, atmosfera, etc.) y de las interacciones complejas entre las especies y de estas con los componentes físicos, que proporcionan al humano beneficios ecológicos, culturales y financieros (Benning et al, 2001).

Teniendo en cuenta que los ecosistemas naturales y artificiales son aquellas áreas dentro del territorio que gracias a su composición biológica, características físicas, estructuras y procesos ecológicos, proveen bienes y servicios ecosistémicos imprescindibles e insustituibles para el desarrollo armónico de la sociedad (DAMA 2000), el diseño y manejo de estas áreas dentro de las estrategias de desarrollo del proyecto se convierte en uno de los principales instrumentos para conservar la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos. Sin embargo, cuando no se tienen en cuenta los estilos de vida de comunidades locales, estas se ven desfavorecidas ya que se les restringe el acceso a los recursos que tradicionalmente usan, son desplazadas de sus tierras o se incrementan los depredadores de los sistemas agropecuarios, lo que conlleva a incrementar la pobreza y la culturización.

Para caracterizar los servicios ecosistémicos presentes en el área de influencia (AI y AID) del proyecto “Construcción y operación de la línea de transmisión a 230 kV La Reforma – San Fernando”, se realizó el siguiente procedimiento metodológico:

- **Etapas I: Revisión de fuentes de información**

Durante esta etapa, se recopiló y analizó la información secundaria existente para el área de influencia (AI y AID) del proyecto “Construcción y operación de la línea de transmisión a 230 kV La Reforma – San Fernando”, como: cartografía temática, información de campo para la caracterización físico-biótica y socioeconómica, que se utilizaron como referente para realizar la diagnosis de los servicios ecosistémicos.

- **Etapas II: Fase de campo**

Se desarrolló una encuesta estructurada en todas las veredas del área de influencia (**Imagen 1-26**), con el fin de determinar la percepción de la comunidad sobre los servicios ecosistémicos, en general se obtuvo información sobre los servicios ecosistémicos que se relacionan en la **Tabla 1-75**. En la encuesta se le solicita a cada persona califique en una escala de uso cada servicio ecosistémico en una temporalidad de un año, con base en la escala definida para calificar el uso del recurso, la cual se muestra en la **Tabla 1-76**.

Imagen 1-26 Encuesta aplicada para la identificación evaluación de los servicios ecosistémicos

ENCUESTA PERCEPCIÓN DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS

Municipio: Castilla la Nueva
 Vereda: Batavia
 Nombre del predio: El triángulo
 Nombre del entrevistado: Patricia Moreno
 Edad: 34
 Fecha: 09-04-2017

SERVICIOS DE APROVISIONAMIENTO					
Agua					
1. De dónde Capta el Agua para su consumo? <u>Acueducto</u>					
2. De dónde obtiene el agua para cultivos o para animales?					
3. Qué tanto utiliza el recurso agua?					
	Mucho	<input checked="" type="checkbox"/>	Frecuentemente	Moderadamente	Poco
					No lo utiliza
Arena y roca					
4. De dónde obtiene los materiales de arena y roca? <u>No</u>					
5. Qué tanto utiliza el recurso arena roca?					
	Mucho		Frecuentemente	Moderadamente	Poco
					<input checked="" type="checkbox"/> No lo utiliza
Biomasa					
6. Con qué cocina? <u>Con Gas</u>					
7. Consume madera? <u>No</u>					
8. Para que la utiliza? <u>No</u>					
9. De dónde la obtiene? <u>No</u>					
10. Utiliza fibras de la madera (Ejemplos, Caña, Yute, algodón)? <u>No</u>					
11. Especies y usos: <u>No</u>					
12. Utiliza alguna parte de las plantas para tratar enfermedades (Fiebre, dolor de estomago, etc.)? <u>No</u>					
Cuales? <u>No</u>					
13. Especies Utilizadas <u>No</u>					
Uso					
14. Utiliza los frutos que producen los arboles silvestres <u>No</u>					
Uso <u>No</u>					
15. Utiliza la hojarasca? <u>No</u>					

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

Tabla 1-75 Servicios ecosistémicos identificados

Servicios ecosistémicos	
Servicios de Aprovevisionamiento	Agua
	Arena Roca
	Biomasa
	Pesca y acuicultura
	Ganadería
	Agricultura

Servicios ecosistémicos	
Servicios de Regulación soporte	Procesos erosivos
	Variación del clima
	Calidad del agua
Servicios Culturales	Recreación y turismo
	Servicios espirituales y religiosos

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

Tabla 1-76 Escala empleada para calificar el uso del recurso

RESPUESTA MÚLTIPLE TIPO 1	ESCALA DE VALOR	VALOR
Lo utilizo Mucho	(Más de 10 veces al año)	(5)
Lo utilizo frecuentemente	(Entre 6 y 10 veces en el año)	(4)
Lo utilizo moderadamente	(Entre 3 y 6 veces en el año)	(3)
Lo utilizo poco	(Entre 1 y 3 veces al año)	(2)
No lo Utilizo	(Ninguna vez en el año)	(1)

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

Determinación de la Importancia o dependencia del servicio para las comunidades locales

Se realiza la determinación de la dependencia de la comunidad por el recurso a través de los siguientes parámetros:

- Dependencia alta de la comunidad: Los medios de subsistencia de la comunidad dependen directamente del servicio
- Dependencia media: La comunidad se beneficia del servicio ecosistémico, pero su subsistencia no depende directamente de él.
- Dependencia baja: la comunidad se beneficia del servicio ecosistémico, pero su subsistencia no depende directa ni indirectamente del mismo

Con base en lo anterior, se realiza la identificación y valoración participativa de los bienes y servicios ecosistémicos, la cual se efectúa a partir de talleres con grupos de actores de las veredas del área de influencia directa del proyecto “Construcción y operación de la línea de transmisión a 230 kV La Reforma – San Fernando”, a las cuales se les aplicó la encuesta, obteniéndose la importancia de los servicios ecosistémicos.

Tabla 1-59 Importancia de los servicios ecosistémicos

CATEGORÍA DEL SERVICIO	SERVICIO ECOSISTÉMICO	IMPORTANCIA
Aprovisionamiento	Aprovisionamiento de agua	
	Aprovisionamiento de alimento (Pesca- Cacería)	
	Aprovisionamiento material (Madera)	
	Formación de suelo (Ganadería - Agricultura)	

CATEGORÍA DEL SERVICIO	SERVICIO ECOSISTÉMICO	IMPORTANCIA
Regulación	Calidad del aire	
	Control de la erosión	
	Ecosistemas que purifican el agua	
	Ecosistemas que regulan el clima	
Cultural	Espiritual y religioso	
	Recreación y turismo	

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

El ranking de importancia se determina con base en la participación de los actores participantes, los cuales realizan una clasificación de los servicios ecosistémicos, según su percepción de importancia. En donde se indica si el servicio es Muy importante, medianamente importante o es poco importante, en su cotidianidad y sistemas de vida.

Posteriormente, se hace el análisis de dependencia de las comunidades hacia los servicios ecosistémicos, mediante la correlación de la importancia, datos obtenidos directamente de la comunidad, y frecuencia, determinada de acuerdo con la información primaria recolectada en campo a partir de todos los componentes socioambientales, teniendo en cuenta las alternativas que existen para reemplazar este servicio por otro (**Tabla 1-60**).

Tabla 1-60 Categorías de dependencia

IMPORTANCIA	FRECUENCIA	DEPENDENCIA	DESCRIPCIÓN
Muy importante	Frecuentemente	Máxima	Los medios de subsistencia de la comunidad dependen directamente del servicio ecosistémicos.
Medianamente importante	Frecuentemente	Media	La comunidad se beneficia del servicio ecosistémicos, pero su subsistencia no depende directamente del mismo.
Muy Importante	Algunas veces		
Muy Importante	Mínimo		
Medianamente importante	Algunas veces		
Medianamente importante	Mínimo	Mínima	Las actividades principales o secundarias no tienen dependencia del servicio ecosistémico.
Poco importante	Algunas veces		
Poco importante	Mínimo		

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

- **Etapas III: Fase de oficina**

Inicialmente se realiza el análisis de la información obtenida de la comunidad, con el fin de determinar la dependencia de las comunidades hacia los servicios ecosistémicos, la cual se establece con la importancia de cada servicio para la comunidad y la frecuencia de uso del mismo.

Posteriormente, se define la dependencia del proyecto a los servicios ecosistémicos, para lo cual se realiza una tabla con los servicios identificados para el área de influencia (AI y

AID) y las actividades e impactos que pueden generarse con el desarrollo del proyecto, basados en la evaluación de impactos con proyecto, asociada a cada componente y elemento de la matriz, para así identificar los impactos que se pueden generar sobre el servicio ecosistémico (**Tabla 1-61**):

Tabla 1-61 Relación de las actividades del proyecto con los servicios ecosistémicos

SERVICIO ECOSISTÉMICO	COMPONENTE / ELEMENTO	ACTIVIDADES INVOLUCRADAS	IMPACTO ASOCIADO

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

Para realizar el análisis de dependencia del proyecto hacia los servicios ecosistémicos, se realiza la correlación de la clasificación de las actividades con su uso, para determinar las diferentes categorías de dependencia (**Tabla 1-62**).

Tabla 1-62 Categorías de dependencia del proyecto con los servicios ecosistémicos

DEPENDENCIA	DESCRIPCIÓN
ALTA	Las actividades que hacen parte integral y central del proyecto requieren directamente de este servicio ecosistémico.
MEDIA	Algunas actividades secundarias asociadas al proyecto dependen directamente de este servicio ecosistémico, pero podría ser reemplazado por un insumo alternativo.
BAJA	Las actividades principales o secundarias no tienen dependencia directa con el servicio ecosistémico.

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

Finalmente, se analiza la tendencia sobre los servicios ecosistémicos, para lo cual se utilizaron los siguientes criterios:

- Tendencia creciente: la proyección del comportamiento del estado del servicio ecosistémico es ascendente.
- Tendencia estable: la proyección del comportamiento del estado del servicio ecosistémico se mantiene en el nivel registrado actualmente.
- Tendencia decreciente: la proyección del comportamiento del estado del servicio ecosistémico es decreciente.

Con esta información y la evaluación de las dependencias se determinará la tendencia de cada servicio ecosistémico con la realización del proyecto (**Tabla 1-63**).

Tabla 1-63 Tendencia de los servicios ecosistémicos

Servicios Ecosistémicos		Dependencia de las comunidades al Servicio Ecosistémico	Dependencia del proyecto al Servicio Ecosistémico	Tendencia del Servicio ecosistémico	Impacto del proyecto en el Servicio ecosistémico
APROVISIONAMIENTO					
REGULACIÓN					
CULTURALES					

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

1.6.4 Fauna terrestre

Para el planteamiento de las metodologías se tendrán en cuenta los siguientes documentos estatales e institucionales, que no solamente sirven de marco conceptual, sino también de marco normativo:

- Resolución 0485 de 2017 por la cual se modifica la Resolución 1044 de 2016 y se toman otras disposiciones respecto al “Permiso de estudio para la recolección de especímenes de especies silvestres de la diversidad biológica con fines de elaboración de Estudios Ambientales”, otorgado a la empresa ANTEA COLOMBIA S.A.S. Este documento es la principal “carta de navegación” sobre las metodologías a implementar, ya que es el Permiso que soporta legalmente todo el trabajo de campo que se efectúe.
- Términos de Referencia LI-TER-1-01 (MAVDT 2006), Sector de energía, para la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental del tendido de las líneas de transmisión del Sistema Nacional de Interconexión Eléctrica, compuesto por el conjunto de líneas con sus correspondientes módulos de conexión (subestaciones) que se proyecte operen a tensiones iguales o superiores a 220 kV. En este documento se establecen los lineamientos básicos para la elaboración de todo el

Estudio de Impacto Ambiental y en particular del capítulo de caracterización del componente fauna silvestre (anfibios, reptiles, aves y mamíferos).

- Guía Ambiental para Proyectos de Transmisión de Energía Eléctrica (MMA 1999). Este documento compendia parte de la normatividad técnica de la infraestructura eléctrica, que tiene incidencia en aspectos ambientales con el fin de apoyar la planeación, ejecución y seguimiento de los proyectos.
- Metodología General para la presentación de Estudios Ambientales (MAVDT 2010), establece las metodologías de campo para el muestreo de herpetofauna, aves y mamíferos. Igualmente, establece algunos aspectos importantes para desarrollar el documento de Línea Base, entre los que sobresalen:
 - La información [caracterización del medio biótico] debe permitir conocer las condiciones bióticas existentes en el área de influencia como un referente del estado inicial antes de la ejecución del proyecto.
 - Para la caracterización del componente fauna, es necesario partir de la revisión de información existente [información secundaria] sobre la fauna potencialmente presente en la zona de influencia del proyecto.
 - Los resultados obtenidos mediante revisión de información secundaria, se deben verificar a través de muestreos directos de campo, en algunos casos, colecta de especímenes, observaciones directas y observaciones indirectas (rastros, huellas, cantos, heces) los cuales pueden ser complementados con entrevistas a los habitantes locales.
 - Para que la información sea válida, se hace necesaria la utilización de métodos desarrollados por el Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH) y el Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras "Jose Benito Vives de Andrés (INVEMAR), que garanticen la representatividad de la fauna en el área donde se desarrolla el muestreo.
 - Con la información colectada se elaboran matrices primarias de datos basadas en los listados de especies. Cada una de las especies se califica según parámetros biológico-ecológicos (distribución altitudinal, tamaño, dieta, hábitat, refugio y hábito) y parámetros que valoran el interés público (rareza, vulnerabilidad, migración y extinción). Estos parámetros no son los únicos que se pueden considerar, éstos pueden ser ampliados, en cuyo caso se hace más importante la información recolectada.
- Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad (Villareal et al. 2006). En este manual se detalla, entre otros aspectos, las metodologías de campo y de análisis de datos para el muestreo de la avifauna.
- Resolución 0192 del 14 de febrero de 2014 (MADS 2014) "Por la cual se establece el listado de las especies silvestres amenazadas de la diversidad biológica colombiana que se encuentran en el territorio nacional, y se dictan otras disposiciones".

1.6.4.1 Etapa I: Recopilación, descripción y análisis de información secundaria

Con el fin de caracterizar la fauna silvestre (anfibios, reptiles, aves y mamíferos) de posible ocurrencia en el área de influencia indirecta del proyecto, se consultó y recopiló información disponible para cada grupo, en diferentes fuentes de información que incluyeron: informes técnicos desarrollados en áreas cercanas, guías de campo, listas de especies y bases de datos de colecciones científicas disponibles en línea, las cuales se citan más adelante. La información fue filtrada teniendo en cuenta la distribución conocida de las especies en los municipios de Villavicencio y Acacias, particularmente el piedemonte llanero en el rango altitudinal de 400 - 1200 msnm.

Para las especies de herpetofauna se consultaron bases de datos web, es el caso de Amphibiaweb (2017), Uetz & Hošek (2017), Colección del Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Colombia (ICN-UN 2017), Museo de Zoología Pontificia Universidad Católica del Ecuador (QCAZ 2017), y autores especialistas como Acosta-Galvis (2000, 2014), Páez et al. (2009), Chaves & Santamaría (2006), Palacio et al. (2006), Rueda-Almonacid et al. (2004), Lynch (1999), Ruiz-Carranza et al. (1996), Rivero & Serna (1988) y Cochran (1970). Para el proceso de actualización taxonómica, complementación de información o corrección de la nomenclatura de los nombres científicos y sus autores, se sigue a Frost (2017) y Acosta & Cuentas (2017) para anfibios, y a Uetz & Hošek (2017) para reptiles.

Para el caso de la avifauna se consultaron las publicaciones de Hilty & Brown (2001), McMullan et al. (2010), Lepage (2014) y Restall et al. (2007). Siguiendo la clasificación taxonómica presentada por Remsen et al. (2017) para las aves de Suramérica (SACC en línea). Para las aves con algún tipo de migración se consultó la Guía de Aves Migratorias de Colombia (Naranjo et al. 2012). Para las aves endémicas se consultó la publicación de Chaparro et al. (2013).

En el caso de la mastofauna se consultaron las publicaciones de Solari et al. (2013) Cuartas-Calle & Muñoz-Arango (2003), Defler (2010), Emmons (1997), Mantilla-Meluk et al. (2009), Morales-Jiménez et al. (2004), Muñoz-Arango (2001), Rodríguez-Mahecha et al. (2006), Rossi et al. (2010), Wilson & Reeder (2005) y la base de datos [online] de la Colección del Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Colombia (ICN-UN, 2017). Para las especies migratorias se tiene como base de información la publicación de Amaya & Zapata (2014).

La información de las especies con algún grado de amenaza a nivel nacional, para todos los grupos se basa en la Resolución 0192 de 2014 (MADS) y se apoya en la información de los Libros Rojos de: Anfibios de Colombia (Rueda-Almonacid et al. 2004), Reptiles de Colombia (Morales-Betancourt et al. 2015), Mamíferos de Colombia (Rodríguez-Mahecha et al. 2006) y Aves de Colombia (Renjifo et al. 2002, 2014), además de los listados de la Convención Sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Flora y Fauna Silvestre (CITES 2017).

Para todos los grupos de fauna se consultó el Sistema de Información sobre Biodiversidad (SiB 2017) y se revisaron publicaciones institucionales referentes a la fauna de la Orinoquia, tal es el caso de los trabajos de Lasso et al. (2010), Rangel-Ch. et al. (2014), Corzo et al.

(2011). Así mismo, se consultaron estudios ambientales desarrollados en áreas próximas al área de influencia del proyecto, como son: Estudio de Impacto Ambiental del Área de Perforación Exploratoria CPO-9 (Ecopetrol 2011), Diagnóstico Ambiental de Alternativas para la Línea Eléctrica de 230 kV Estación Generadora de Energía Eléctrica – San Fernando (Ecopetrol 2014).

1.6.4.2 Etapa II: Sitios de muestreo

Definición de Hábitats para fauna

Partiendo de las coberturas de la tierra definidas para las áreas de influencia indirecta y directa del proyecto (**Tabla 1-77**), además de los biomas y las zonas de vida de Holdridge, se definen los hábitats para fauna, a los cuales serán asociados las especies reportadas en las áreas de influencia.

Tabla 1-77 Coberturas de la tierra definidas para las áreas de influencia del proyecto.

Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4	Nivel 5	Símbolo	Área Influencia Directa		Área de Influencia Indirecta		
						ha	%	ha	%	
1. Territorios artificializados	1.1 Zonas Urbanizadas	1.1.1. Tejido urbano continuo			Tuc	0,00	0,00	39,55	0,40	
		1.1.2. Tejido urbano discontinuo			Tud	0,00	0,00	71,44	0,72	
	1.2.1. Zonas industriales o comerciales	1.2.1.1. Zonas industriales	1.2.1.1. Zonas industriales		Zi	0,38	0,36	26,84	0,27	
	1.2. Zonas industriales o comerciales y redes de comunicación	1.2.2. Red vial, ferroviarias y terrenos asociados	1.2.2.1. Red vial y territorios asociados		Rv	0,32	0,30	20,31	0,20	
	1.3. Zonas de extracción mineras y escombreras	1.3.1. Zonas de extracción minera	1.3.1.2. Explotación de hidrocarburos			Ehc	0,00	0,00	79,00	0,80
			1.3.1.5. Explotación de materiales de construcción			Emc	0,00	0,00	23,65	0,24
2. Territorios agrícolas	2.1 Cultivos transitorios				Ct	0,73	0,69	60,08	0,61	
	2.2 Cultivos permanentes	2.2.3. Cultivos permanentes arbóreos	2.2.3.2. Palma de aceite		Pac	19,31	18,12	863,83	8,71	
			2.2.3.3. Cítricos		Ctr	0,70	0,65	74,38	0,75	
	2.3 Pastos	2.3.1. Pastos limpios			PI	26,93	25,27	2.882,69	29,06	
		2.3.2. Pastos arbolados			Pa	20,22	18,97	1.778,87	17,93	
		2.3.3. Pastos enmalezados			Pe	3,94	3,70	681,14	6,87	

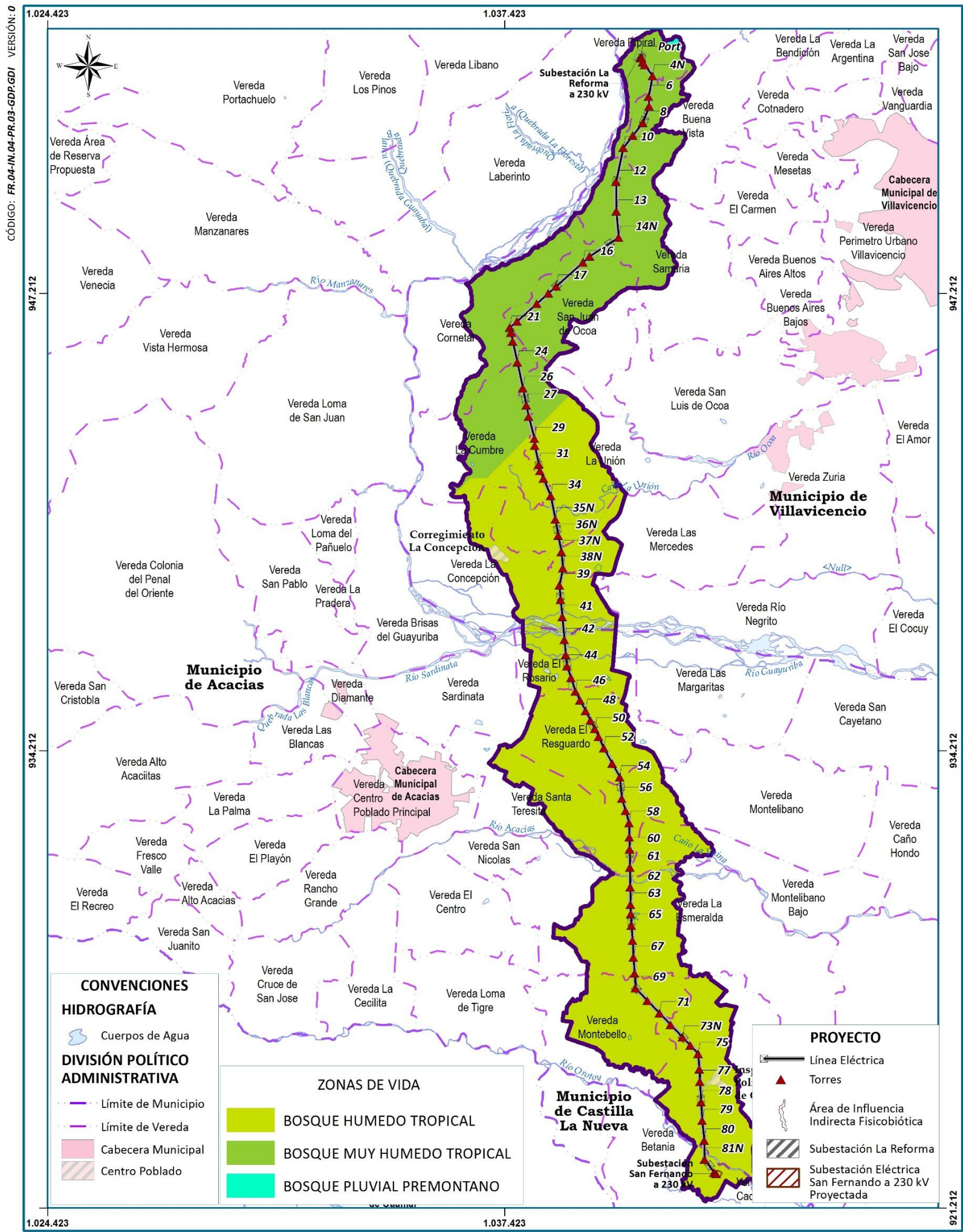
Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4	Nivel 5	Símbolo	Área Influencia Directa		Área de Influencia Indirecta		
						ha	%	ha	%	
3. Bosques y áreas seminaturales	3.1 Bosques	3.1.2. Bosque Abierto	3.1.2.1. Bosque Abierto Alto	3.1.2.1.1. Bosque Abierto Alto de Tierra Firme	Baaf	19,03	17,86	1.862,39	18,77	
		3.1.4. Bosque de galería y/o ripario			Bgr	4,97	4,66	570,40	5,75	
	3.2. Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva	3.2.3. Vegetación secundaria o en transición	3.2.3.1. Vegetación Secundaria Alta			Vsa	5,63	5,29	491,76	4,96
			3.2.3.2. Vegetación Secundaria Baja			Vsb	0,67	0,63	61,82	0,62
	3.3. Áreas abiertas, sin o con poca vegetación	3.3.1. Zonas arenosas naturales	3.3.1.1. Playas			Ply	2,14	2,01	160,77	1,62
		3.3.3. Tierras desnudas y degradadas				Tdd	0,29	0,27	66,18	0,67
4. Áreas húmedas	4.1 Áreas Húmedas Continentales	4.1.1. Zonas Pantanosas			Zpn	0,44	0,41	8,62	0,09	
5. Superficies de agua	5.1 Aguas Continentales	5.1.1 Ríos			R	0,68	0,64	65,37	0,66	
		5.1.2. Lagunas, lagos y ciénagas naturales			LI	0,18	0,17	19,32	0,19	
		5.1.4. Cuerpos de agua artificiales	5.1.4.2. Lagunas de oxidación			Lo	0,00	0,00	9,39	0,09
			5.1.4.3. Estanques para acuicultura continental			Eac	0,00	0,00	3,14	0,03
ÁREA TOTAL						106,56	100,00	9.920,93	100,00	

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

El criterio utilizado para la agrupación de los hábitats, incluyendo los biomas y las coberturas vegetales, fueron las zonas de vida de Holdridge, ya que éstas establecen una notoria diferencia ecológica entre las coberturas y biomas presentes en el sector norte del AID (por encima de 500 msnm) y aquellos localizados en sector sur del AID (por debajo de 500 msnm) (**Imagen 1-27**). En el sector norte se localizan las coberturas del Orobioma Bajo de los Andes y en el sector sur se localizan las coberturas del Helobioma Amazonia - Orinoquia y del Peinobioma de la Amazonia – Orinoquia. Estos dos últimos biomas, para efectos de la caracterización de la fauna en las áreas de influencia, pueden agruparse en una sola categoría puesto que se localizan en el mismo rango altitudinal y pueden presentar conectividad ecológica a través de algunas coberturas vegetales (por ejemplo los bosques

riparios), de manera que pueden compartir un alto número de especies de fauna; adicionalmente, al predominar allí también las coberturas con un alto grado de intervención antrópica, la mayoría de las especies de fauna presentes, corresponderán a especies generalistas, de amplios rangos de acción, comunes, abundantes y adaptadas a hábitats intervenidos, las cuales pueden realizar desplazamientos y usos indiferentes entre estos dos biomas. A partir de esto, se definen diez (10) tipos de hábitats para el área de influencia indirecta, y ocho (8) tipos de hábitats para el área de influencia directa (**Tabla 1-78, Tabla 1-79**).

Imagen 1-27 Zonas de vida de Holdridge en las áreas de influencia directa e indirecta



Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

Tabla 1-78 Hábitats para fauna definidos para el Área de Influencia Indirecta (All)

ID	Hábitats para fauna	Sigla	Área (ha.)	%	Coberturas de la tierra	Zona de vida
1	Bosques del Orobioma Bajo de los Andes	B-OBA	1.862,39	18,77	Bosque Abierto Alto de Tierra Firme	Bmh-T
2	Vegetación secundaria del Orobioma Bajo de los Andes	Vs-OBA	370,13	3,73	Vegetación Secundaria Alta	
					Vegetación Secundaria Baja	
3	Pastos del Orobioma Bajo de los Andes	P-OBA	1.279,32	12,90	Pastos limpios	
					Pastos arbolados	
					Pastos enmalezados	
4	Cuerpos de agua del Orobioma Bajo de los Andes	Ca-OBA	3,07	0,03	Zonas Pantanosas	
					Ríos	
					Lagunas, lagos y ciénagas naturales	
					Playas	
5	Bosques del Helobioma Amazonia - Orinoquia y Peinobioma de la Amazonia -Orinoquia	B-HAO/PAO	570,40	5,75	Bosque Abierto Alto de Tierra Firme	Bh-T
					Bosque de galería y/o ripario	
6	Vegetación secundaria del Helobioma Amazonia - Orinoquia y Peinobioma de la Amazonia -Orinoquia	Vs-HAO/PAO	183,44	1,85	Vegetación Secundaria Alta	
					Vegetación Secundaria Baja	
7	Pastos del Helobioma Amazonia - Orinoquia y Peinobioma de la Amazonia -Orinoquia	P-HAO/PAO	4.063,35	40,96	Pastos limpios	
					Pastos arbolados	
					Pastos enmalezados	
8	Cultivos del Helobioma Amazonia - Orinoquia y Peinobioma de la Amazonia -Orinoquia	Cu-HAO/PAO	992,81	10,01	Palma de aceite	
					Cultivos transitorios	
					Cítricos	
9	Cuerpos de agua del Helobioma Amazonia - Orinoquia y Peinobioma de la Amazonia -Orinoquia	Ca-HAO/PAO	263,53	2,66	Zonas Pantanosas	
					Ríos	
					Lagunas, lagos y ciénagas naturales	
					Playas	
					Lagunas de oxidación	
10	Territorios artificializados del Helobioma Amazonia - Orinoquia y Peinobioma de la Amazonia -Orinoquia	Ta-HAO/PAO	260,79	2,63	Estanques para acuicultura continental	
					Tejido urbano continuo	
					Tejido urbano discontinuo	
					Zonas industriales	
					Red vial y territorios asociados	
Explotación de materiales de construcción						

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

Tabla 1-79 Hábitats para fauna definidos para el Área de Influencia Directa (AID)

ID	Hábitats para fauna	Sigla	Área (ha.)	%	Coberturas de la tierra	Zona de vida
1	Bosques del Orobioma Bajo de los Andes	B-OBA	19,03	17,95	Bosque Abierto Alto de Tierra Firme	Bmh-T
2	Vegetación secundaria del Orobioma Bajo de los Andes	Vs-OBA	4,61	4,35	Vegetación Secundaria Alta	
					Vegetación Secundaria Baja	
3	Pastos del Orobioma Bajo de los Andes	P-OBA	13,49	12,72	Pastos limpios	
					Pastos arbolados	
					Pastos enmalezados	
4	Bosques del Helobioma Amazonia - Orinoquia y Peinobioma de la Amazonia -Orinoquia	B-HAO/PAO	4,97	4,68	Bosque Abierto Alto de Tierra Firme	Bh-T
					Bosque de galería y/o ripario	
5	Vegetación secundaria del Helobioma Amazonia - Orinoquia y Peinobioma de la Amazonia -Orinoquia	Vs-HAO/PAO	1,69	1,59	Vegetación Secundaria Alta	
					Vegetación Secundaria Baja	
6	Pastos del Helobioma Amazonia - Orinoquia y Peinobioma de la Amazonia -Orinoquia	P-HAO/PAO	37,08	34,97	Pastos limpios	
					Pastos arbolados	
					Pastos enmalezados	
7	Cultivos del Helobioma Amazonia - Orinoquia y Peinobioma de la Amazonia -Orinoquia	Cu-HAO/PAO	20,74	19,55	Palma de aceite	
					Cultivos transitorios	
					Cítricos	
8	Cuerpos de agua del Helobioma Amazonia - Orinoquia y Peinobioma de la Amazonia - Orinoquia	Ca-HAO/PAO	3,44	3,24	Zonas Pantanosas	
					Ríos	
					Lagunas, lagos y ciénagas naturales	
					Playas	
					Lagunas de oxidación	
					Estanques para acuicultura continental	

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

A continuación, se describen de manera general los Hábitats para fauna, definidos en el área de influencia directa, partiendo de la descripción de las coberturas de la tierra.

- **Zona de vida Bosque muy húmedo tropical (Bmh-T)**

Bosques del Orobioma Bajo de los Andes: corresponde a la cobertura de bosque abierto alto de tierra firme (Baaf), que con 19,03 hectáreas representa el 17,95% del área de influencia directa del proyecto.

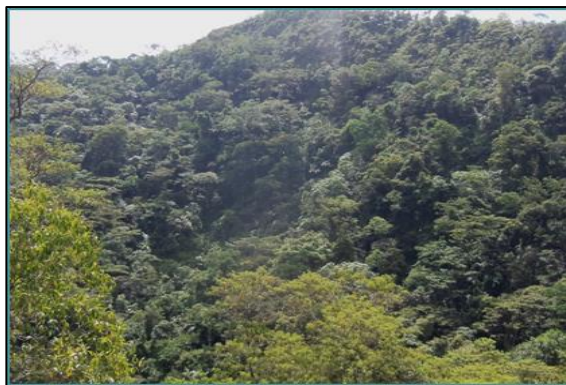
Es una cobertura constituida por elementos típicamente arbóreos, los cuales forman un dosel discontinuo que alcanza alturas de hasta 30 metros. Se caracteriza por desarrollarse en la zona montañosa del área de influencia, que no presentan procesos de inundación periódicos (**Fotografía 1-18, Fotografía 1-19**).



Fotografía 1-18 Vista del Bosque abierto alto de tierra firme, vereda San Juan de Ocoa, municipio de Villavicencio

(946645,00 N 1038478,00 E)

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017



Fotografía 1-19 Vista del Bosque abierto alto de tierra firme, vereda San Juan de Ocoa, municipio de Villavicencio

(946645,00 N 1038478,00 E)

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

Este ecosistema cumple con una función importante para el medio, pues regulan los caudales, controlan la erosión, mejoran las condiciones microclimáticas y favorecen el depósito de material aluvial, enriqueciendo el suelo al retener los nutrientes que son transportados por la corriente, entre otras. Así mismo, actúan como corredores de dispersión, como sitios de refugio, hábitat y lugar de anidación de la fauna silvestre regional (Defler & Rodríguez 1998, Correa et al. 2006).

Vegetación secundaria del Orobioma Bajo de los Andes: La vegetación secundaria presente en el ecosistema del Orobioma bajo de los Andes, corresponde a las coberturas de vegetación secundaria alta (Vsa) y baja (Vsb). Estas dos coberturas son agrupadas en un solo hábitat debido a que representan una etapa sucesional intermedia, que se caracteriza por una alta competencia entre las comunidades vegetales presentes. El hábitat de vegetación secundaria para el Orobioma bajo de los Andes ocupa 4,61 ha que corresponden al 4,35% en el AID.

La vegetación secundaria alta, comprende aquella cobertura vegetal originada por el proceso de sucesión de la vegetación natural que se presenta luego de la intervención o por la destrucción de la vegetación primaria, que puede encontrarse en recuperación tendiendo al estado original. Se desarrolla en zonas desmontadas para diferentes usos, en áreas agrícolas abandonadas y en zonas donde por la ocurrencia de eventos naturales la vegetación natural fue destruida. No se presentan elementos intencionalmente introducidos por el hombre (IDEAM, 2010).

En estados sucesionales avanzados, generalmente están cubiertas por vegetación arbórea con un dosel irregular y presencia ocasional de arbustos, palmas y enredaderas, que corresponden a los estadios intermedios de la sucesión vegetal, después de presentarse un proceso de deforestación de los bosques o aforestación de los pastizales. Se desarrolla luego de varios años de la intervención original, generalmente después de la etapa secundaria baja. Según el tiempo transcurrido se pueden presentar comunidades de árboles formadas por una o varias especies (**Fotografía 1-20, Fotografía 1-21**).



Fotografía 1-20 Vista de la Vegetación secundaria alta, vereda San Juan de Ocoa, municipio de Villavicencio (946914,00 N 1039186,00 E)

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017



Fotografía 1-21 Vista de la Vegetación secundaria alta, vereda San Juan de Ocoa, municipio de Villavicencio (946914,00 N 1039186,00 E)

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

Los estados iniciales de la sucesión (Vsb), son aquellas áreas cubiertas por vegetación principalmente arbustiva y herbácea con dosel irregular y presencia ocasional de árboles y enredaderas, que corresponde a los estadios iniciales de la sucesión vegetal después de presentarse un proceso de deforestación de los bosques o aforestación de los pastizales. Se desarrolla posterior a la intervención original y, generalmente, están conformadas por comunidades de arbustos y herbáceas formadas por muchas especies.

La vegetación secundaria baja comúnmente corresponde a una vegetación de tipo arbustivo-herbáceo de ciclo corto, con alturas que no superan los cinco metros y de cobertura densa. Por lo general corresponde con una fase de colonización de inductores preclimáticos, donde las especies de una fase más avanzada se establecen y comienzan a emerger (**Fotografía 1-22, Fotografía 1-23**).



Fotografía 1-22 Vista de vegetación secundaria baja, vereda San Juan de Ocoa, municipio de Villavicencio (946891,00 N, 1039432,00 E)

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017



Fotografía 1-23 Vista de vegetación secundaria baja, vereda Santa Teresita, municipio de Acacias (930930,00 N, 1040678,00 E)

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

Pastos del Orobioma Bajo de los Andes: En el ecosistema del Orobioma bajo de los Andes, el hábitat de pastos comprende las coberturas de pastos limpios, pastos enmalezados y pastos arbolados, y cuentan con un área de 13,49 ha que corresponden al 12,72% del AID.

Los pastos limpios comprenden las tierras cubiertas con hierba densa de composición florística dominada principalmente por las familias Poaceae y Cyperaceae, dedicadas a pastoreo permanente por un período de dos o más años. La presencia de esta cobertura se debe a la acción antrópica, referida especialmente a su plantación, con la introducción de especies no nativas principalmente, y en el manejo posterior que se hace. Allí se llevan a cabo prácticas de manejo como limpieza, encalamiento, fertilización, entre otras, motivo por el cual se aprecian pastos libres de maleza y con un aspecto homogéneo debido al predominio de la especie que ha sido sembrada.

Por otro lado, los pastos enmalezados, están representados por tierras con pastos y malezas conformando asociaciones de vegetación secundaria (**Fotografía 1-24, Fotografía 1-25**), debido principalmente a la realización de escasas prácticas de manejo o la ocurrencia de procesos de abandono. En general, la altura de la vegetación es menor a 1,5 m.



Fotografía 1-24 Aspecto de las asociaciones de pastos y malezas. Vereda San Juan de Ocoa, municipio de Villavicencio (946724,00 N, 1039277,00 E)

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017



Fotografía 1-25 Aspecto de las asociaciones de pastos y malezas. Vereda San Juan de Ocoa, municipio de Villavicencio (947372,00 N, 1040310,00 E)

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

Por último, los pastos arbolados (Pa) son terrenos cubiertos por una matriz de hierba densa de composición florística dominada principalmente por las familias Poaceae y Cyperaceae, dedicadas a pastoreo permanente por un período de dos o más años, en las cuales se presentan elementos arbóreos utilizados principalmente para darle sombra al ganado.

- **Zona de vida Bosque húmedo tropical (Bh-T)**

Bosques del Helobioma Amazonia - Orinoquia y del Peinobioma de la Amazonia - Orinoquia: Los bosques presentes en los ecosistemas del Helobioma y Peinobioma, corresponden a la cobertura vegetal denominada bosque de galería (Bgr), que presentan una composición florística y estructural similar, por lo tanto, son consideradas un mismo

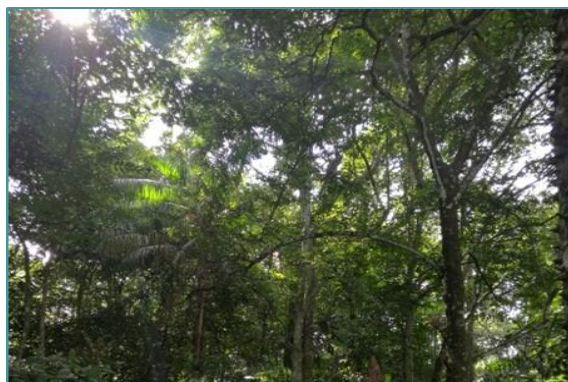
tipo de hábitat para la fauna. El área total para este hábitat es de 4,97 ha que representan el 4,68% del AID.

Los bosques de galería hacen alusión a las coberturas estructuradas por vegetación predominantemente arbórea, localizadas en las márgenes de los cursos de agua permanente o temporal (**Fotografía 1-26 a Fotografía 1-29**), con un patrón de distribución que responde al gradiente nutricional del suelo en territorios de sabana (IDEAM 2010).



Fotografía 1-26 Aspecto del dosel abierto en bosques. Vereda la Esmeralda, municipio de Acacias
(928466,00 N, 1042317,00 E)

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017



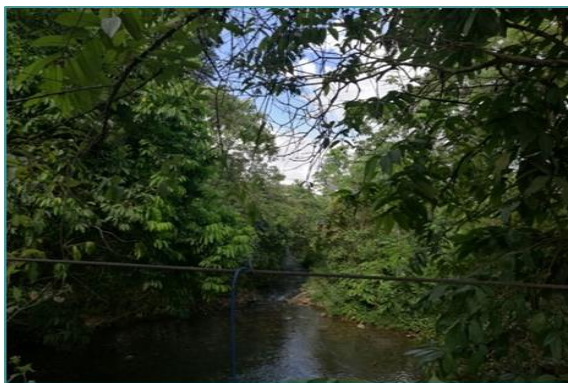
Fotografía 1-27 Aspecto del dosel abierto en bosques. Vereda San Isidro de Chichimene, municipio de Acacias
(925875,00 N, 1043582,00 E)

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017



Fotografía 1-28 Vista de la vegetación arbórea en márgenes de cursos de agua. Vereda las Mercedes, municipio de Acacias (939449,00 N, 1040159,00 E)

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017



Fotografía 1-29 Vista de la vegetación arbórea en márgenes de cursos de agua. Vereda San Isidro de Chichimene, municipio de Acacias (925563,00 N, 1043531,00 E)

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

Vegetación secundaria del Helobioma Amazonia - Orinoquia y del Peinobioma de la Amazonia - Orinoquia: La vegetación secundaria presente en los ecosistemas del Helobioma de la Amazonía y la Orinoquía, y el Peinobioma de la Amazonía y la Orinoquía, corresponde a las coberturas de vegetación secundaria alta (Vsa) y baja (Vsb). Estas dos coberturas son homogéneas en cuanto a la oferta de recursos para la fauna y pueden considerarse como un solo hábitat, que se caracteriza por presentar una etapa sucesional

intermedia donde existe una alta competencia entre las comunidades vegetales presentes. El área total del hábitat es de 1,69 ha que representan el 1,59% del AID. (**Fotografía 1-30**).



Fotografía 1-30 Aspecto de la vegetación secundaria alta, vereda La Concepción, municipio de Villavicencio (939818,00 N, 1038506,00 E)

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA
SAN FERNANDO, 2017

También en estados iniciales de la sucesión (Vsb), son aquellas áreas cubiertas por vegetación principalmente arbustiva y herbácea con dosel irregular y presencia ocasional de árboles y enredaderas, que corresponde a los estadios iniciales de la sucesión vegetal después de presentarse un proceso de deforestación de los bosques o aforestación de los pastizales. Se desarrolla posterior a la intervención original y, generalmente, están conformadas por comunidades de arbustos y herbáceas formadas por muchas especies.

La vegetación secundaria baja corresponde comúnmente a una vegetación de tipo arbustivo-herbáceo de ciclo corto, con alturas que no superan los cinco metros y de cobertura densa. Por lo general es una fase de colonización de inductores preclimáticos, donde las especies de una fase más avanzada se establecen y comienzan a emerger.

Pastos del Helobioma Amazonia - Orinoquia y del Peinobioma de la Amazonia - Orinoquia: Comprende las coberturas de pastos limpios, pastos enmalezados y pastos arbolados. Este hábitat corresponde a las áreas sembradas con pastos y dedicadas a la ganadería (**Fotografía 1-31**). En total el hábitat presenta un área de 37,08 ha que representan un 34,97% del AID.

La vegetación predominante en este hábitat es de porte herbáceo y su presencia atiende a transformación de una cobertura natural para la actividad ganadera. De acuerdo al tipo de manejo que los propietarios hayan definido para sus predios es posible encontrar pastos limpios, pastos enmalezados o pastos arbolados. Los pastos limpios se generan cuando se da prioridad al crecimiento selectivo de algunas especies de pasto, con tratamientos mecánicos o químicos. Algunos ganaderos prefieren mantener los pastos limpios de arvenses, y también mantener árboles para el sombrío de los animales. Los pastos enmalezados pueden presentarse cuando hay abandono de la actividad ganadera o descuido en el manejo de los pastos.



Fotografía 1-31 Vista de pastos limpios loteados para ganadería intensiva, vereda La Esmeralda, municipio de Acacias (928538,00 N, 1040083,00 E)

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

Cultivos del Helobioma Amazonia - Orinoquia y del Peinobioma de la Amazonia -

Orinoquia: Para el Helobioma de la Amazonía y la Orinoquía, y el Peinobioma de la Amazonía y la Orinoquía se distinguen cultivos como el de la palma de aceite, algunos cultivos transitorios y cultivos de cítricos, agrupados en el hábitat de cultivos. Presenta un área de 20,74 ha que representan el 19,55% del AID.

El principal cultivo es el de la palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.) (**Fotografía 1-32, Fotografía 1-33**), que es un cultivo perenne, de tardío y largo rendimiento ya que la vida productiva puede durar más de 50 años, pero desde los 28 años se dificulta su cosecha por la altura del tallo. En general tiene en promedio una vida productiva que oscila entre los 24 y 28 años, en los cuales, con condiciones óptimas de manejo, puede producir 600 toneladas de fruta por hectárea. La distancia de siembra entre palmas es de 9 metros y el sistema de siembra es al tresbolillo. La cosecha se realiza cada 10 días.



Fotografía 1-32 Plantación de palma de aceite, vereda la Concepción, municipio de Villavicencio (938437,00 N, 1038441,00 E)

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017



Fotografía 1-33 Plantación de palma de aceite, vereda Betania, municipio de Castilla La Nueva (922236,00 N, 1044110,00 E)

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

Los restantes cultivos son de cítricos y algunos cultivos transitorios. Esta cobertura comprende cultivos conformados por especies frutales cítricas como naranja, limón, mandarina y lima, entre otras (**Fotografía 1-34**). Por lo general son cultivos de poca extensión en zonas suburbanas, motivo por el cual la fauna silvestre puede ser ahuyentada por los habitantes del sector. No obstante, puede ser utilizada por la fauna como áreas de tránsito y de alimentación, principalmente en horas nocturnas.



Fotografía 1-34 Vista de un cultivo de cítricos,
vereda Montebello, municipio de Acacias
(925918,00 N, 1039726,00 E)

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA
SAN FERNANDO, 2017

Cuerpos de agua del Helobioma Amazonia - Orinoquia y del Peinobioma de la Amazonia - Orinoquia: En este hábitat se agruparon las coberturas con inundación permanente o temporal presentes en el Helobioma de la Amazonía y la Orinoquia, y el Peinobioma de la Amazonía y la Orinoquia, como los son las playas, las zonas pantanosas, los lagos, lagunas y ciénagas naturales, y los ríos. En total el hábitat presenta un área de 3,44 ha que corresponde a 3,24% del AID.

La cobertura de playas son sectores de los cauces de los ríos, los cuales, en época de verano, por falta de caudal no presentan lámina de agua y queda expuesto el material del cauce. Por lo general se inunda en época de lluvias, por lo que se le considera una cobertura con límites variables (**Fotografía 1-35**, **Fotografía 1-36**). Es un hábitat con funciones muy importantes para la fauna silvestre de la región, pues sobre éste acceden las especies a obtener recursos alimentarios y de refugio.



Fotografía 1-35 Aspecto de las playas en el río Guayuriba, vereda La Concepción, municipio de Villavicencio (937973,00 N, 1038584,00 E)

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017



Fotografía 1-36 Aspecto de las playas en el río Orotoy, vereda Betania, municipio de Castilla La Nueva (922280,00 N, 1044126,00 E)

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

Las zonas pantanosas son una cobertura que 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.

Los lagos, lagunas y ciénagas naturales son superficies de agua dulce natural, que en época de altas precipitaciones pueden llegar a conectarse con los ríos. A pesar de tener pequeñas extensiones, son muy importantes para la fauna silvestre pues al igual que los ríos, por ofertar el agua, suministran recurso hídrico.

Por último, los ríos son la cobertura que está constituida por una corriente natural de agua que fluye con continuidad, posee un caudal considerable. Está constituida principalmente por los ríos Guayuriba, Acacias y Orotoy, entre otros. Esta cobertura se convierte en hábitat importante para la fauna silvestre de la región, pues ella es utilizada como áreas de tránsito y alimentación.

Sitios de muestreo

Para caracterizar la fauna en el área de influencia directa del Proyecto “Construcción y operación de la línea de transmisión a 230 kV La Reforma - San Fernando” se efectuaron muestreos de campo entre el 18 de julio y el 7 de agosto de 2017, periodo que coincidió con la fase lunar de cuarto creciente y la época de lluvias (abril a octubre) teniendo en cuenta que el régimen de precipitaciones en la Orinoquia es unimodal – biestacional, y en el piedemonte el mes más lluvioso es mayo (Minorta & Rangel 2014).

Los muestreos se efectuaron en cinco (5) veredas de los municipios de Villavicencio y Acacias (**Tabla 1-80**), abarcando los ocho (8) tipos de hábitats para fauna definidos para el área de influencia directa.

Tabla 1-80 Municipios y veredas visitadas para los muestreos de fauna

Municipio	Vereda
Villavicencio	San Juan de Ocoa
	Las Mercedes
	La Concepción
Acacias	San Isidro de Chichimene
	La Esmeralda

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

Los puntos de muestreo para cada grupo de fauna (herpetofauna, aves y mamíferos) se presentan detalladamente en el mapa de Aprovechamiento de recursos (EEB-SFDO-CT100614-L170-HSE-2045).

1.6.4.3 Etapa III: Métodos de muestreo

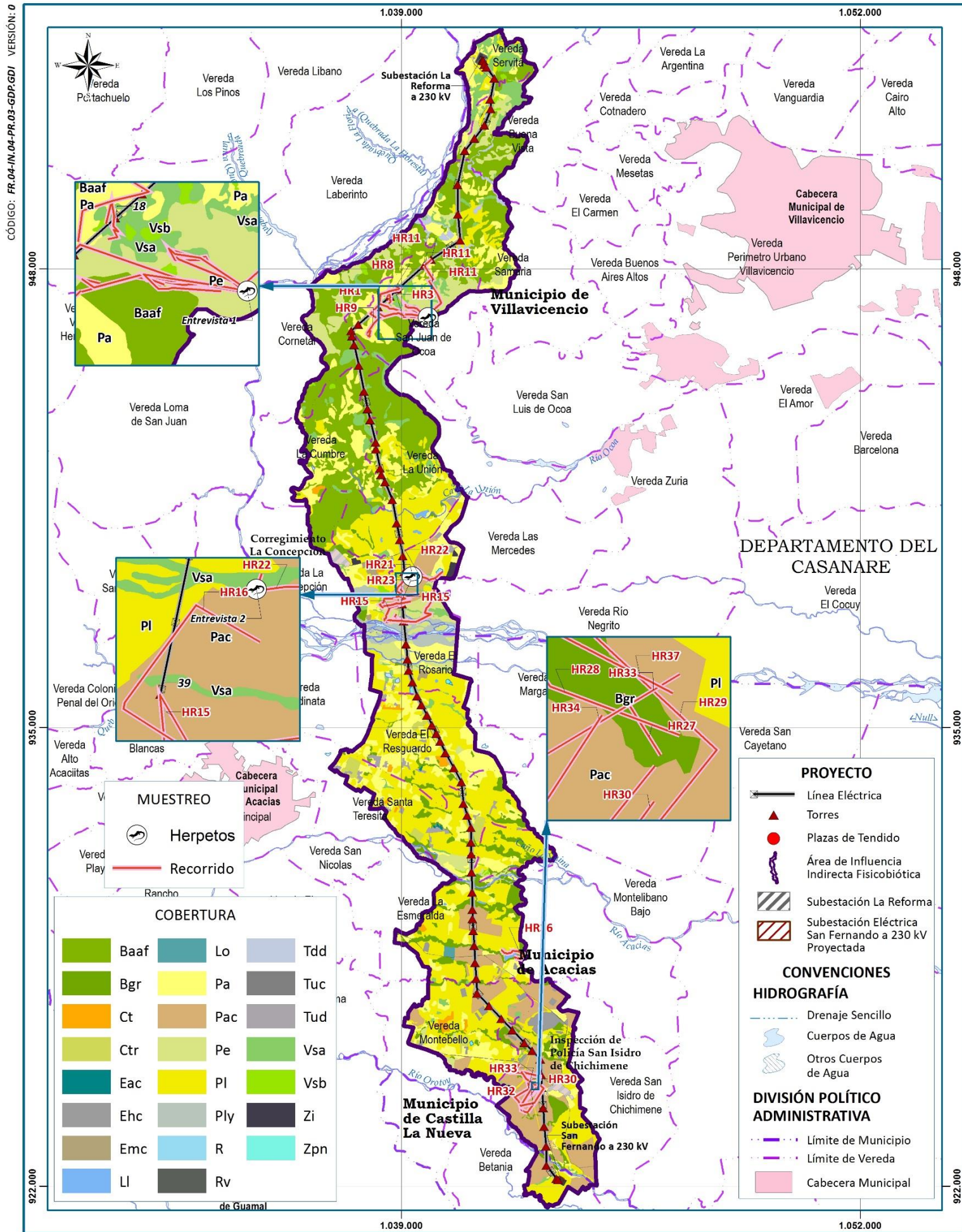
Herpetofauna (anfibios y reptiles)

La detección de anfibios y reptiles se efectúa mediante recorridos de búsqueda y observación, integrando los métodos VES (Survey Visual Encounter – Muestreo por Encuentro Visual) y AES (Survey Acoustic Encounter - Muestreo por Encuentro Acústico) descritos por Angulo et al. (2006) y Crump & Scott (1994), que consisten en la búsqueda y captura manual de la herpetofauna en un área delimitada y durante un tiempo previamente definido. La detección de las especies se hace de manera visual o auditiva, siendo este último método particularmente útil durante la época reproductiva de los anfibios anuros, ya que los machos demuestran alta actividad vocal, y los cantos suelen ser específicos para cada especie. Cada jornada diaria de búsqueda libre y captura se considera una unidad de muestreo, siendo ésta de máximo seis (6) horas de duración, repartida en los siguientes horarios:

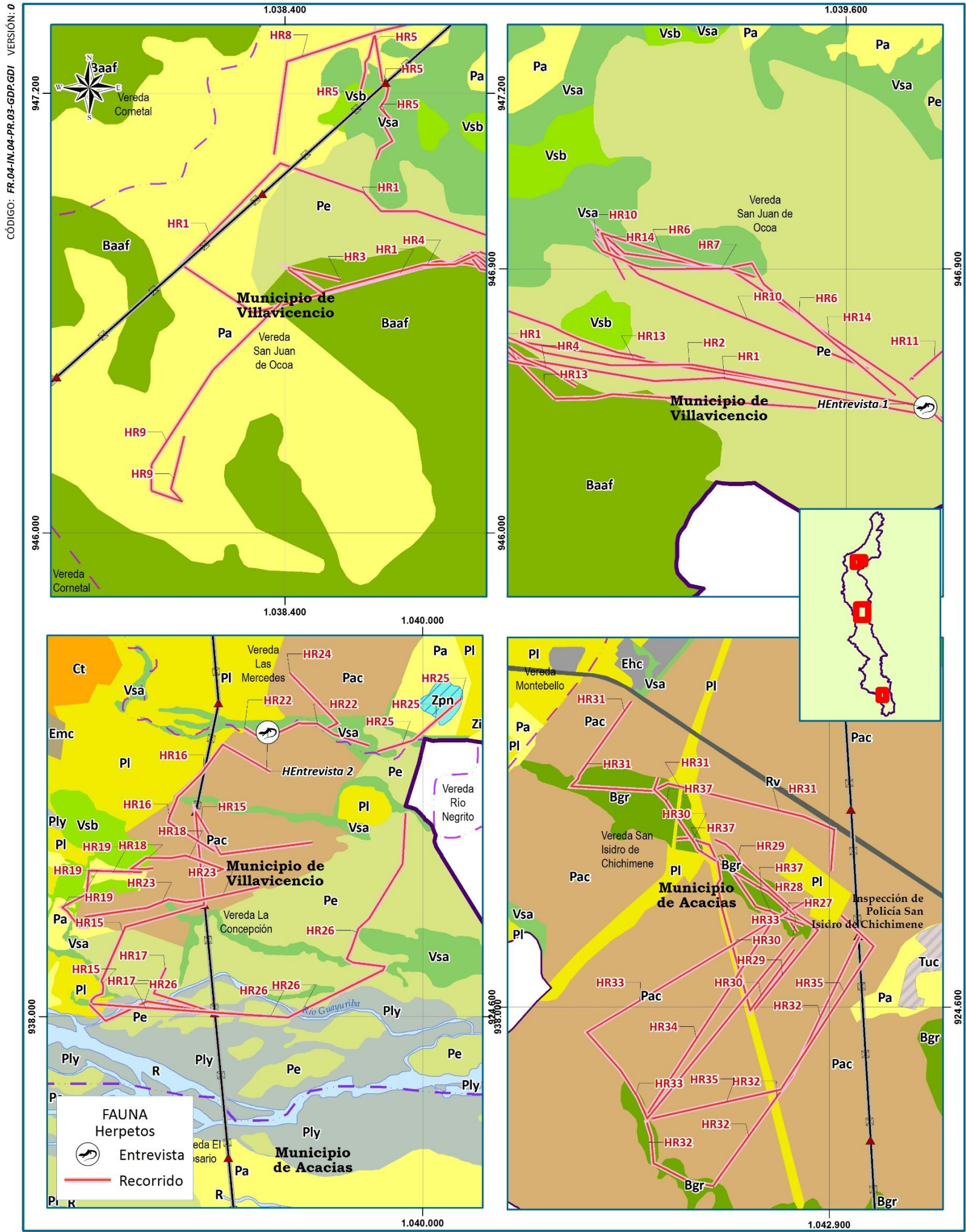
- Para la detección de las especies de hábitos diurnos, desde las 9:00 hasta las 13:00 horas del día.
- Para detectar las especies crepusculares y nocturnas, desde las 17:00 hasta las 21:00 horas.

Durante 18 días efectivos de campo se efectuaron 37 recorridos de búsqueda y observación, abarcando los ocho (8) tipos de hábitats definidos para el área de influencia directa (**Imagen 1-28, Tabla 1-81 y Tabla 1-82**).

Imagen 1-28 Localización de recorridos y muestreos de búsqueda y observación para registrar la herpetofauna (anfibios y reptiles) en el área de influencia directa del proyecto.



FaunaHerpetos.mxd



FaunaHerpetosDetalle.mxd

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

Tabla 1-81 Recorridos de búsqueda y observación para registrar la herpetofauna (anfibios y reptiles) en el área de influencia directa del proyecto.

Fecha	Día	Código GDB	Municipio	Vereda	Hábitats	Duración (min)	Distancia (Km)
19/07/2017	1	HR1	Villavicencio	San Juan de Ocoa	P-OBA	242	7,12
19/07/2017		HR2	Villavicencio	San Juan de Ocoa	P-OBA	138	1,2
20/07/2017	2	HR3	Villavicencio	San Juan de Ocoa	B-OBA	228	1,1
20/07/2017		HR4	Villavicencio	San Juan de Ocoa	B-OBA	182	0,8
21/07/2017	3	HR5	Villavicencio	San Juan de Ocoa	Vs-OBA	164	0,75
21/07/2017		HR6	Villavicencio	San Juan de Ocoa	Vs-OBA	157	0,97
21/07/2017		HR7	Villavicencio	San Juan de Ocoa	Vs-OBA	81	0,42
22/07/2017	4	HR8	Villavicencio	San Juan de Ocoa	P-OBA	185	2
23/07/2017	5	HR9	Villavicencio	San Juan de Ocoa	P-OBA	155	1,2
23/07/2017		HR10	Villavicencio	San Juan de Ocoa	P-OBA	52	0,3
24/07/2017	6	HR11	Villavicencio	San Juan de Ocoa	B-OBA	376	4,4
24/07/2017		HR12	Villavicencio	San Juan de Ocoa	P-OBA	180	0,3
25/07/2017	7	HR13	Villavicencio	San Juan de Ocoa	B-OBA	216	1,6
25/07/2017		HR14	Villavicencio	San Juan de Ocoa	Vs-OBA	218	1,7
27/07/2017	8	HR15	Villavicencio	La Concepción	Cu-HAO/PAO	360	2,8
27/07/2017		HR16	Villavicencio	La Concepción	Cu-HAO/PAO	180	1,5
28/07/2017	9	HR17	Villavicencio	La Concepción	Ca-HAO/PAO	150	1,9
28/07/2017		HR18	Villavicencio	La Concepción	Cu-HAO/PAO	228	1
29/07/2017	10	HR19	Villavicencio	La Concepción	P-HAO/PAO	215	1,1
29/07/2017		HR20	Villavicencio	Las Mercedes y La Concepción	Ca-HAO/PAO	120	0,1
30/07/2017	11	HR21	Villavicencio	Las Mercedes y La Concepción	Vs-HAO/PAO	120	0,25
30/07/2017		HR22	Villavicencio	Las Mercedes y La Concepción	Vs-HAO/PAO	141	1,1
31/07/2017	12	HR23	Villavicencio	Las Mercedes y La Concepción	Cu-HAO/PAO	150	1,1
31/07/2017		HR24	Villavicencio	Las Mercedes y La Concepción	Cu-HAO/PAO	68	0,63
31/07/2017		HR25	Villavicencio	Las Mercedes y La Concepción	Vs-HAO/PAO	83	0,58
01/08/2017	13	HR26	Villavicencio	Las Mercedes y La Concepción	Vs-HAO/PAO	305	5,5
03/08/2017	14	HR27	Acacias	San Isidro de Chichimene	Ca-HAO/PAO	107	0,3
03/08/2017		HR28	Acacias	San Isidro de Chichimene	B-HAO/PAO	126	0,67
03/08/2017		HR29	Acacias	San Isidro de Chichimene	P-HAO/PAO	196	1,7
04/08/2017	15	HR30	Acacias	San Isidro de Chichimene	Cu-HAO/PAO	244	1,4
04/08/2017		HR31	Acacias	San Isidro de Chichimene	B-HAO/PAO	204	1,6
05/08/2017	16	HR32	Acacias	San Isidro de Chichimene	Cu-HAO/PAO	225	1,5
05/08/2017		HR33	Acacias	San Isidro de Chichimene	Cu-HAO/PAO	222	2,5
06/08/2017	17	HR34	Acacias	San Isidro de Chichimene	B-HAO/PAO	154	1,8
06/08/2017		HR35	Acacias	San Isidro de Chichimene	Cu-HAO/PAO	150	1,3
06/08/2017	18	HR36	Acacias	San Isidro de Chichimene	B-HAO/PAO	106	2
07/08/2017	19	HR37	Acacias	San Isidro de Chichimene	B-HAO/PAO	169	1,6

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

Tabla 1-82 Datos consolidados de duración y distancia de los recorridos de herpetofauna en cada Hábitat del área de influencia directa del proyecto.

Hábitat	Duración (min)	Distancia (Km)
B-OBA	1002	7,9
Vs-OBA	620	3,84
P-OBA	952	12,12

Hábitat	Duración (min)	Distancia (Km)
B-HAO/PAO	759	7,67
Vs-HAO/PAO	649	7,43
Ca-HAO/PAO	377	2,3
Cu-HAO/PAO	1827	13,73
P-HAO/PAO	411	2,8
Total	6597	57,79

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

En el método VES se realiza la búsqueda sistemática y constante de anfibios y reptiles, inspeccionando los microhábitats disponibles (epífitas, vegetación herbácea y leñosa, troncos, piedras, hojarasca, material vegetal en descomposición y cuerpos de agua) presentes a lo largo de los recorridos (**Fotografía 1-37, Fotografía 1-38**). Mientras que con el método AES, las detecciones se basan en la identificación de cantos, los cuales son producidos por la mayoría de los anfibios adultos (machos), este método es útil para especies crípticas de difícil observación, pero limitado para estimar abundancias (Crump & Scott 1994, Rödel & Ernst 2004).



Fotografía 1-37 Búsqueda y manipulación diurna de herpetofauna en Pastos del Orobioma Bajo de los Andes

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017



Fotografía 1-38 Búsqueda diurna de herpetofauna en Bosques del Orobioma Bajo de los Andes

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

Para el caso de los anfibios cada individuo se capturó de forma manual, disponiéndolo individualmente en bolsas de tela humedecidas o en bolsas de plástico con una película de agua, para mantenerlos hidratados (**Fotografía 1-39**). En cuanto a los reptiles, se capturaron de forma manual o mediante el uso de una pinza herpetológica, y se dispusieron individualmente en bolsas de tela (**Fotografía 1-40**). Los ejemplares capturados son revisados y fotografiados para su determinación taxonómica, la cual se efectúa basada en los patrones cromáticos y los caracteres morfológicos, confrontados con la bibliografía especializada. Una vez identificados, todos los ejemplares fueron liberados en el mismo sitio de captura.



Fotografía 1-39 Manipulación de anfibios en recorridos nocturnos

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017



Fotografía 1-40 Manipulación de reptiles en recorridos nocturnos

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

Cada registro de las especies de anfibios y reptiles, efectuado en los recorridos y en las entrevistas informales, se registró en un formato de campo diseñado específicamente para tal fin, y cuyo modelo se presenta a continuación (**Tabla 1-83**):

Aves

Para el muestreo de aves se emplearon tres métodos directos: recorridos de observación, puntos de observación y captura de aves con redes de niebla; cada uno, para los ocho (8) hábitats definidos en el área de influencia directa del proyecto.

Los recorridos de observación se hicieron escogiendo en lo posible senderos preestablecidos en cada hábitat y procurando que fueran en las horas de mayor actividad de las aves (05:30 am a 10:30 am; y de 3:00 pm a 6:00 pm) (**Fotografía 1-41 a Fotografía 1-44**). No obstante, dadas las condiciones climáticas por el tiempo del muestreo, donde fueron constantes las precipitaciones, se aprovecharon los tiempos secos o de menos lluvias para efectuar los recorridos.



Fotografía 1-41 Recorrido de observación de aves en Bosques del Orobioma Bajo de los Andes

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017



Fotografía 1-42 Recorrido de observación de aves en Bosques del Helobioma y Peinobioma de la Orinoquía-Amazonia

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017



Fotografía 1-43 Recorrido de observación de aves en Cuerpos de agua del Helobioma y Peinobioma de la Orinoquía-Amazonia

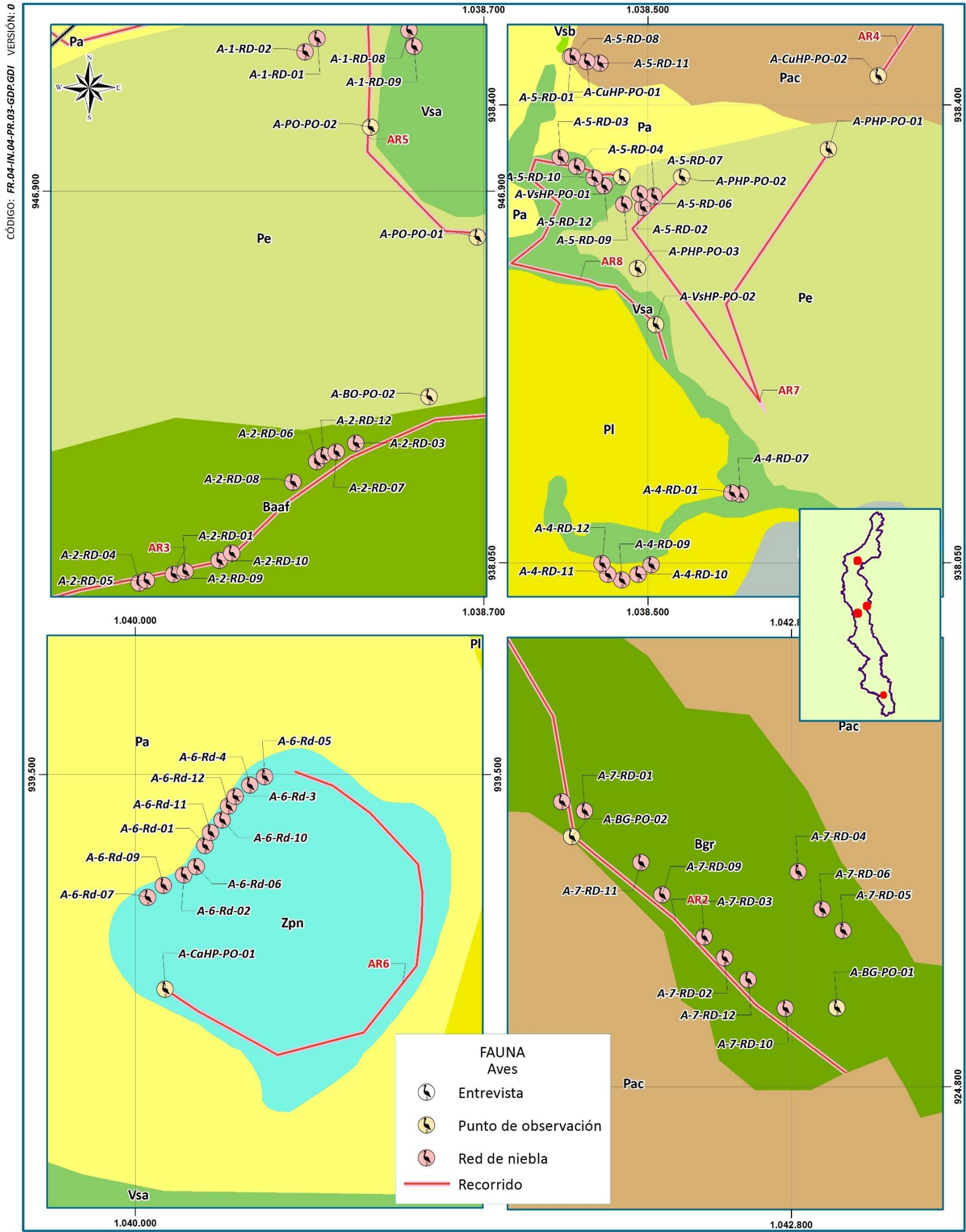
Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017



Fotografía 1-44 Recorrido de observación de aves en Pastos del Orobioma Bajo de los Andes

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

Se efectuaron en total 9 recorridos, visitando los ocho tipos de hábitat definidos (**Imagen 1-29, Tabla 1-84 y Tabla 1-85**).



FaunaAvesDetalle.mxd

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

Tabla 1-84 Recorridos para la búsqueda y observación de aves en el área de influencia directa del proyecto.

Recorrido	Código GDB	Municipio	Vereda	Hábitat	Dist (m)	Tiempo (min)
1	AR1	Acacias	La Esmeralda	B- HAO/PAO	501	63
2	AR2	Acacias	San Isidro de Chichimene	B- HAO/PAO	428	27
3	AR3	Villavicencio	San Juan de Ocoa	B-OBA	1098	124
4	AR4	Villavicencio	La Mercedes y la Concepción	Cp-HAO/PAO	2056	51
5	AR5	Villavicencio	San Juan de Ocoa	P-OBA	1599	78
6	AR6	Villavicencio	La Concepción	Ca-HAO/PAO	319	40
7	AR7	Villavicencio	La Concepción	P-HAO/PAO	442	25
8	AR8	Villavicencio	La Concepción	Vs-HAO/PAO	324	51
9	AR9	Villavicencio	San Juan de Ocoa	Vs-OBA	765	94

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

Tabla 1-85 Datos consolidados de duración y distancia de los recorridos de aves en cada Hábitat del área de influencia directa del proyecto.

Hábitat	Dist (m)	Tiempo (min)
B-OBA	1098	124
Vs-OBA	765	94
P-OBA	1599	78
B- HAO/PAO	929	90
Vs-HAO/PAO	324	51
Ca-HAO/PAO	319	40
Cu-HAO/PAO	2056	51
P-HAO/PAO	442	25
Total	7532	553

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

Otro método para registrar la avifauna del área de influencia directa del proyecto, fue la instalación de redes de niebla de 12 m de largo y 3 m de altura, con ojo de malla de 36 mm. En cada tipo de hábitat se instalaron entre 7 y 11 redes diarias (84 a 132 metros lineales), (**Fotografía 1-45 a Fotografía 1-48**) generalmente en los siguientes horarios:

- En la mañana desde las 05:30 hasta las 10:30 horas
- En la tarde desde las 15:00 hasta las 18:00 horas.

Infortunadamente durante algunos días de muestreo, las condiciones climáticas adversas no favorecieron la apertura de las redes constantemente en los horarios mencionados, de

tal forma que en tales oportunidades fue necesario extender el trabajo con las redes durante horarios adicionales en el día.



Fotografía 1-45 Instalación de redes de niebla para la captura de aves en Bosques del Orobioma bajo de los Andes

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017



Fotografía 1-46 Instalación de redes de niebla para la captura de aves en Cultivos de palma del Helobioma y Peinobioma de la Orinoquía-Amazonia

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017



Fotografía 1-47 Instalación de redes de niebla para la captura de aves en Pastos del Orobioma bajo de los Andes

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017



Fotografía 1-48 Instalación de redes de niebla para la captura de aves en Vegetación secundaria del Orobioma bajo de los Andes

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

Cada red instalada fue georreferenciada para su posterior ubicación cartográfica y para cada una se registró el tiempo de muestreo para el cálculo del esfuerzo invertido (Tabla 1-99, Tabla 1-100).

Tabla 1-86 Localización de las redes de niebla para la captura de aves en el área de influencia directa del proyecto.

Código GDB	Municipio	Vereda	Hábitat	Tiempo de muestreo (horas)
A-1-RD-01	Villavicencio	San Juan de Ocoa	P-OBA	17 h 30 m
A-1-RD-02	Villavicencio	San Juan de Ocoa	P-OBA	17 h 30 m

Código GDB	Municipio	Vereda	Hábitat	Tiempo de muestreo (horas)
A-1-RD-03	Villavicencio	San Juan de Ocoa	Vs-OBA	23 h 45 m
A-1-RD-04	Villavicencio	San Juan de Ocoa	Vs-OBA	17 h 30 m
A-1-RD-05	Villavicencio	San Juan de Ocoa	Vs-OBA	23 h 45 m
A-1-RD-06	Villavicencio	San Juan de Ocoa	Vs-OBA	23 h 45 m
A-1-RD-07	Villavicencio	San Juan de Ocoa	Vs-OBA	17 h 30 m
A-1-RD-08	Villavicencio	San Juan de Ocoa	Vs-OBA	17 h 30 m
A-1-RD-09	Villavicencio	San Juan de Ocoa	Vs-OBA	17 h 30 m
A-2-RD-01	Villavicencio	San Juan de Ocoa	B-OBA	18 h 45 m
A-2-RD-03	Villavicencio	San Juan de Ocoa	B-OBA	18 h 45 m
A-2-RD-04	Villavicencio	San Juan de Ocoa	B-OBA	18 h 45 m
A-2-RD-05	Villavicencio	San Juan de Ocoa	B-OBA	18 h 45 m
A-2-RD-06	Villavicencio	San Juan de Ocoa	B-OBA	19 h 45 m
A-2-RD-07	Villavicencio	San Juan de Ocoa	B-OBA	19 h 45 m
A-2-RD-08	Villavicencio	San Juan de Ocoa	B-OBA	18 h 45 m
A-2-RD-09	Villavicencio	San Juan de Ocoa	B-OBA	18 h 45 m
A-2-RD-10	Villavicencio	San Juan de Ocoa	B-OBA	18 h 45 m
A-2-RD-11	Villavicencio	San Juan de Ocoa	B-OBA	18 h 45 m
A-2-RD-12	Villavicencio	San Juan de Ocoa	B-OBA	18 h 45 m
A-3-RD-03	Villavicencio	San Juan de Ocoa	Vs-OBA	23 h 45 m
A-3-RD-05	Villavicencio	San Juan de Ocoa	Vs-OBA	23 h 45 m
A-3-RD-06	Villavicencio	San Juan de Ocoa	Vs-OBA	23 h 45 m
A-3-RD-07	Villavicencio	San Juan de Ocoa	P-OBA	6 h 15 m
A-3-RD-08	Villavicencio	San Juan de Ocoa	P-OBA	6 h 15 m
A-3-RD-10	Villavicencio	San Juan de Ocoa	P-OBA	6 h 15 m
A-3-RD-11	Villavicencio	San Juan de Ocoa	P-OBA	6 h 15 m
A-4-RD-01	Villavicencio	Las Mercedes y la Concepción	Vs-HAO/PAO	29 h
A-4-RD-05	Villavicencio	Las Mercedes y la Concepción	P- HAO/PAO	7 h 15 m
A-4-RD-07	Villavicencio	Las Mercedes y la Concepción	Vs- HAO/PAO	5 h 15 m
A-4-RD-09	Villavicencio	Las Mercedes y la Concepción	P- HAO/PAO	32 h
A-4-RD-10	Villavicencio	Las Mercedes y la Concepción	P- HAO/PAO	7 h 15 m
A-4-RD-11	Villavicencio	Las Mercedes y la Concepción	P- HAO/PAO	7 h 15 m
A-4-RD-12	Villavicencio	Las Mercedes y la Concepción	P- HAO/PAO	5 h 15 m
A-5-RD-01	Villavicencio	Las Mercedes y la Concepción	Cp- HAO/PAO	24 h 45 m
A-5-RD-02	Villavicencio	Las Mercedes y la Concepción	P- HAO/PAO	24 h 45 m
A-5-RD-03	Villavicencio	Las Mercedes y la Concepción	Vs- HAO/PAO	24 h 45 m
A-5-RD-04	Villavicencio	Las Mercedes y la Concepción	Vs- HAO/PAO	24 h 45 m

Código GDB	Municipio	Vereda	Hábitat	Tiempo de muestreo (horas)
A-5-RD-06	Villavicencio	Las Mercedes y la Concepción	P- HAO/PAO	24 h 45 m
A-5-RD-07	Villavicencio	Las Mercedes y la Concepción	P- HAO/PAO	24 h 45 m
A-5-RD-08	Villavicencio	Las Mercedes y la Concepción	Cp- HAO/PAO	24 h 45 m
A-5-RD-09	Villavicencio	Las Mercedes y la Concepción	P- HAO/PAO	32 h
A-5-RD-10	Villavicencio	Las Mercedes y la Concepción	Vs- HAO/PAO	24 h 45 m
A-5-RD-11	Villavicencio	Las Mercedes y la Concepción	Cp- HAO/PAO	24 h 45 m
A-5-RD-12	Villavicencio	Las Mercedes y la Concepción	Vs- HAO/PAO	24 h 45 m
A-6-RD-01	Villavicencio	La Concepción	Ca- HAO/PAO	5 h 45 m
A-6-RD-02	Villavicencio	La Concepción	Ca- HAO/PAO	5 h 45 m
A-6-RD-05	Villavicencio	La Concepción	Ca- HAO/PAO	5 h 45 m
A-6-RD-06	Villavicencio	La Concepción	Ca- HAO/PAO	5 h 45 m
A-6-RD-07	Villavicencio	La Concepción	Ca- HAO/PAO	5 h 45 m
A-6-RD-09	Villavicencio	La Concepción	Ca- HAO/PAO	5 h 45 m
A-6-RD-10	Villavicencio	La Concepción	Ca- HAO/PAO	5 h 45 m
A-6-RD-11	Villavicencio	La Concepción	Ca- HAO/PAO	5 h 45 m
A-6-RD-12	Villavicencio	La Concepción	Ca- HAO/PAO	5 h 45 m
A-6-RD-3	Villavicencio	La Concepción	Ca- HAO/PAO	5 h 45 m
A-6-RD-4	Villavicencio	La Concepción	Ca- HAO/PAO	5 h 45 m
A-7-RD-01	Acacias	San Isidro de Chichimene	B- HAO/PAO	29 h
A-7-RD-02	Acacias	San Isidro de Chichimene	B- HAO/PAO	29 h
A-7-RD-03	Acacias	San Isidro de Chichimene	B- HAO/PAO	29 h
A-7-RD-04	Acacias	San Isidro de Chichimene	B- HAO/PAO	24 h 30 m
A-7-RD-05	Acacias	San Isidro de Chichimene	B- HAO/PAO	24 h 30 m
A-7-RD-06	Acacias	San Isidro de Chichimene	B- HAO/PAO	24 h 30 m
A-7-RD-07	Acacias	San Isidro de Chichimene	B- HAO/PAO	29 h
A-7-RD-09	Acacias	San Isidro de Chichimene	B- HAO/PAO	29 h
A-7-RD-10	Acacias	San Isidro de Chichimene	B- HAO/PAO	29 h
A-7-RD-11	Acacias	San Isidro de Chichimene	B- HAO/PAO	29 h
A-7-RD-12	Acacias	San Isidro de Chichimene	B- HAO/PAO	29 h

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

Tabla 1-87 Datos consolidados de duración del muestreo de aves con redes de niebla en cada Hábitat del área de influencia directa del proyecto.

Hábitat	Tiempo de muestreo (horas)
B-OBA	208,25
Vs-OBA	212,50
P-OBA	60,00
B- HAO/PAO	305,50

Hábitat	Tiempo de muestreo (horas)
Vs-HAO/PAO	133,25
Ca-HAO/PAO	63,25
Cu-HAO/PAO	74,25
P-HAO/PAO	165,25
Total	1222,25

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

El trabajo con redes se complementó con el método de puntos de observación. Este método consiste en aprovechar los tiempos de baja actividad de las aves y en el intervalo entre revisión y revisión, para desplazarse por el mismo hábitat en donde se encuentran las redes (**Fotografía 1-49**).

En el sitio escogido, se permanece por un tiempo promedio de 5 minutos, tomando nota de las aves observadas y escuchadas. El punto de observación puede utilizarse en repetidas ocasiones. Este método, por ser complementario del trabajo con redes, queda dependiente de la actividad de las aves.



Fotografía 1-49 Registro de aves desde un punto de observación cercano a las redes de niebla

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

Se implementaron en total 17 puntos de observación (**Tabla 1-88**), abarcando los ocho (8) tipos de hábitats del área de influencia directa.

Tabla 1-88 Puntos de observación para el registro de aves en el área de influencia directa del proyecto.

Punto de observación	Código GDB	Municipio	Vereda	Hábitat
1	A-BG-PO-01	Acacias	San Isidro de Chichimene	B-HAO/PAO
2	A-BG-PO-02	Acacias	San Isidro de Chichimene	B-HAO/PAO
3	A-CaHP-PO-01	Villavicencio	Las Mercedes	Ca-HAO/PAO
4	A-CuHP-PO-01	Villavicencio	Las Mercedes	Cu-HAO/PAO
5	A-CuHP-PO-02	Villavicencio	La Concepción	Cu-HAO/PAO
6	A-PHP-PO-01	Villavicencio	La Concepción	P-HAO/PAO
7	A-PHP-PO-02	Villavicencio	La Concepción	P-HAO/PAO
8	A-PHP-PO-03	Villavicencio	La Concepción	P-HAO/PAO

Punto de observación	Código GDB	Municipio	Vereda	Hábitat
9	A-PO-PO-01	Villavicencio	San Juan de Ocoa	P-OBA
10	A-PO-PO-02	Villavicencio	San Juan de Ocoa	P-OBA
11	A-PO-PO-03	Villavicencio	San Juan de Ocoa	P-OBA
12	A-VsHP-PO-01	Villavicencio	La Concepción	Vs-HAO/PAO
13	A-VsHP-PO-02	Villavicencio	La Concepción	Vs-HAO/PAO
14	A-BO-PO-01	Villavicencio	San Juan de Ocoa	Vs-OBA
15	A-BO-PO-02	Villavicencio	San Juan de Ocoa	Vs-OBA
16	A-VO-PO-01	Villavicencio	San Juan de Ocoa	Vs-OBA
17	A-VO-PO-02	Villavicencio	San Juan de Ocoa	Vs-OBA

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

Todas las aves capturadas en las redes, fueron dispuestas temporalmente y de manera individual, en bolsas de tela, a la sombra. Posteriormente, cada ejemplar fue revisado para la toma de fotografías, y el registro de algunas medidas morfométricas y patrones de coloración, para su identificación taxonómica con el soporte de la bibliografía especializada. Una vez identificado el espécimen, fue marcado temporalmente mediante un ligero corte en algunas de las plumas rectoras de la cola y liberado inmediatamente en el sitio de captura (**Fotografía 1-50 a Fotografía 1-53**).



Fotografía 1-50 Manipulación de aves capturadas en redes de niebla

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017



Fotografía 1-51 Manipulación de aves capturadas en redes de niebla

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017



Fotografía 1-52 Manipulación de aves capturadas y marcaje

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017



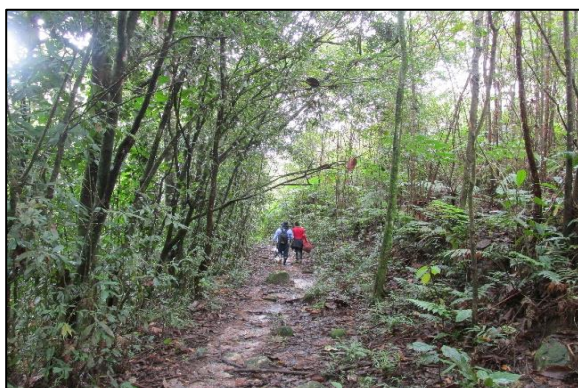
Fotografía 1-53 Identificación taxonómica de las aves capturadas

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

Cada ejemplar registrado en los recorridos de observación, o capturado en las redes, o registrado en las entrevistas, fue anotado en el formato de campo diseñado para tal fin (ver arriba **Tabla 1-88**).

Mamíferos

El primer método a implementar fue el de los recorridos de búsqueda y observación tanto en los estratos altos como en el suelo, para detectar a los mamíferos medianos y grandes de diferentes hábitos (arborícolas, terrestres, fosoriales, acuáticos), o en su defecto, se pueden registrar los diferentes tipos de rastros que suelen dejar los mamíferos: huellas, heces, comederos, madrigueras, rasguños, osamentas, entre otros. Hasta donde fue posible, se tomaron registros fotográficos de todos los avistamientos directos o rastros (**Fotografía 1-54 a Fotografía 1-59**).



Fotografía 1-54 Recorrido de búsqueda y observación de mamíferos en Bosques del Orobioma Bajo de los Andes

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017



Fotografía 1-55 Recorrido de búsqueda y observación de mamíferos en Vegetación secundaria del Helobioma y Peinobioma de la Orinoquía-Amazonia

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017



Fotografía 1-56 Recorrido de búsqueda y observación de mamíferos en Pastos del Orobioma Bajo de los Andes

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017



Fotografía 1-57 Recorrido de búsqueda y observación de mamíferos en Cuerpos de agua del Helobioma y Peinobioma de la Orinoquía-Amazonia

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017



Fotografía 1-58 Recorrido de búsqueda y observación de mamíferos en Pastos del Helobioma y Peinobioma de la Orinoquia-Amazonia

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017



Fotografía 1-59 Recorrido de búsqueda y observación de mamíferos en Bosques del Helobioma y Peinobioma de la Orinoquia-Amazonia

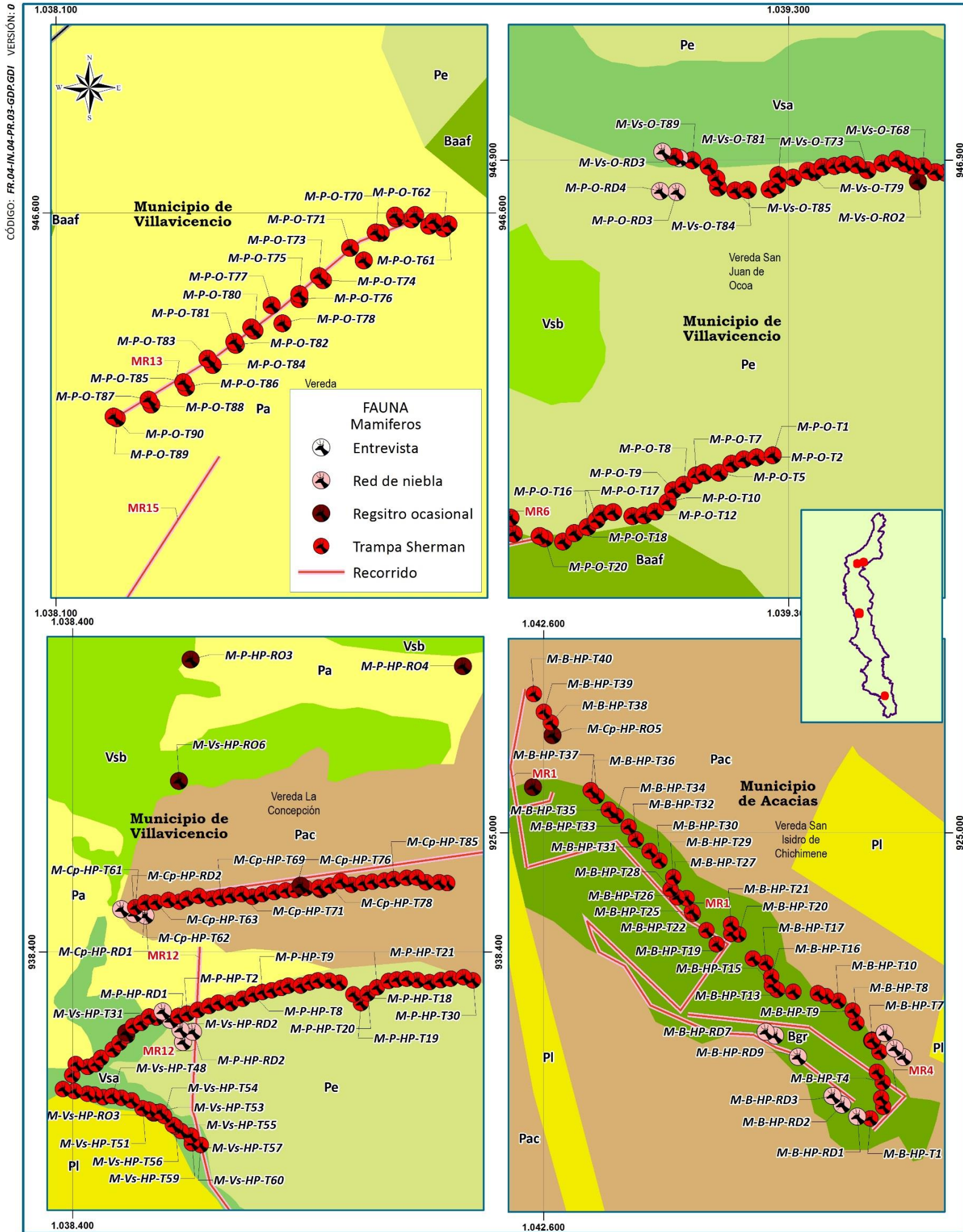
Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

Se efectuaron 18 recorridos de búsqueda y observación, abarcando los ocho (8) tipos de hábitats del área de influencia directa (**Tabla 1-89 e Imagen 1-30**).

Tabla 1-89 Recorridos de búsqueda y observación para el registro de mamíferos medianos y grandes en el área de influencia directa del proyecto.

Recorrido	Código GDB	Municipio	Vereda	Hábitat	Distancia (m)
1	MR1	Acacias	San Isidro de Chichimene	B-HAO/PAO	626
2	MR2	Acacias	San Isidro de Chichimene	B-HAO/PAO	431
3	MR3	Acacias	La Esmeralda	B-HAO/PAO	462
4	MR4	Acacias	San Isidro de Chichimene	B-HAO/PAO	182
5	MR5	Villavicencio	San Juan de Ocoa	B-OBA	506
6	MR6	Villavicencio	San Juan de Ocoa	B-OBA	113
7	MR7	Villavicencio	La Concepción	Ca-HAO/PAO	457
8	MR8	Acacias	La Esmeralda	Ca-HAO/PAO	82
9	MR9	Acacias	San Isidro de Chichimene	Cu-HAO/PAO	936
10	MR10	Villavicencio	La Concepción	Cu-HAO/PAO	918
11	MR11	Villavicencio	La Concepción	Cu-HAO/PAO	793
12	MR12	Villavicencio	La Concepción	P-HAO/PAO	415
13	MR13	Villavicencio	San Juan de Ocoa	P-OBA	232
14	MR14	Villavicencio	San Juan de Ocoa	P-OBA	1148
15	MR15	Villavicencio	San Juan de Ocoa	P-OBA	668
16	MR16	Villavicencio	Las Mercedes	Vs-HAO/PAO	506
17	MR17	Villavicencio	Las Mercedes	Vs-HAO/PAO	306
18	MR18	Villavicencio	San Juan de Ocoa	Vs-OBA	251

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017



FaunaMamíferosDetalle.mxd

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

Tabla 1-90 Datos consolidados de duración y distancia de los recorridos de mamíferos en cada Hábitat del área de influencia directa del proyecto.

Hábitat	Distancia (m)
B-OBA	619
Vs-OBA	251
P-OBA	2048
B-HAO/PAO	1701
Vs-HAO/PAO	812
Ca-HAO/PAO	539
Cu-HAO/PAO	2647
P-HAO/PAO	415
Total	9032

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

El segundo método es la instalación de trampas Sherman® de tamaño mediano (8cm x 23,5cm x 9cm), para la captura de pequeños mamíferos (roedores y marsupiales), dispuestas en línea, a nivel del suelo y separadas entre sí cada 10 m aproximadamente (**Fotografía 1-60 a Fotografía 1-65**). El cebo empleado fue una mezcla de mantequilla de maní (o maní molido), con avena, manteca o grasa vegetal, maíz, y esencias de olor (vainilla, banano).



Fotografía 1-60 Instalación de trampas Sherman (círculo amarillo) en Bosques del Orobioma Bajo de los Andes

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017



Fotografía 1-61 Instalación de trampas Sherman en Vegetación secundaria del Orobioma Bajo de los Andes. Cada cinta de color naranja (círculo amarillo), representa la ubicación de una trampa

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017



Fotografía 1-62 Instalación de trampas Sherman en Pastos del Orobioma Bajo de los Andes

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017



Fotografía 1-63 Instalación de trampas Sherman en Bosques del Helobioma y Peinobioma de la Orinoquía-Amazonia

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017



Fotografía 1-64 Instalación de trampas Sherman en Pastos del Helobioma y Peinobioma de la Orinoquía-Amazonia

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017



Fotografía 1-65 Instalación de trampas Sherman en Cultivos de palma del Helobioma y Peinobioma de la Orinoquía-Amazonia

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

Se instalaron 30 trampas que permanecieron activas y operando de 3 a 5 noches en siete (7) de los ocho hábitats del área de influencia directa (no se incluyó el hábitat de Cuerpos de agua del Helobioma y Peinobioma de la Orinoquía-Amazonia, dado que en este hábitat la estructura de la vegetación asociada metodológicamente no permite la instalación segura de las trampas y su efectividad allí disminuye drásticamente) (**Tabla 1-91**), siendo revisadas y recebadas todos los días en la mañana (8:00 am). Cada trampa instalada fue georreferenciada para su ubicación cartográfica y demarcada en campo con cintas de color.

Tabla 1-91 Ubicación de las trampas Sherman para el registro de pequeños mamíferos en el área de influencia directa del proyecto.

Cantidad de trampas	Códigos GDB	Municipio	Vereda	Hábitat	Tiempo de muestreo (noches)
30	M-B-O-T31 a M-B-O-T60	Villavicencio	San Juan de Ocoa	B-OBA	5
30	M-Vs-O-T61 a M-Vs-O-T90	Villavicencio	San Juan de Ocoa	Vs-OBA	5
30	M-P-O-T1 a M-P-O-T30	Villavicencio	San Juan de Ocoa	P-OBA	5
30	M-P-O-T61 a M-P-O-T90	Villavicencio	San Juan de Ocoa	P-OBA	1
30	M-Vs-HP-T31 a M-Vs-HP-T60	Villavicencio	La Concepción	Vs-HAO/PAO	3
30	M-Cp-HP-T61 a M-Cp-HP-90	Villavicencio	La Concepción	Cu-HAO/PAO	3
30	M-P-HP-T1 a M-P-HP-T30	Villavicencio	La Concepción	P-HAO/PAO	3
40	M-B-HP-T1 a M-B-HP-T40	Acacias	San Isidro de Chichimene	B-HAO/PAO	4

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

El tercer método para el registro de mamíferos fue la instalación de redes de niebla de 12 m de largo y 3 m de altura, con ojo de malla de 36 mm, para la captura de murciélagos (**Fotografía 1-66 a Fotografía 1-69**). En cada tipo de hábitat se instalaron de 2 a 6 redes diarias (24 a 72 metros lineales), durante tres (3) a cinco (5) noches, generalmente desde las 17:30 hasta las 20:30 horas. Sin embargo, en algunas oportunidades y debido a las condiciones climáticas adversas, el tiempo de muestreo fue menor. Mientras permanecieron abiertas, las redes se revisaron cada 5 o 10 minutos para retirar inmediatamente los murciélagos que eran capturados.



Fotografía 1-66 Instalación de redes de niebla en Pastos del Orobioma Bajo de los Andes

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017



Fotografía 1-67 Instalación de redes de niebla en Bosques del Orobioma Bajo de los Andes

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017



Fotografía 1-68 Instalación de redes de niebla en Bosques del Helobioma y Peinobioma de la Orinoquia-Amazonia

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017



Fotografía 1-69 Instalación de redes de niebla en Cultivos de palma del Helobioma y Peinobioma de la Orinoquia-Amazonia

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

Cada red instalada fue georreferenciada para su posterior ubicación cartográfica (Tabla 1-92, Tabla 1-93).

Tabla 1-92 Ubicación de las redes de niebla para el registro de murciélagos en el área de influencia directa del proyecto.

Cantidad de redes	Códigos GDB	Municipio	Vereda	Hábitat	Tiempo de muestreo (horas)
3	M-B-O-RD-1 M-B-O-RD-2 M-B-O-RD-3	Villavicencio	San Juan de Ocoa	B-OBA	2
2	M-B-O-RD-4 M-B-O-RD-5	Villavicencio	San Juan de Ocoa	B-OBA	2,5
2	M-Vs-O-RD-1 M-Vs-O-RD-2	Villavicencio	San Juan de Ocoa	Vs-OBA	3
2	M-Vs-O-RD-3 M-Vs-O-RD-4	Villavicencio	San Juan de Ocoa	Vs-OBA	3,5
2	M-P-O-RD-1 M-P-O-RD-2	Villavicencio	San Juan de Ocoa	P-OBA	3
2	M-P-O-RD-3 M-P-O-RD-4	Villavicencio	San Juan de Ocoa	P-OBA	3,5
2	M-Vs-HP-RD1 M-Vs-HP-RD2	Villavicencio	La Concepción	Vs- HAO/PAO	2
3	M-Cp-HP-RD1 M-Cp-HP-RD2 M-Cp-HP-RD3	Villavicencio	La Concepción	Cu- HAO/PAO	4
3	M-P-HP-RD1 M-P-HP-RD2 M-P-HP-RD3	Villavicencio	La Concepción	P-HAO/PAO	2
6	M-Ca-HP-RD1 M-Ca-HP-RD2 M-Ca-HP-RD3 M-Ca-HP-RD4 M-Ca-HP-RD5 M-Ca-HP-RD6	Villavicencio	Las Mercedes	Ca- HAO/PAO	2
3	M-B-HP-RD1 M-B-HP-RD2	Acacias	San Isidro de Chichimene	B-HAO/PAO	2

Cantidad de redes	Códigos GDB	Municipio	Vereda	Hábitat	Tiempo de muestreo (horas)
	M-B-HP-RD3				
3	M-B-HP-RD4 M-B-HP-RD5 M-B-HP-RD6	Acacias	San Isidro de Chichimene	B-HAO/PAO	2
3	M-B-HP-RD7 M-B-HP-RD8 M-B-HP-RD9	Acacias	San Isidro de Chichimene	B-HAO/PAO	4

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

Tabla 1-93 Datos consolidados de duración del muestreo de aves con redes de niebla en cada Hábitat del área de influencia directa del proyecto.

Hábitat	Cantidad de redes	Tiempo de muestreo (horas)
B-OBA	5	11
Vs-OBA	4	13
P-OBA	4	13
B-HAO/PAO	9	24
Vs-HAO/PAO	2	4
Ca-HAO/PAO	6	12
Cu-HAO/PAO	3	12
P-HAO/PAO	3	6
Total general	36	95

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

Todos los mamíferos capturados, por medio de cualquiera de las técnicas presentadas, fueron dispuestos temporalmente y de manera individual, en bolsas de tela. Posteriormente, cada ejemplar fue revisado su registro fotográfico, toma de medidas morfométricas y patrones de coloración, para su identificación taxonómica con el soporte de la bibliografía especializada (**Fotografía 1-70 a Fotografía 1-77**). Una vez identificado cada espécimen fue liberado en el sitio de captura.

El cuarto método de registro de mamíferos es “Registros ocasionales” que puedan obtenerse durante la fase de campo, a partir de encuentros fortuitos con las especies por fuera de los recorridos o a través de las evidencias suministradas por los demás profesionales o el personal que se encuentre en el área del **proyecto (Fotografía 1-78, Fotografía 1-79)**.



Fotografía 1-70 Manipulación de murciélagos con guantes y bolsas de tela

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017



Fotografía 1-71 Toma de medidas morfométricas a los murciélagos capturados

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017



Fotografía 1-72 Registro fotográfico de caracteres morfológicos (dentición) en murciélagos

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017



Fotografía 1-73 Registro fotográfico de caracteres morfológicos (uropatagio y calcáneo) en murciélagos

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017



Fotografía 1-74 Manipulación de pequeños mamíferos con guantes y bolsa plástica

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017



Fotografía 1-75 Toma de medidas morfométricas en pequeños mamíferos

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017



Fotografía 1-76 Toma de medidas morfométricas en pequeños mamíferos

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017



Fotografía 1-77 Registro fotográfico de caracteres morfológicos (dentición) en pequeños mamíferos

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017



Fotografía 1-78 Registro ocasional de mamíferos en la vía Acacias – San Isidro de Chichimene. Chucha (*Didelphis marsupialis*) atropellada.

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017



Fotografía 1-79 Registro ocasional de mamíferos en la vía Acacias – San Isidro de Chichimene. Oso hormiguero (*Tamandua tetradactyla*) atropellado.

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

Cada ejemplar registrado en los recorridos de observación, capturado en las trampas Sherman®, en las redes de niebla, o registrado ocasionalmente, fue anotado en el formato de campo diseñado para tal fin, cuyo modelo se presenta en la **Tabla 1-83**.

Entrevistas informales

En algunas de las veredas visitadas se realizaron entrevistas informales a los auxiliares de campo y pobladores locales (**Tabla 1-94, Fotografía 1-80 a Fotografía 1-83**) indagando sobre la presencia de las especies de fauna (anfibios, reptiles, aves, mamíferos) reconocidas e identificadas. Así mismo, las entrevistas permitieron recopilar información sobre los usos y presiones locales que existan sobre la fauna local.

Tabla 1-94 Entrevistas informales efectuadas a pobladores locales en el área de influencia del proyecto.

Municipio	Vereda	Número de entrevistas
Villavicencio	San Juan de Ocoa	2
Villavicencio	Las Mercedes	2
Acacias	San Isidro de Chichimene	2

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

Las entrevistas se efectuaron a aquellas personas nativas de la región, o que residan desde hace varios años y que tuvieran un conocimiento preciso de la fauna silvestre local. La información recopilada mediante este método se registró en el formato de campo anteriormente citado (**Tabla 1-83**).

A las personas entrevistadas se les presentan láminas y fotografías publicadas en guías de campo y libros especializados, con el fin de facilitar la identificación taxonómica de las especies que ellos refieran. Para verificar la veracidad de la información suministrada, se efectuaron preguntas direccionadas a comprobar información detallada de cada especie. Al final, las especies relacionadas en la entrevista, fueron únicamente aquellas de las cuales

se pueda hacer una determinación taxonómica acertada y cuya presencia en la región esté sustentada mediante información primaria y/o secundaria.



Fotografía 1-80 Entrevista informal a pobladores locales, hacienda El Bosque, vereda San Juan de Ocoa, Villavicencio

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017



Fotografía 1-81 Entrevista informal a habitantes de la zona en la hacienda El Bosque, vereda San Juan de Ocoa, Villavicencio

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017



Fotografía 1-82 Entrevista informal a pobladores locales, hacienda El Bosque, vereda San Juan de Ocoa, Villavicencio

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017



Fotografía 1-83 Entrevista a auxiliares de campo (habitantes de la zona) en la hacienda San José, vereda Las Mercedes, Villavicencio

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

1.6.4.4 Etapa IV: Análisis de información

- Esfuerzos de muestreo

Recorridos de observación VES y AES para herpetofauna

El esfuerzo total de muestreo invertido en los recorridos de búsqueda libre y captura, se calcula multiplicando el tiempo de duración del total de recorridos, por el número de personas que los efectuaron. De esta forma, el esfuerzo se reporta en unidades de horas-hombre por unidad de ecosistema (Angulo et al. 2006).

Recorridos de observación para avifauna

El esfuerzo de muestreo para los recorridos de observación se mide en horas totales de observación (detección visual y auditiva) por distancia total recorrida (Villareal et al. 2006). Para calcularlo, se registra diariamente la distancia recorrida, y la hora de inicio y final de observación. El resultado se expresa en unidades de horas-km.

Captura de avifauna con redes de niebla

Para el muestreo con redes de niebla, se sigue lo establecido por Villarreal et al. (2006): el esfuerzo de muestreo se mide en horas-red, donde una hora-red equivale a una red de 12 x 2,5 metros abierta durante una hora. Para calcular el esfuerzo de muestreo se contabiliza el número total de metros de red y el número total de horas durante las cuales permanecieron abiertas; este último se calcula teniendo en cuenta la hora de apertura de las redes y la hora de cierre de las mismas.

Esfuerzo de captura = $(\sum \text{metros red}/12\text{m}) \times \text{total horas}$.

Recorridos de observación para mastofauna (medianos y grandes mamíferos)

El esfuerzo de muestreo en los recorridos de observación se calcula igualmente como el producto entre el número de horas, por el número de personas, y se reporta en horas-hombre.

Captura de mastofauna (quirópteros) con redes de niebla

Para el muestreo de murciélagos con redes de niebla, se sigue lo establecido por Villarreal et al. (2006) para la avifauna con este mismo método: el esfuerzo de muestreo se mide en horas-red, donde una hora-red equivale a una red de 12 x 2,5 metros abierta durante una hora. Para calcular el esfuerzo de muestreo se contabiliza el número total de metros de red y el número total de horas durante las cuales permanecieron abiertas; este último se calcula teniendo en cuenta la hora de apertura de las redes y la hora de cierre de las mismas.

Esfuerzo de captura = $(\sum \text{metros red}/12\text{m}) \times \text{total horas}$.

Capturas de mastofauna (pequeños mamíferos) con trampas Sherman

Para los muestreos con trampas Sherman®, el esfuerzo se calcula multiplicando el número de trampas instaladas por el número de noches que permanecieron puestas. El resultado se expresa en unidades de trampas-noche.

- Curvas de acumulación de especies

Para cada grupo de fauna se construyen las curvas de acumulación de especies siguiendo los lineamientos de Villarreal et al. (2006), es decir, aplicando el software EstimateS. Preferiblemente se construirán con datos de presencia/ausencia (estimadores CHAO2, ICE, Jackknife1, Jackknife2, y Bootstrap) porque éstos no presentan el sesgo innato a la técnica y al esfuerzo de muestreo invertido. Las curvas se pueden construir para cada hábitat para

fauna, pero si no tienden a una asíntota, es factible construir una sola curva por cada grupo de fauna, con lo que se puede verificar si el muestreo es o no representativo.

Se calcula el porcentaje (%) de representatividad del muestreo, partiendo de los valores de Riqueza estimados con cada estimador (100%) y comparándolos con el valor obtenido de Riqueza para los datos de campo (Sobs). Si este valor es igual o mayor al 85%, el muestreo es representativo. Solo en este caso se pueden calcular índices de diversidad, de lo contrario, no se calculan. Los índices a calcular serán:

Índice de Dominancia (Simpson)

Tiene en cuenta las especies que están mejor representadas (dominan) sin tener en cuenta las demás. El índice de Simpson (λ) muestra la probabilidad de que dos individuos sacados al azar de una muestra correspondan a la misma especie.

$$\lambda = \sum (n^2/N^2) = \sum p_i^2$$

Donde p_i = abundancia proporcional de la especie i , lo cual implica obtener el número de individuos de la especie i dividido entre el número total de individuos de la muestra.

Índice de Equidad (Shannon- Wiener)

Tiene en cuenta la abundancia de cada especie y qué tan uniformemente se encuentran distribuidas. El índice de Shannon- Wiener (H') asume que todas las especies están representadas en las muestras y que todos los individuos fueron muestreados al azar; indica que tan uniformes están representadas las especies (en abundancia) teniendo en cuenta todas las especies muestreadas.

$$H' = -\sum p_i \ln p_i \quad \text{y} \quad \sum p_i = 1$$

Donde p_i = abundancia proporcional de la especie i , lo cual implica obtener el número de individuos de la especie i dividido entre el número total de individuos de la muestra.

Puede adquirir valores entre cero (0) cuando hay una sola especie y el logaritmo de S cuando todas las especies están representadas por el mismo número de individuos. Puede verse fuertemente influenciado por las especies más abundantes.

De lograrse la representatividad en los muestreos, es decir, mayores al 85% en las curvas de acumulación de especies, será factible efectuar análisis de diversidad beta, comparando la Riqueza de especies entre cada uno de los hábitats, mediante análisis de similitud por cluster (Bray-Curtis).

De no obtenerse una representatividad en los muestreos, es factible agregar a las listas de especies registradas en campo, otras especies que hayan sido registradas directamente en el área del proyecto, partiendo de información secundaria (muestreos anteriores realizados en otros proyectos, colecciones científicas recientes, etc.). Con estos nuevos listados consolidados se podrán efectuar los análisis solicitados en los términos de referencia para caracterizar la fauna en el área de influencia directa del proyecto, como son: determinación de las principales cadenas tróficas, fuentes naturales de alimentación, rutas migratorias de

las especies más representativas, dinámica de la fauna silvestre asociada, interacciones existentes ya sea como refugio, alimento, hábitat, corredores de migración, sitios de concentración estacional y distribución espacial, identificación y caracterización de las especies endémicas, de interés comercial y/o cultural, amenazadas, en peligro crítico, o no clasificadas.

1.6.5 Ecosistemas acuáticos

Para un mejor entendimiento de la etapa metodológica se realiza una descripción de los procesos en dos (2) partes: en la primera se indica la ubicación de las estaciones de monitoreo y las condiciones climáticas presentadas durante el trabajo de campo, mientras que en la segunda se describe el proceso metodológico desarrollado para la ejecución de la campaña de monitoreo. Tanto los procedimientos de muestreo como de laboratorio se realizaron teniendo en cuenta la metodología propuesta en los textos de la APHA-AWWA-WPCF; APHA (American Public Health Association), AWWA (American Water Works Association) y WPCF (Water Pollution Control Federation), en el Standard Methods Edición 22 (2012), en el Manual de Métodos para el Desarrollo de Inventarios de Biodiversidad (2004) del Instituto Alexander von Humboldt, en la Guía para el Monitoreo de Vertimientos, Aguas Superficiales y Subterráneas (2002) del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM y en la Metodología General para la Presentación de Estudios Ambientales (2010) del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

1.6.5.1 Localización y descripción de las estaciones de monitoreo

El trabajo de campo se efectuó los días 23, 24, 25 y 28 de abril de 2016 y el día 12 de mayo de 2016, tomando las muestras de las comunidades hidrobiológicas bentos, perifiton, plancton, macrófitas y peces en las estaciones que se describen en la **Tabla 1-95 e Imagen 1-31**. La campaña de monitoreo en la que se realizó la toma de muestras corresponde a una temporada climática lluviosa en la que el nivel de los sistemas hídricos fue alto.

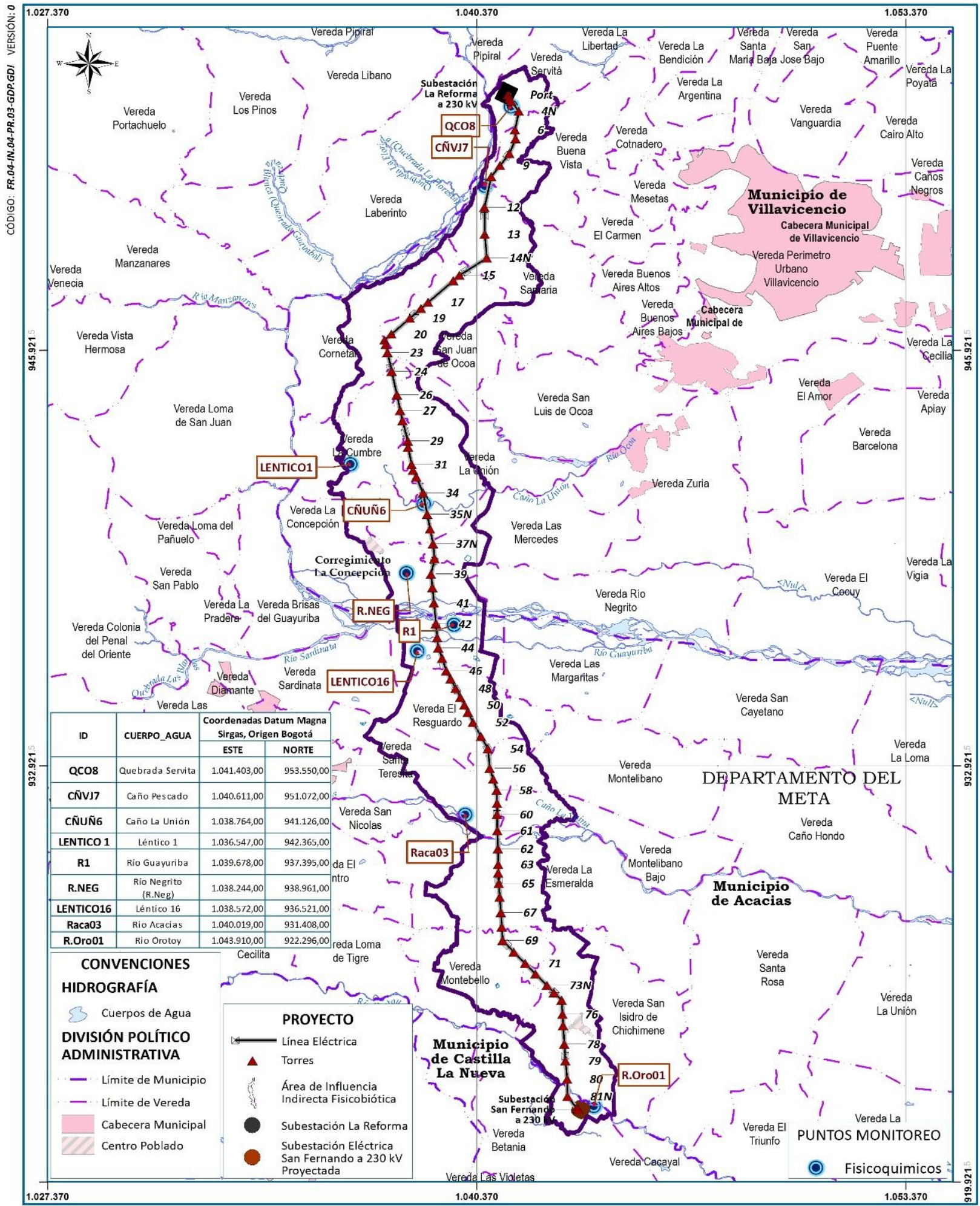
Tabla 1-95 Estaciones de monitoreo de aguas superficiales y ecosistemas acuáticos.

PUNTO DE MUESTREO	COORDENADAS PLANAS (DATUM MAGNA SIRGAS ORIGEN BOGOTÁ)		FECHA DE MONITOREO	LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA (MUNICIPIO / DEPARTAMENTO)
	ESTE	NORTE		
Quebrada Servita	1041403,00	953550,00	23/04/2016	Villavicencio/Meta
Caño Pescado	1040611,00	951072,00	23/04/2016	
Caño La Unión	1038764,00	941126,00	25/04/2016	
Léntico 1	1036547,00	942365,00	25/04/2016	
Río Guayuriba	1039678,00	937395,00	28/04/2016	
Río Negrito (R.Neg)	1038244,00	938961,00	28/04/2016	Acacias/Meta
Léntico 16	1038572,00	936521,00	28/04/2016	
Río Acacias	1040019,00	931408,00	12/05/2016	
Río Orotoy	1043910,00	922296,00	12/05/2016	

Fuente: AMBIUS S.A.S., 2016.

En la **Tabla 1-96**, se presentan las descripciones de cada una de las nueve (9) estaciones de monitoreo acompañadas de los respectivos registros fotográficos.

Imagen 1-31 Localización de los sitios de muestreo en el área del proyecto











Fisicoquimicos.mxd





Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

Tabla 1-96 Descripción puntos de monitoreo de aguas superficiales y ecosistemas acuáticos.

PUNTO DE MUESTREO	DESCRIPCIÓN Y REGISTRO FOTOGRÁFICO
Quebrada Servita	<div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div> <p style="text-align: center;">Fotografía 1-84 Punto de monitoreo Quebrada Servita Coordenadas: 1041403,00 E – 953550,00 N</p> <p>Este punto (Fotografía 1-84) se ubica por debajo del viaducto Pipiral. La quebrada forma un cañón bastante apreciable en este punto, su anchura aproximadamente es de 20 metros y 15 grados de inclinación que hace que el caudal tenga bastante fuerza de arrastre, sus aguas son claras con algún transporte de sedimento observable. El sustrato se compone de arenas gruesas, guijarros, cantos rodados y gran cantidad de piedras de mediano y gran tamaño; sus riberas son bastante inclinadas más o menos 30 grados en ambas márgenes, sobre ellas se pudo observar bastante cantidad de herbáceas y arbustos, también se observaron arboles de mediano y gran tamaño.</p>
Caño Pescado	<div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div> <p style="text-align: center;">Fotografía 1-85 Punto de monitoreo Caño Pescado Coordenadas: 1040611,00 E – 951072,00 N</p> <p>Cuerpo de agua de aproximadamente 30 metros de ancho. Su cauce se separa en varios ramales en ciertos puntos. Sustrato principalmente rocoso y arenoso, sobresaliendo los cantos rodados y guijarros por su abundancia. El agua es de color café oscuro por la cantidad de sedimentos que arrastra a su paso. Sus laderas tienen inclinaciones entre los 30 y 40 grados aproximadamente, la vegetación en ellas se compone de árboles de mediano y pequeño tamaño, arbustos, herbáceas. Se observaron algunos parches de gramíneas (Fotografía 1-85).</p>

PUNTO DE MUESTREO	DESCRIPCIÓN Y REGISTRO FOTOGRÁFICO	
Caño La Unión	<div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div> <p style="text-align: center;">Fotografía 1-86 Punto de monitoreo Caño La Unión Coordenadas: 1038764,00 E – 0941126,00 N</p> <p>Este punto de monitoreo (Fotografía 1-86) es de aguas claras con una inclinación leve y de sustrato rocoso; los cantos rodados y los guijarros componen la mayor parte del lecho, junto con la arena gruesa color amarillo. Cerca de la sección monitoreada se observa un puente vehicular que une las dos partes de una carretera terciaria. En las riberas se pudo observar vegetación compuesta en su mayoría por arboles medianos, arbustos y herbáceas, aunque una de sus márgenes colindaba con un potrero cubierto de gramíneas que posiblemente es utilizado para forrajeo de bovinos.</p>	
Léntico 1	<div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div> <p style="text-align: center;">Fotografía 1-87 Punto de monitoreo cuerpo Léntico 1 Coordenadas: 1036547,00 E – 0942365,00 N</p> <p>Cuerpo de agua léntico de pequeño tamaño. En sus alrededores se observan asentamientos humanos que posiblemente realicen vertimiento y consuman el líquido de este sistema. El agua es clara con leve aroma a materia orgánica en descomposición, dentro de ella se observaron numerosas larvas de insectos y algunos alevinos de peces. Sus riberas son de inclinación suave en algunos sectores y de unos 30 grados en los otros; en ellas se pudo observar la presencia de arbustos y árboles, y en las partes despejadas gramíneas. En las orillas se acumulan diferentes clases de macrófitas características de estos cuerpos. El sustrato en las márgenes es de tipo lodoso arcilloso, con algunos limos y arenas (Fotografía 1-87)</p>	

PUNTO DE MUESTREO	DESCRIPCIÓN Y REGISTRO FOTOGRÁFICO	
Río Guayuriba	<div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div> <p style="text-align: center;">Fotografía 1-88 Punto de monitoreo Río Guayuriba Coordenadas: 1039678,00 E – 0937395,00 N</p> <p>Río importante de aproximadamente 60 metros de ancho de configuración trenzada y de aguas turbias por el gran transporte de sedimentos que lleva su cauce. Su lecho se compone de arenas, cantos rodados y guijarros. Cerca al punto de muestreo se practica la minería de material de construcción, el cual se saca del lecho del río. La vegetación en las riberas en esta estación es muy parecida a las encontradas en los demás puntos de muestreo, esta se compone principalmente de árboles, arbustos, herbáceas y gramíneas (Fotografía 1-88).</p>	
Río Negrito	<div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div> <p style="text-align: center;">Fotografía 1-89 Punto de monitoreo Río Negrito Coordenadas: 1038244 E – 0938961 N</p> <p>Cuerpo de aguas turbias con leve olor a aguas residuales, atraviesa la vía principal de la empresa minera que hace explotación sobre el río Guayuriba. El sustrato en este punto es lodoso con presencia de guijarros y cantos rodados. Las riberas están cubiertas principalmente por gramíneas y arbustos, más lejos se observó la presencia de árboles de mediano tamaño. Cerca de la sección muestreada desemboca un caño que lleva un fuerte olor a aguas residuales proveniente de las instalaciones principales de la minera en este punto (Fotografía 1-89).</p>	

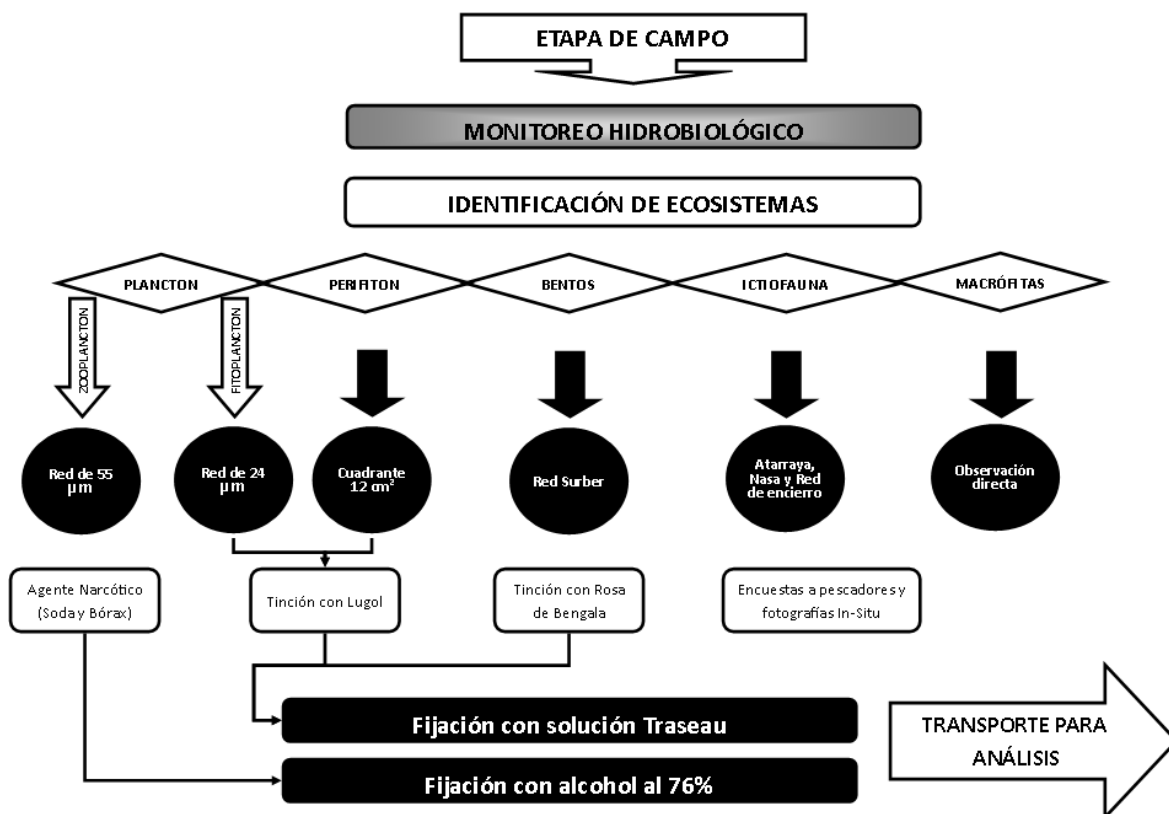
PUNTO DE MUESTREO	DESCRIPCIÓN Y REGISTRO FOTOGRÁFICO	
Léntico 16	<div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div> <p style="text-align: center;">Fotografía 1-90 Punto de monitoreo cuerpo Léntico 16 Coordenadas: 1038572 E – 0936521 N</p> <p>Pequeño lago de aguas cristalinas dentro de los terrenos de una finca, se observa un encierro para el cultivo de peces en uno de sus costados. En el lado sur se vierten las escorrentías de los establos de la hacienda. La presencia de macrofitas de distintas especies es apreciable tanto emergentes como sumergidas. En las riberas se observó un bosque de protección conformado principalmente por arbustos, herbáceas y árboles de mediano tamaño, entre los cuales se destacan frutales como el mango y la guama. El sustrato es de características lodosas en algunos sectores y areno-rocosa en otros (Fotografía 1-90).</p>	
Río Acacias	<div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div> <p style="text-align: center;">Fotografía 1-91 Punto de monitoreo Río Acacias Coordenadas: 1040019 E – 0931408 N</p> <p>El muestreo se realizó sobre el brazo oriental del río Acacias, ya que antes de este punto el río principal se bifurca. La sección mostró un ancho de aproximadamente 20 metros con color del agua marrón y olor característico de material orgánico en descomposición. El sustrato se compone principalmente de cantos rodados y arenas gruesas, pero en algunos puntos se observaron lodos, posiblemente compuestos por arcillas y limos. En las riberas se detectaron en su mayoría gramíneas, arbustos y herbáceas, con alguna presencia de árboles (Fotografía 1-91).</p>	

PUNTO DE MUESTREO	DESCRIPCIÓN Y REGISTRO FOTOGRÁFICO	
Río Orotoy	<div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div> <p style="text-align: center;">Fotografía 1-92 Punto de monitoreo Río Orotoy Coordenadas: 1043910 E – 0922296 N</p> <p>Río de aguas claras con sustrato compuesto principalmente de cantos rodados y arenas gruesas. Su inclinación es de menos de 10 grados aproximadamente, lo que provoca una corriente suave en este sector. Cerca de la estación desemboca un pequeño riachuelo de aguas claras. La sección muestreada es de aproximadamente 25 metros, su profundidad no supera los 0,5 metros. En las riberas se observó vegetación principalmente compuesta por árboles de mediano tamaño, arbustos, herbáceas y gramíneas (Fotografía 1-92).</p> <p style="text-align: center;">Fuente: AMBIUS S.A.S., 2016.</p>	

1.6.5.2 Etapa de campo

Dentro de la fase metodológica del componente biótico de ecosistemas acuáticos, una vez identificados los sitios para la toma de las muestras, se ejecutaron los procedimientos establecidos para cada comunidad y luego se procedió a la preservación de las muestras, de acuerdo al diagrama que se muestra en la **Imagen 1-32 (Anexo D.6. Componente calidad del agua)**. Los monitoreos de cada una de las comunidades hidrobiológicas contemplo muestreos representativos abarcando los diferentes microhábitats identificados en cada uno de los cuerpos de agua evaluados.

Imagen 1-32 Actividades de la etapa de campo.



Fuente: AMBIUS S.A.S., 2016.

- **Plancton**

Fitoplancton: Las muestras fueron colectadas teniendo en cuenta un volumen de 100 litros que se obtuvieron haciendo uso de un balde aforado, esta muestra se filtró con ayuda de una red de diámetro de ojo de malla de 26 µm. Esta red en su parte inferior tiene un colector en el cual se concentran los organismos (**Fotografía 1-93**). Los volúmenes de las muestras concentradas fueron vaciados en frascos ámbar y posteriormente fijados con solución Traseau (agua destilada, alcohol al 70% y formol al 40%, mezclados en proporción 6:3:1), en proporción 1:1 por volumen de muestra; para facilitar la observación e identificación de los microorganismos se agregaron unas gotas de Lugol. Finalmente, las muestras fueron rotuladas y sus datos fueron consignados en la documentación diligenciada en campo (cadenas de custodia y formatos de campo).

Zooplancton: La colecta de las muestras se efectuó siguiendo la misma metodología antes descritas para el fitoplancton; siendo diferente solo el tipo de red utilizada (55 µm de ojo de malla) (**Fotografía 1-93**). Las muestras fueron depositadas en frascos ámbar debidamente etiquetados. Para evitar la contracción o distorsión de las membranas celulares de los microorganismos, se adicionó a la muestra un agente narcótico (trazas de bórax). Una vez

los microorganismos fueron adormecidos y pasados 30 minutos de haber adicionado los agentes narcotizantes, se añadió la solución fijadora (Etanol 70 %). Finalmente, las muestras fueron trasladadas al laboratorio para su posterior análisis.

Cabe mencionar que solo se tomaron muestras de plancton en los dos (2) cuerpos lenticos estudiados.



Fotografía 1-93 Muestreo de la comunidad planctónica.

Fuente: Información de campo. AMBIUS S.A.S., 2016.

- **Perifiton**

La colecta de las muestras de perifiton se efectuó raspando los sustratos sumergidos en los cuerpos de agua, como troncos, piedras y hojas (**Fotografía 1-94**). Para este propósito, se empleó como instrumento colector un cepillo y se tuvo en cuenta el área de raspadura (cuadrante de perifiton de 12 cm²) (**Tabla 1-97**). Posteriormente, los microorganismos adheridos al instrumento fueron resuspendidos en un frasco de plástico ámbar con solución Transeau, al cual se le agregaron unas gotas de Lugol para facilitar la identificación en el laboratorio. Finalmente, las muestras fueron marcadas, registradas en las planillas de campo y almacenadas en una nevera de icopor para su posterior traslado al laboratorio.





Fotografía 1-94 Muestreo de la comunidad perifítica.

Fuente: Información de campo. AMBIUS S.A.S., 2016.

Tabla 1-97 Número de raspaduras realizadas por estación de muestreo para el monitoreo de perifiton.

PUNTO DE MUESTREO	NUMERO DE RASPADURAS (TRONCOS, HOJAS O PIEDRAS)	ÁREA MUESTREADA (cm2)
Quebrada Servita	5	60,0
Caño Pescado	5	60,0
Caño La Unión	5	60,0
Léntico 1	5	60,0
Río Guayuriba	5	60,0
Río Negrito (R.Neg)	5	60,0
Léntico 16	5	60,0
Río Acacias	5	60,0
Río Orotoy	5	60,0

Fuente: Información de campo. AMBIUS S.A.S., 2016.

- **Macroinvertebrados Acuáticos (Bentos)**

La colecta de las muestras de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos se efectuó por medio de una Red Surber de 283 μ m en las nueve (9) estaciones de monitoreo, esta fue colocada sobre el sustrato con la abertura en contra de la corriente; de esta manera, el material removido del sustrato es arrastrado hacia el interior del cono de la red, donde los sedimentos junto con los organismos quedan retenidos (**Fotografía 1-95**). Se realizaron varios barridos en diferentes partes del cuerpo de agua con el fin de homogenizar la muestra y hacerla representativa. Los datos del área total muestreada por cuerpo de agua se encuentran en la **Tabla 1-98**.

El material fue depositado en bolsas de seguridad, fijado con solución Transeau y teñido con el colorante Rosa de Bengala. Posteriormente las muestras fueron rotuladas y almacenadas en una nevera de icopor. A todas las muestras se les realizó un registro, cumpliendo con los requisitos expuestos en las planillas de campo.



Fotografía 1-95 Muestreo de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos.

Fuente: Información de campo. AMBIUS S.A.S., 2016.

Tabla 1-98 Número de barridos y área total por estación de muestreo utilizados para el monitoreo de bentos.

PUNTO DE MUESTREO	DISPOSITIVO DE MUESTREO	NUMERO DE TOMAS	ÁREA MUESTREADA (m2)
Quebrada Servita	Red surber	10	0,90
Caño Pescado	Red surber	7	0,63
Caño La Unión	Red surber	5	0,45
Léntico 1	Red surber	5	0,45
Río Guayuriba	Red surber	3	0,27
Río Negrito (R.Neg)	Red surber	5	0,45
Léntico 16	Red surber	5	0,45
Río Acacias	Red surber	5	0,45
Río Orotoy	Red surber	5	0,45

Fuente: Información de campo. AMBIUS S.A.S., 2016.

- **Comunidad Íctica (peces)**

La toma de muestras de la comunidad íctica se realizó con la cooperación de un profesional especializado de Antea Colombia S.A.S, empleando diferentes artes de pesca como nasa, atarraya y red de arrastre. Se efectuaron varios barridos y lances, durante una (1) hora (**Tabla 1-99**). En caso de capturar algún individuo fue preservado uno de cada morfotipo

para su identificación en laboratorio y los restantes fueron devueltos a su medio natural, registrando también fotografías y datos morfométricos.



Fotografía 1-96 Muestreo de la comunidad íctica.
Fuente: Información de campo. AMBIUS S.A.S., 2016.

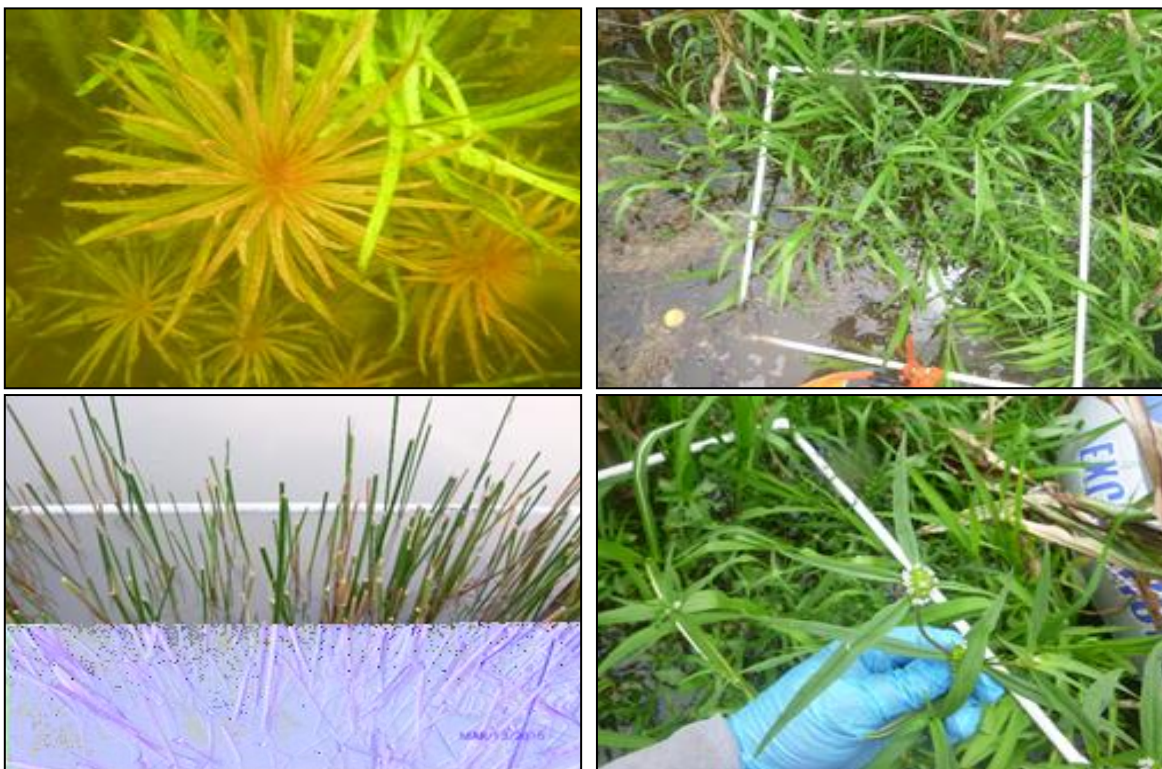
Tabla 1-99 Arte de pesca y esfuerzo muestral por estación de muestreo para el monitoreo de ictiofauna.

PUNTO DE MUESTREO	ARTE DE PESCA	ESFUERZO MUESTREAL
Quebrada Servita	Atarraya y Nasa	1 hora
Caño Pescado	Atarraya y Red de Arrastre	1 hora
Caño La Unión	Atarraya y Red de Arrastre	1 hora
Léntico 1	Atarraya	1 hora
Río Guayuriba	Atarraya y Red de Arrastre	1 hora
Río Negrito (R.Neg)	Atarraya y Red de Arrastre	1 hora
Léntico 16	Atarraya	1 hora
Río Acacias	Atarraya y Red de Arrastre	1 hora
Río Orotoy	Nasa	1 hora

Fuente: Información de campo. AMBIUS S.A.S., 2016.

- **Macrófitas Acuáticas**

El monitoreo de macrófitas acuáticas se realizó a partir de observaciones directas y/o uso de cuadrantes (**Fotografía 1-97 y Tabla 1-100**). Los morfotipos encontradas en campo se colectaron manualmente, tratando de obtener una muestra representativa, con todas las estructuras posibles (raíces, hojas, etc.) que facilitara su análisis en laboratorio. Posteriormente, éstas se extendieron en hojas de papel periódico y con la ayuda de un atomizador se rosearon con solución alcohol y se prensaron en dos láminas de cartón para su conservación y transporte.



Fotografía 1-97 Muestreo de la comunidad de macrófitas acuáticas.

Fuente: Información de campo. AMBIUS S.A.S., 2016.

Tabla 1-100 Esfuerzo muestral por estación de muestreo para el monitoreo de macrófitas acuáticas.

PUNTO DE MUESTREO	TIPO DE MONITOREO	ESFUERZO MUESTREAL
Léntico 1	Transecto - Cuadrante	10 m X 1m ²
Léntico 16	Transecto - Cuadrante	10 m X 1m ²

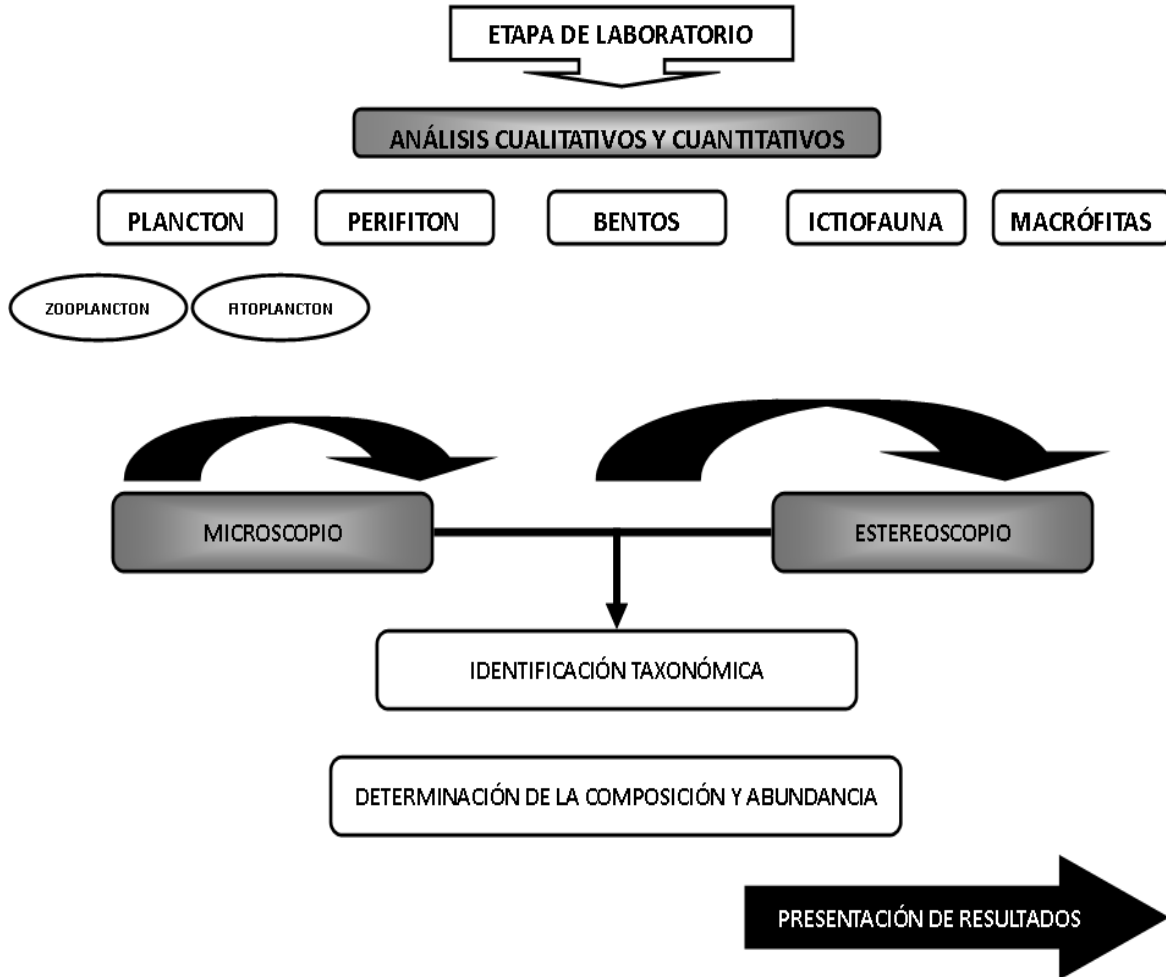
Fuente: Información de campo. AMBIUS S.A.S., 2016.

1.6.5.3 Etapa de laboratorio

- **Comunidades hidrobiológicas**

En esta etapa, se procedió al análisis de las muestras colectadas en campo mediante la determinación de la composición y abundancia de las comunidades hidrobiológicas en los cuerpos de agua señalados anteriormente. Las actividades pertenecientes a esta etapa se ilustran en la **Imagen 1-33**.

Imagen 1-33 Actividades etapa de laboratorio.



Fuente: AMBIUS S.A.S., 2016.

El recuento e identificación de los organismos del plancton y el perifiton, se realizó con base a la metodología propuesta en los textos de la APHA-AWWA-WPCF; APHA (American Public Health Association), AWWA (American Water Works Association) y WPCF (Water Pollution Control Federation), en el Standard Methods Edición 22 (2012). Se empleó un microscopio de luz compuesto en aumentos de 10X y/o 40X y en una cámara Sedgwick-Rafter donde se realizaron varios transectos visuales por medio de barridos en zig-zag con el fin de contabilizar todos los organismos presentes en las muestras tomadas.

Las muestras colectadas de macroinvertebrados acuáticos, fueron seleccionadas haciendo uso de tamices de 0,5 mm. Este material fue analizado sobre bandejas esmaltadas blancas, cajas de petri y portaobjetos con ayuda de un microscopio de luz (aumentos de 10X y 40X) y/o estereoscopio, según la necesidad.

Para la comunidad íctica se realizó una determinación taxonómica en campo teniendo en cuenta la merística y morfometría. De los especímenes más raros se trajo la muestra de un individuo completo que se analizó posteriormente en el laboratorio, así como se efectuó con las capturas incidentales de monitoreos como el de macroinvertebrados acuáticos. El trabajo de laboratorio consistió en el análisis de los individuos a nivel de dientes, escamas, radios y demás características físicas y morfométricas, haciendo uso principalmente de un estereoscopio.

Finalmente, para las macrófitas acuáticas, su determinación se basó en la observación de las estructuras vegetativas y florales de las plantas. Así mismo, al igual que para la ictiofauna, se colectaron en campo aquellos ejemplares no identificados. En laboratorio las muestras se analizaron haciendo uso de un estereoscopio.

Para la identificación y ubicación taxonómica de cada una de las comunidades evaluadas, se utilizaron claves taxonómicas, dibujos y descripciones de bibliografía especializada. Los datos obtenidos de las comunidades hidrobiológicas fueron recopilados en tablas primarias. Para el caso específico del perifiton los resultados cuantitativos se expresaron en organismos por centímetro cuadrado (org/cm²), teniendo en cuenta el área de sustrato del cual se extrajo la muestra. Por su parte, el plancton en general (fitoplancton y zooplancton) se expresó en número de organismos por mililitro (org/ml), de acuerdo al volumen de agua filtrado en campo.

Para el bento, se tuvo en cuenta el total de individuos contabilizados en cada taxón determinado y el área de muestreo (Red Surber), registrando de esta forma el total de individuos por unidad de área, en este caso por metro cuadrado (org/m²). En el caso de los peces se indicó el número de organismos capturados de cada especie, mientras que para las macrófitas se expresaron los resultados en porcentajes.

A continuación, se presenta la bibliografía utilizada en laboratorio para la identificación de las especies taxonómicas.

- Archangelsky, M., V. Manzo. M.C. Michat y P. Torres. Coleoptera. 2009. pp: 411-468. En: Domínguez. E. y H. R. Fernández (Eds). Macroinvertebrados Bentónicos Sudamericanos: Sistemática y Biología. 656p.
- ÁLVAREZ, H. Folleto de Algas. Capítulo I: Aspectos Biológicos Generales. Escuela Superior Politécnica del Litoral, 1994. En: www.cenaim.spol.edu.ec. Fecha de consulta: abril de 2016.
- ANAGNOSTIDIS, K y J. KOMÁREK. Modern approach to the classification system of cyanophytes. 3. Oscillatoriales. Arch. Hydrobiol. Suppl. 80,1-4 (Algological Studies 50-53). Stuttgart. 327-472. 1988.
- Barber-James, H., Gattolliat, J., Sartori, M. y Hubbard, M. 2008. Global diversity of mayflies (Ephemeroptera, Insecta) in freshwater. Hydrobiol. 595: 339-350.
- BICUDO, E y R. BICUDO. Algas de aguas continentais brasileiras. Fundacao brasileira para o desenvolvimento do Ensino de ciencias. Sao Paulo. 1970. 228p.

- Campos; J. Clave para especies de Ludwigia l. (onagraceae) de la región nor-oriental e insular de Venezuela depositadas en el herbario irbr de estado Sucre, Venezuela.
- Cumana, L. Clave para especies de ludwigia l. (onagraceae) de la región nor-oriental e insular de Venezuela depositadas en el herbario irbr. Herbario IRBR Departamento de Biología Universidad de Oriente, Núcleo de Sucre Cumaná, estado Sucre, Venezuela.
- Domínguez, E. y C. Molineri y C. Nieto. 2009. Ephemeroptera. 2009. pp: 55-93. En: Domínguez. E. y H. R. Fernández (Eds). Macroinvertebrados Bentónicos Sudamericanos: Sistemática y Biología. 656p.
- Edmonson, W.T. 1959. Freshwater Biology. John Wiley y Sons. N.Y.
- Edmunds, G. 1976. The mayflies of North and Central America. Univ. of Minnesota Press. Mineapolis.
- Galtsoff, P. S. y F. E. Lutz. 1959. Phylum V. Platyhelminthes, Class Turbellaria. Culture Methods for Invertebrate Animals. Dover, New York. p. 148–156.
- Gentry Alwyn H., A field guide to families and genera of Woody plants of Northwest South America (Colombia, Ecuador, Peru) with supplementary notes herbaceous taxa. Published in Association with Conservation International, The University of Chicago Press. Chicago and London (1993). ISBN: 0-226-28943-5.
- INTEGRATED TAXONOMIC INFORMATION SYSTEM (ITIS). www.itis.gov. Fecha de consulta: abril de 2016.
- INVASIVE SPECIES SPECIALIST GROUP (ISSG). www.issg.com. Fecha de consulta: abril de 2016.
- Lasso, C. A., A. Rial, G. Colonnello, A. Machado-Allison y F. Trujillo (Editores). 2014. XI. Humedales de la Orinoquia (Colombia- Venezuela). Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Bogotá, D. C., Colombia. 303 pp.
- LASSO, C. A., E. AGUDELO CÓRDOBA, L. F. JIMÉNEZ-SEGURA, H. RAMÍREZ-GIL, M. MORALES-BETANCOURT, R. E. AJIACO-MARTÍNEZ, F. DE PAULA GUTIÉRREZ, J. S. USMA OVIEDO, S. E. MUÑOZ TORRES Y A. I. SANABRIA OCHOA (Editores). (2011). I. Catálogo de los recursos pesqueros continentales de Colombia. Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Bogotá, D. C., Colombia, 715 pp. Martínez, R. y N. Martínez. (1997). Diseño de experimentos análisis de datos estándar y no estándar. Bogotá: Fondo Nacional Universitario 479 p.
- Maldonado J.A., Ortega A., Usma J., Galvis G., Villa F., Vásquez L, Prada S. y Ardila C. 2005. Peces de los Andes de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá D. C., Colombia. 346 p

- McCAFFERTY, P.W. Aquatic Entomology, The Fishermen's and Ecologist Illustrated Guide to Insects and their Relatives. Jones and Bartlett Publishers. Sudbury, Massachusetts. 1981. 448 p.
- MERRIT, R.W. CUMMINS. An Introduction to the Aquatic Insects of North America. Kendall Hunt Publishing Company. Dubuque, Iowa. 1984. 600 p.
- Mojica, J.I., Castellanos, C., Usma, S. and Alvarez, R. (eds). 2002. Libro Rojo de las especies de peces dulceacuícolas de Colombia. La serie Libros rojos de Especies Amenazadas de Colombia. Instituto de Ciencias Naturales, Universidad nacional de Colombia, Ministerio de Medio Ambiente, Bogotá, Colombia.
- Mojica, J.I.; J. S. Usama; R. Álvares-Leon y C.A. Lasso (eds). 2012. Libro Rojo de las especies de peces dulceacuícolas de Colombia 2012. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humbolt, Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Colombia, WWF Colombia y Universidad de Manizales Bogotá, D.C., Colombia, 319pp.
- Mostacer, L..2009. Fanerógamas del Perú: taxonomía, utilidad y ecogeografía. Eds. Universidad Nacional de Trujillo.
- NEDHAM, J & P, NEDHAM. Guía para el estudio de los seres vivos de aguas dulces. Ed. Reverte. Barcelona. 1978. 131 p.
- -----, ----- . Cryptophyceae, Dinophyceae, Euglenophyceae. 3. Concepción. 99p. 1982b.
- -----, ----- . Bacillariophyceae. 4. Concepción. 1982. 97p.
- -----, ----- . Chlorophyceae. 5. Parte 1. Concepción. 1983. 151p.
- -----, ----- . Chlorophyceae. 5. Parte 2. Concepción. 1983. 353p.
- PINILLA, G.A. Indicadores biológicos en ecosistemas acuáticos continentales de Colombia. Compilación bibliográfica. Centro de Investigaciones Científicas. UJTL. Octubre de 1998. 67p.
- PRESCOTT, G. How to know the freshwater algae. WM.C. Brown Company Publishers. Dubuque, Iowa. 1970. 348p.
- RAMÍREZ, A. y G. VIÑA. Limnología Colombiana. Aportes a su conocimiento y estadísticas de análisis. Santafé de Bogotá. 293 p. 1998.
- Rial B. Anabel 1999. Adiciones a la flora del estado apure, llanos inundables del Orinoco, Venezuela. Sociedad de Ciencias Naturales La Salle. Tomo LVIII, número 150, Julio/diciembre 1998.
- ROLDÁN, G. Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del departamento de Antioquia. Fondo FEN. 1988. 127 p.
- ----- . Manual de limnología. Editorial Universidad de Antioquia. Facultad de Ciencias. Medellín. 1989.

- _____ . Fundamentos de limnología neotropical. Editorial Universidad de Antioquia. Facultad de ciencias. Medellín. 1992.
- SOIL & WATER CONSERVATION SOCIETY OF METRO HALIFAX. Freshwater benthic ecology and aquatic entomology. <http://lakes.chebucto.org/ZOOBENTH/BENTHOS/benthos.html>. Fecha de consulta: abril de 2016.
- Velasquez, J. 1994. Plantas Acuáticas Vasculares de Venezuela. Eds. Universidad Central de Venezuela. Caracas.

1.6.5.4 Etapa de análisis

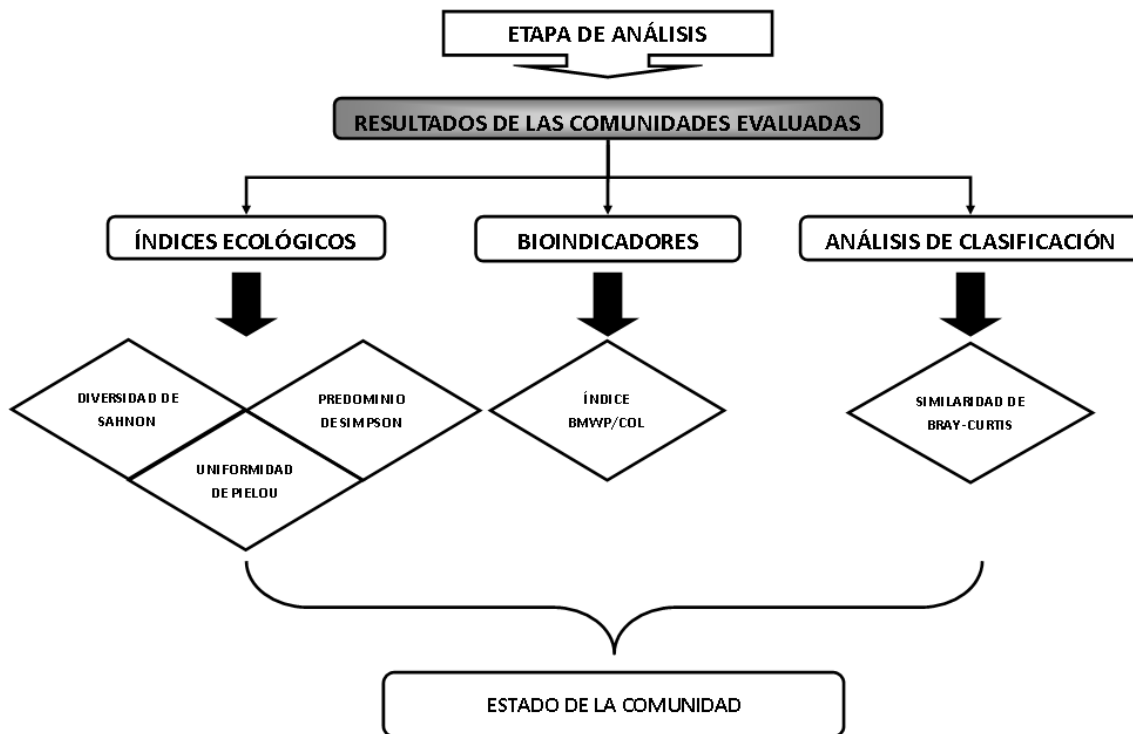
- **Comunidades hidrobiológicas**

Esta fase está constituida por la tabulación y evaluación de los resultados obtenidos y la posterior determinación del estado trófico de las estaciones de muestreo. En la **Imagen 1-34** se observan las actividades que se llevaron a cabo para cumplir con los objetivos de dicha etapa.

Los datos obtenidos fueron recopilados en tablas primarias. Para el caso del perifiton los resultados se expresaron en organismos (org) por centímetro cuadrado (cm²) y para los bentos, se tuvo en cuenta el total de individuos contabilizados en cada taxón y el área de muestreo (Red Surber), registrando de esta forma el total de individuos por unidad de área (m²).

Para establecer el estado de los cuerpos de agua se determinaron los índices de diversidad de Shannon, predominio de Simpson y uniformidad de Pielou, a partir de los valores de la composición hidrobiológica del perifiton, plancton y bentos, utilizando el paquete estadístico Primer V5® (2001).

Imagen 1-34 Actividades de la etapa de gabinete de comunidades hidrobiológicas.



Fuente: AMBIUS S.A.S., 2016.

El índice de diversidad se calcula a partir de la siguiente ecuación:

$$H' = - \sum_{i=1}^s p_i \log p_i$$

Donde p_i es la proporción real de individuos (n_i/N) de la especie i , mientras que s es igual al número total de especies observadas.

El predominio se calcula a partir de la siguiente relación:

$$D = \sum (p_i)^2$$

Donde se calcula la probabilidad de que al sacar dos (2) individuos de una comunidad, sean la misma especie.

El índice de uniformidad es inverso al predominio y se calcula con la ecuación:

$$J' = \frac{H'}{H'_{\max}}$$





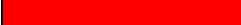
Donde H'_{max} (= log s) corresponde a la diversidad más alta posible, que se obtiene si todas las especies tuvieran la misma abundancia.

Los índices de diversidad que más se emplean son los basados en la teoría de la información (Shannon– Weaver 1949 En: Roldán, 1992) y han sido aplicados por Wilhm y Dorris (1968 En: Mason, 1984), autores que llegaron a la conclusión que un valor de diversidad (H') superior a tres (3) indica que el agua está limpia, los valores entre uno (1) y tres (3) son característicos del agua ligeramente contaminada y los inferiores a uno (1) corresponden al agua intensamente contaminada. Otro índice calculado fue el de Pielou, que trabaja con base al índice de diversidad y mide la uniformidad de las especies en términos de riqueza y abundancia. Su valor va de cero (0) a uno (1), de forma que uno (1) corresponde a situaciones donde la riqueza y abundancia de todas las especies son iguales (Pinilla, 1998).

El índice de Simpson (D) es una medida de dominancia y a razón que ésta se incrementa, la diversidad decrece; este índice sobrevalora las especies más abundantes en detrimento de la riqueza total de especies y puede presentar valores entre cero (0) y uno (1). Entre cero (0) y 0,5 sugieren la presencia de una o más especies dominantes en la comunidad, mientras que valores cercanos a uno (1) indican que no hay predominio de una especie en particular, lo que indica un mejor estado del cuerpo de agua.

Para el caso específico de la comunidad bentónica se realizó el cálculo del índice BMWP/Col. (Biological Monitoring Working Party modificado para Colombia por Roldan, 1998) es un método de valoración de la calidad biológica de un cuerpo de agua y fue establecido en Inglaterra en 1970, como un método rápido para evaluar la calidad del agua, usando los macroinvertebrados como indicadores. Con base a investigaciones realizadas en Colombia, se adaptó el Índice BMWP/Col. de acuerdo a los macroinvertebrados existentes en ríos y quebradas del país. En la **Tabla 1-101** se presentan las categorías.

Tabla 1-101 Clases de calidad de agua, valores BMWP/Col, significado y colores para representación.

Clase	Calidad	BMWP/Col	Significado	Color
I	Buena	101 - >150	Aguas muy limpias a limpias	
II	Aceptable	61 – 100	Aguas ligeramente contaminadas	
III	Dudosa	36 – 60	Aguas moderadamente contaminadas	
IV	Critica	16 – 35	Aguas muy contaminadas	
V	Muy Critica	<15	Aguas fuertemente contaminadas	

Fuente: Tomado y modificado de Roldan, 2012.

El puntaje oscila de uno (1) a 10 valor definido por la tolerancia de los diferentes taxones a la contaminación. Roldán (2003) con base en el conocimiento que actualmente se tiene en Colombia sobre los diferentes grupos de macroinvertebrados hasta nivel de familia propone utilizar la adaptación del método anteriormente descrito (BMWP/Col.) y aplicarla a los cuerpos de agua de nuestro país.

Finalmente se realizó un análisis de similitud de Bray-Curtis teniendo en cuenta la estructura y composición de cada una de las comunidades hidrobiológicas evaluadas, con el fin de identificar asociaciones entre estaciones.

1.7 Medio socioeconómico

1.7.1 Socioeconómico

Para la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental se contempló lo dispuesto en el Decreto 2041 de 2014 (Contenido en el Decreto 1076 de 2016), la Metodología general para la presentación de estudios ambientales y los términos de referencia LI-TER-1-01 de 2006 expedidos por el actual Ministerio de Ambiente y Desarrollo Territorial, actual Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, los cuales presentan lineamientos para el desarrollo de este tipo de estudios.

La metodología para el medio socioeconómico y cultural que se plantea a continuación posee un carácter participativo e incluyente, donde los conocimientos y saberes que las comunidades poseen sobre sus territorios se convierten en un insumo primordial para la elaboración del estudio actual; de esta forma se obtuvo un acercamiento a la realidad ambiental y sociocultural del territorio y de los grupos humanos que hacen parte del área de influencia del proyecto.

La metodología se presenta teniendo en cuenta las actividades realizadas en las etapas pre-campo, campo y pos-campo, las cuales se describen en adelante.

1.7.1.1 Etapa I: Fase de Pre-campo

En la etapa previa al trabajo de campo se realizó la lectura y análisis de antecedentes documentales que proporcionaron información respecto a las características principales del área de influencia del proyecto, a nivel departamental y municipal; principalmente, el Diagnóstico Ambiental de Alternativas elaborado para el proyecto.

- **Definición preliminar del Área de influencia socioeconómica**

Para la definición de área de influencia preliminar se utilizó como fuente de información básica los datos de la cartografía obtenida en la elaboración del Diagnóstico Ambiental de Alternativas, la revisión de los Planes de Ordenamiento Territorial que han sido actualizados con posterioridad a la elaboración del diagnóstico. Esta información permitió evidenciar las unidades territoriales que hacen parte del área de influencia del proyecto.

Con base en esta información y la definición del área de influencia fisicobiótica se tomó como insumo la cartografía para el trabajo de campo con base en la ubicación del proyecto “Construcción y operación de la línea de transmisión a 230 kV La Reforma – San Fernando” unidades territoriales, puntos de captación, vías de acceso, entre otros aspectos. Adicionalmente, se preparó la base de cartografía, la cual fue utilizada como insumo en las presentaciones dirigidas a los actores sociales y como plano de apoyo para el ejercicio de cartografía social.

- **Identificación de Actores Sociales**

A partir de la definición de las áreas de influencia, se determinaron las comunidades, autoridades y organizaciones a involucrar durante la elaboración del Estudio de Impacto

Ambiental para del proyecto “Construcción y operación de la línea de transmisión a 230 kV La Reforma – San Fernando”, ubicado en los municipios de Villavicencio, Acacias y Castilla La Nueva en el departamento del Meta”. Los actores sociales identificados son:

- Autoridades Regionales: Gobernación del Meta y Corporación para el Desarrollo Sostenible del Área de Manejo Especial La Macarena – CORMACARENA-.
- Autoridades Locales: Alcaldes de los municipios de Villavicencio, Acacias y Castilla La Nueva, y funcionarios de los gabinetes, y Concejos Municipales. Así como los corregidores y ediles en el caso de Villavicencio.
- Entidades de Control: Personerías Municipales.
- Representantes comunitarios: Juntas de Acción Comunal, organizaciones comunitarias, asociaciones de Juntas, propietarios de predios donde se tiene proyectado el uso y aprovechamiento de recursos y miembros de las comunidades de las unidades territoriales del área de influencia directa del proyecto. Durante esta actividad se realizó la actualización del directorio de autoridades regionales, municipales y organizaciones comunitarias, teniendo en cuenta que en el año (2016) se inició período de gestión tanto a nivel Departamental, Municipal y en algunos del ámbito comunitario.

- **Estrategia de comunicación para acercamiento a la comunidad**

Previo al relacionamiento con las Autoridades Municipales y Representantes Comunitarios se acordó con los profesionales de gestión social de la EEB, las acciones y mensajes a transmitir acerca del proyecto y el Estudio de Impacto Ambiental. Los equipos de gestión social tuvieron comunicación constante y pleno conocimiento de las actividades y agendas del equipo consultor, de forma que las acciones se realizaron coordinadamente.

En esta etapa se diseñaron, revisaron y ajustaron, según el caso, los instrumentos informativos necesarios para la ejecución del proyecto, entre ellos los oficios de solicitud de información, convocatoria a reunión, material informativo (videos, plegables, cartillas u otros), presentaciones a utilizar en las reuniones, instrumentos de recolección de información veredal, cultural, predial y actas de reunión.

- **Proceso de convocatoria**

Previo a la etapa de campo se contactó telefónicamente a las autoridades regionales, municipales y representantes comunitarios con el fin de concertar los espacios de reunión; se acordó el uso de espacios comunitarios como salones de reunión, escuelas, salones comunales, casas de la cultura y otros recintos de fácil acceso para las personas convocadas, como también del mobiliario requerido para tal fin. Esta gestión se realizó en el momento en el que se definió la fecha y hora de reunión.

1.7.1.2 Etapa II: Fase de Campo

El proceso metodológico para llevar a cabo la aplicación de los lineamientos de participación se enmarca en elementos de diferentes metodologías participativas que permiten acercarse a la realidad actual de la población que se quiere conocer. Con base en

ello, las personas ubicadas en el área de influencia del proyecto, son reconocidas como sujetos conocedores de su realidad y entorno, capaces de analizar los efectos del proyecto y de participar en la toma de decisiones. En este sentido, el profesional social juega un papel importante apoyando a las comunidades para que la participación sea real y eficaz, prestándole la información y orientación necesaria y estableciendo un diálogo de saberes constructivo de cara al proyecto.

Teniendo en cuenta lo anterior, se generó un primer espacio de reunión (primer encuentro), cuyo objetivo fue informar a las Autoridades municipales, representantes comunitarios y comunidades del área de influencia directa del proyecto, acerca del alcance técnico, el proceso de licenciamiento ambiental; la recolección de información primaria para la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental; se llevó a cabo la identificación colectiva de impactos en los escenarios sin proyecto y con proyecto, y se orientó a los participantes para la propuesta de medidas de manejo ambiental para los impactos identificados. Para realizar este espacio de reunión fue importante contar con la información de las etapas del proyecto, así como el uso y aprovechamiento de recursos.

En el segundo espacio de reunión (segundo encuentro), se presentaron los avances del desarrollo del Estudio de Impacto Ambiental para del proyecto “Construcción y operación de la línea de transmisión a 230 kV La Reforma – San Fernando” ubicada en los municipios de Villavicencio, Acacias y de Castilla La Nueva en el departamento del Meta”.

Y en el tercer momento de reunión se presentaron los resultados finales del Estudio de Impacto Ambiental a las comunidades del área de influencia directa del proyecto, dentro de los temas abordados se encuentran la caracterización de los medios físico, biótico y socioeconómico, la evaluación ambiental, plan de manejo ambiental, entre otros aspectos.

- **Proceso de convocatoria**

Se adelantó proceso de convocatoria a través de diferentes medios de comunicación para garantizar que los actores estén informados acerca de la ejecución de las actividades del Estudio.

En los casos en los que no se logró contactar de manera telefónica, se visitó a los líderes de las JAC para acordar fechas de reunión de las socializaciones; en todas las unidades territoriales se entregó oficio de convocatoria en el cual se incluyó el asunto, las empresas participantes, el alcance de la actividad, la agenda, fecha, hora y lugar de la reunión y los datos de la persona contacto.

Adicional a los oficios de convocatoria se utilizaron otras estrategias de divulgación de las reuniones informativas como volantes, instalación de afiches en sitios de afluencia, perifoneo y/o cuñas radiales, las herramientas a implementar se definieron de acuerdo con las características particulares de las comunidades de cada unidad territorial del área de influencia directa.

- **Aplicación de lineamientos de participación**

De acuerdo con la identificación de actores sociales se definieron las estrategias informativas y participativas a implementar para cada grupo. En el grupo de Autoridades

regionales se realizaron dos espacios informativos; igualmente sucedió en los grupos de autoridades municipales y entes de control.

Para abordar de manera integral las temáticas y resolver las inquietudes de los participantes, se contó con profesionales sociales, ambientales, tierras y del área técnica tanto de la consultora como de la EEB, en cada reunión; se llevó registro escrito, a través de un acta de reunión y listado de asistencia, y registro fotográfico; lo cual fue informado y acordado al inicio de cada reunión.

- **Lineamientos de participación con Autoridades Regionales**

Con estos actores se realizaron dos espacios de reunión a través de exposición magistral con la ayuda de medios audiovisuales que facilitaron la comprensión de las temáticas tratadas. A continuación, se describen las temáticas abordadas en cada espacio.

Primera reunión informativa

Esta reunión inició con la presentación de la agenda y las pautas para la reunión, seguidamente se realizó la presentación de las empresas que intervienen en el proyecto (EEB- CONSORCIO) y se expusieron los siguientes temas:

- Objetivo de la actividad.
- Antecedentes.
- Proceso de licenciamiento.
- Localización del Proyecto – área de influencia.
- Características técnicas del proyecto.
- Demanda de recursos naturales.
- Identificación de impactos y medidas de manejo.
- Inquietudes y comentarios de los asistentes.
- Lectura del acta, conclusiones y cierre.

Al finalizar se realizó la lectura del acta de reunión para la aprobación y firma; este espacio tuvo una duración de 2 horas aproximadamente.

Segunda reunión informativa

En este espacio de reunión se presentó a las autoridades regionales los resultados del Estudio de Impacto Ambiental, las temáticas abordadas fueron:

- Área de Influencia del proyecto.
- Características técnicas.
- Uso y aprovechamiento de recursos naturales.
- Caracterización ambiental.

- Evaluación de impactos.
- Zonificación ambiental y de manejo.
- Plan de manejo ambiental.
- Plan de inversión del 1%.
- Plan de contingencia.
- Inquietudes y comentarios de los participantes. En esta etapa se aclararon las inquietudes presentadas por los asistentes; las sugerencias presentadas, según su pertinencia, se incluyeron en el Estudio.

Para finalizar se realizó la lectura del acta de reunión para la aprobación y firma; este espacio tuvo una duración de 2 horas aproximadamente.

- **Lineamientos de participación con Autoridades Municipales**

Las reuniones con estos actores se realizaron a través de exposición magistral con la ayuda de medios audiovisuales que facilitaron la comprensión de las temáticas tratadas.

- En la reunión las temáticas que se abordaron fueron:
- Presentación de agenda y pautas para el desarrollo de la reunión.
- Presentación institucional.
- Objetivo de la actividad.
- Antecedentes.
- Proceso de licenciamiento.
- Localización del Proyecto.
- Características técnicas, actividades del proyecto.
- Características, actividades y alcance del estudio de impacto ambiental.
- Demanda de recursos naturales.
- Identificación de impactos y medidas de manejo.
- Inquietudes y comentarios de los asistentes.
- Lectura del acta, conclusiones y cierre.

En la reunión los participantes presentaron sus argumentos, posición y discutieron de manera constructiva respecto al proyecto en relación con la dinámica municipal, el Plan de Desarrollo Municipal u otros aspectos que consideraron relevantes.

Al finalizar se realizó la lectura del acta de reunión para la aprobación y firma; este espacio tuvo una duración de 2 horas aproximadamente.

Posteriormente, se presentaron a las autoridades municipales de Villavicencio, Acacias y Castilla La Nueva los resultados del Estudio de Impacto Ambiental donde se abordaron las

siguientes temáticas: área de Influencia del proyecto, las características técnicas definitivas, el uso y aprovechamiento de recursos naturales, los resultados de la caracterización ambiental, la evaluación de impactos, la zonificación ambiental y de manejo, el Plan de manejo ambiental, el Plan de inversión del 1% y el Plan de contingencia. En esta etapa se realizó la validación de la información y se aclararon las inquietudes presentadas por los asistentes.

- Lineamientos de participación con comunidades

La población objetivo para los espacios de reunión son los representantes comunitarios, dignatarios de Juntas de Acción Comunal, organizaciones comunitarias, asociaciones de Juntas, propietarios de predios donde se tiene proyectado el uso y aprovechamiento de recursos naturales y la comunidad en general que habita en las unidades territoriales del área de influencia directa del proyecto.

Al iniciar cada reunión se informó y acordó con los participantes el levantamiento de soportes de los procesos: acta de reunión, listado de asistencia y registro fotográfico. La duración de cada reunión fue de 4 horas aproximadamente.

En la **Tabla 1-102** se observan las actividades y temas que se abordados en cada uno de los tres espacios de reunión informativa con comunidades del área de influencia directa.

Tabla 1-102 Espacios de reunión y actividades realizadas

ESPACIO DE REUNIÓN	ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN
PRIMERA REUNIÓN INFORMATIVA	Objetivos	-Presentar una perspectiva integral del proyecto, propiciar el reconocimiento por parte de los actores sociales de las actividades que implica la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental y generar espacios de participación de las comunidades del área de influencia directa; asimismo, identificar las principales características socioeconómicas y organizaciones sociales de tipo público o privado que tienen influencia en la zona. -Realizar la identificación y/o validación colectiva de impactos en los escenarios sin y con proyecto y propiciar el reconocimiento de medidas de manejo para los impactos derivados de las actividades a ejecutar del proyecto.
	Presentación del proyecto	La presentación del proyecto se realizó por medio de diapositivas y los puntos abordados fueron: Presentación de agenda y pautas para el desarrollo de la reunión 1. Presentación institucional de la empresa responsable del proyecto (EEB) y de la empresa encargada del Estudio de Impacto Ambiental (CONSORCIO) 2. Objetivo de la actividad 3. Antecedentes 4. Proceso de licenciamiento 5. Localización del Proyecto – área de influencia 6. Características técnicas, actividades del proyecto 7. Características, actividades y alcance del estudio de impacto ambiental 8. Demanda de recursos naturales

ESPACIO DE REUNIÓN	ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN
PRIMERA REUNIÓN INFORMATIVA	Estudio de Impacto Ambiental	Se explicó en que consiste el Estudio de Impacto Ambiental y las actividades a realizar para la recolección de información primaria para cada uno de los medios, objeto de análisis (abiótico, biótico y socioeconómico y cultural). Adicionalmente, se mencionaron las necesidades de personal (auxiliares de campo) para llevar a cabo las actividades del EIA.
	Características Técnicas y conceptos	Se presentaron y explicaron las etapas y actividades que se realizarán para el proyecto "Construcción y operación de la línea de transmisión a 230 kV La Reforma - San Fernando", con el fin de identificar los posibles impactos que puedan generar dichas actividades. Se presentaron los aspectos relacionados con la demanda de recursos naturales para la ejecución del proyecto.
	Características Técnicas y conceptos	Se explicaron los conceptos de Impacto, medida de manejo ambiental y los tipos de medidas de manejo, servicios ecosistémicos, entre otros; se dieron algunos ejemplos para facilitar la comprensión de estos conceptos.
	Inquietudes y comentarios	Se abrió un espacio para resolver las inquietudes presentadas por los participantes y para que la comunidad manifestará sus comentarios respecto al proyecto.
	Construcción colectiva de la realidad	En este momento de la reunión, la comunidad participó activamente en el reconocimiento de información socioeconómica y cultural de la unidad territorial, para tal fin se utilizaron diferentes instrumentos y herramientas metodológicas. Para el desarrollo de esta actividad, se dividió a los participantes en dos grupos de trabajo, de acuerdo con sus intereses y conocimientos de la unidad territorial.
	Construcción colectiva de la realidad	<p>Grupo focal información veredal</p> <p>1. Cartografía social</p> <p>A partir de la metodología de la cartografía social cuyo carácter es participativo y cualitativo, el profesional social solicitó a los participantes realizar la representación gráfica de su unidad territorial, a partir de la cartografía oficial existente, y explicó cómo llevar a cabo la actividad, para ello se contó con una guía de preguntas y temas.</p> <p>En primer lugar, se identificaron y representaron los límites, vías de acceso y cuerpos de agua. Posteriormente, representaron las zonas donde llevan a cabo las actividades económicas y el tipo de actividades desarrolladas; infraestructura de servicios públicos (torres de energía, infraestructura de acueducto como tanques de almacenamiento o plantas de tratamiento, redes de gas); viviendas o predios existentes dentro de su vereda; Infraestructura comunitaria (salón comunal, escuelas y colegios, jardines, canchas, polideportivos, iglesia, sitios de recreación, cementerios, entre otros); y los sitios más representativos y de importancia a nivel paisajístico y cultural.</p> <p>1. Ficha veredal</p> <p>Con el fin de conocer los aspectos demográficos, de servicios públicos y sociales, presencia institucional y de proyectos en cada unidad territorial, se solicitó la colaboración a un grupo de personas para el diligenciamiento de la ficha veredal a través de una entrevista semiestructurada.</p>

ESPACIO DE REUNIÓN	ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN
PRIMERA REUNIÓN INFORMATIVA	Retroalimentación	Se realizó un proceso de retroalimentación participativa, donde los grupos intercambiaron las actividades realizadas, es decir, el grupo de información veredal pasó a la actividad de características socioeconómicas, y viceversa; con el fin de complementar y/o ajustar la información plasmada por los demás participantes durante la actividad.
	Identificación colectiva de impactos sin proyecto	En este momento de la reunión, la comunidad participó en la identificación de impactos sin proyecto y con proyecto. Para el desarrollo de esta actividad, se dividió a los participantes en dos grupos de trabajo. Previo a la identificación de impactos por parte de las comunidades, el consultor presentó los impactos previamente identificados de acuerdo con las características y actividades realizadas en la zona
	Identificación colectiva de impactos con proyecto y propuestas de medidas de manejo	De igual manera, para la identificación de impactos con proyecto, el consultor presentó los impactos previamente identificados de acuerdo con las actividades del proyecto, la información recogida en campo y el conocimiento de los profesionales. A partir de esta información y con base en las actividades del proyecto que fueron presentadas se orientó a los participantes a identificar y/o validar los impactos que posiblemente se presentarán con la ejecución del proyecto, para cada uno de los medios (abiótico, biótico y socioeconómico), estos impactos fueron ubicados en un mapa. Paralelamente, los participantes propusieron las posibles medidas de manejo que se pueden implementar para prevenir, mitigar, corregir y/o compensar cada impacto identificado.
	Retroalimentación	Se realizó un proceso de retroalimentación participativa, donde los grupos intercambiaron las actividades realizadas, es decir, el grupo de información veredal pasó a la actividad de características socioeconómicas, y viceversa; con el fin de complementar y/o ajustar la información plasmada por los demás participantes durante la actividad.
	Servicios Ecosistémicos	Se realizó la aplicación de instrumentos de recolección de información con el fin de caracterizar los servicios ecosistémicos presentes en el área de estudio. Este aspecto estuvo a cargo de un profesional del área ambiental.
	Evaluación de la reunión	Se realizó un sondeo para identificar el nivel de aprehensión de información transmitida durante la reunión, mediante una estrategia dinámica y participativa.
	Conclusiones y cierre	Se realizaron las conclusiones de la jornada, destacando aspectos sobre la dinámica del trabajo realizado. Para finalizar se realizó la lectura del acta de reunión para aprobación y firma de los asistentes; y se entregó copia de acta y listado de asistencia al representante de la Junta de Acción Comunal.
	SEGUNDA REUNIÓN INFORMATIVA	Objetivo

ESPACIO DE REUNIÓN	ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN
SEGUNDA REUNIÓN INFORMATIVA	Presentación de avances	En este espacio se describieron y explicaron los avances del estudio y la inclusión de los aportes de la comunidad en los diferentes capítulos del mismo. Los temas principales a abordar son: Localización del Proyecto – área de influencia Características técnicas del proyecto Caracterización ambiental del área Uso y Aprovechamiento de recursos naturales Zonificación Ambiental y de Manejo Evaluación de Impactos, Plan de Manejo Ambiental Plan de inversión del 1% Compensación por pérdida de biodiversidad
	Inquietudes y comentarios	De igual manera, se dio un espacio para que los asistentes manifestaran las inquietudes, opiniones y sugerencias del estudio, las cuales, se explicó en qué lugar del Estudio quedaron contempladas o según la pertinencia se incluyeron al mismo, previo a la entrega ante la ANLA.
	Evaluación de la reunión	Se realizó un sondeo para identificar el nivel de aprehensión de información transmitida durante la reunión, mediante una estrategia dinámica y participativa
	Conclusiones y cierre	Se presentaron las conclusiones de la reunión y se realizó la lectura del acta de reunión para aprobación y firma de los asistentes; y se entregó copia de acta y listado de asistencia al representante de la Junta de Acción Comunal.
TERCERA REUNIÓN INFORMATIVA	Objetivo	Este encuentro tiene como fin la presentación de los resultados finales del Estudio de Impacto Ambiental para los medios abiótico, biótico y socioeconómico y cultural.
	Presentación de resultados	En este espacio se informaron los resultados del Estudio de impacto ambiental, también se presentaron los aportes de la comunidad respecto a la evaluación de impactos. Los temas principales a abordar son: 1. Localización del proyecto 2. Características del proyecto 3. Características de los medios físico, biótico y socioeconómico 4. Zonificación ambiental y de manejo 5. Uso y Aprovechamiento de recursos naturales 6. Evaluación de impactos. 7. Plan de manejo ambiental 8. Plan de inversión del 1% 9. Compensación por pérdida de biodiversidad
	Inquietudes y comentarios	Durante el proceso de generaron espacios de comentarios, donde los asistentes manifestaron las inquietudes, opiniones y sugerencias del estudio a las cuales en su momento se dio respuesta por parte de los equipos que coordinaron la reunión
	Conclusiones y cierre	Se presentaron las conclusiones de la reunión y se realizó la lectura del acta de reunión para aprobación y firma de los asistentes; y se entregó copia de acta y listado de asistencia al representante de la Junta de Acción Comunal.

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

- **Recorridos de campo**

La georreferenciación y registro fotográfico de la infraestructura socioeconómica veredal, se realizó mediante el recorrido por los accesos existentes a partir de la identificación previa de infraestructura registrada en los grupos focales de información veredal y cultural.

Durante estos recorridos, se realizó identificación y georreferenciación de actividades económicas, sedes de organizaciones y/o empresas públicas o privadas que realizan actividades en las unidades territoriales del área de influencia del proyecto.

Adicionalmente, con base en la información suministrada por las comunidades se identificaron personas clave con las cuales se entabló dialogo en torno a las características culturales y socioeconómicas de la unidad territorial.

1.7.1.3 Etapa II: Fase de oficina

Los resultados obtenidos en las socializaciones y visitas predio a predio realizadas, la revisión de información secundaria y la recolección de información primaria fueron consolidadas, sistematizadas y analizadas para caracterizar el área donde se ubica el proyecto; información fundamental para la elaboración de la caracterización socioeconómica para las dimensiones demográfica, espacial, económica, cultural, político administrativa, tendencias del desarrollo que se presentan en el capítulo 3 de este documento.

De igual manera, los resultados de la georreferenciación de infraestructura socioeconómica y las características principales de las unidades territoriales se utilizaron para la elaboración de la cartografía temática; y a su vez, para la elaboración de la zonificación ambiental y de manejo para el medio socioeconómico.

Adicionalmente, la información primaria y secundaria obtenida en las etapas anteriores se constituyó en un aporte significativo para la identificación y evaluación de impactos tanto para el escenario sin proyecto como para el escenario con proyecto, y en consecuencia para la elaboración de las medidas de manejo.

1.7.2 Componente Arqueológico

Los lineamientos del Instituto Colombiano de Antropología e Historia –ICANH-, señalan que el propósito de la fase de prospección es establecer las características arqueológicas de las áreas de estudio, así como el estado de conservación de los contextos arqueológicos y otra información relevante que sirva para mejorar el conocimiento de procesos sociales del pasado. También se busca identificar y evaluar los impactos previsibles sobre el patrimonio arqueológico por la ejecución de las actividades de ingeniería. Esto servirá de base para proponer las medidas de manejo adecuadas que se deberán implementar con anterioridad a las etapas constructivas de los proyectos o simultáneos a ellas (ICANH 2010).

En esta sección se expone la metodología que se implementará en la fase de prospección y formulación del plan de manejo arqueológico del programa de arqueología preventiva, para las áreas donde se construirán ochenta (80) torres que hacen parte del proyecto “Construcción y operación de la línea de 230 kV La Reforma - San Fernando”. El proyecto

pasa por jurisdicción de los municipios de Villavicencio, Acacias y Castilla la Nueva en el departamento del Meta.

La región de estudio tiene algunas características que se deben tener en cuenta al momento de diseñar las estrategias de prospección; investigaciones como las de Mora y Cavalier (1983) en su momento alertaban sobre esas particularidades, esos enunciados fueron ignorados por mucho tiempo, pero en los últimos tres años distintos estudios de arqueología preventiva los han confirmado. Los informes finales de algunos de esos estudios están aún elaborándose y no reposan en el centro de documentación del ICANH, pero los resultados parciales constituyen un valioso aporte para el conocimiento de la arqueología de la región.

Mora y Cavalier (1983) dejan entrever que un concepto que representa un problema para las condiciones de los Llanos Orientales y que tiene que ser reevaluado, es el concepto de sitio. Indican que se puede llegar a dos extremos en la interpretación, por un lado, se puede definir un sitio por la recolección de un (1) artefacto, o por el contrario, en algunos casos se llega a establecer a priori densidades de artefactos como criterio de inclusión en la categoría de sitio.

Cualesquiera de esos dos extremos son problemáticos al momento de diseñar una prospección en los municipios de Acacias, Castilla La Nueva o Villavicencio, porque en estudios como los de Rivera (2015), Nieto (2015) y Sánchez (2015), se puede observar que durante la etapa de prospección la frecuencia de hallazgos de material arqueológico es muy baja en los pozos de sondeo, si se hubiese tomado en consideración estas bajas frecuencias no se hubieran diseñado áreas de rescate. Pero trazar áreas de rescate a pesar de las bajas frecuencias no es un capricho, puesto que la experiencia reciente muestra que, en las etapas de ejecución del plan de manejo arqueológico, durante los monitoreos de las obras civiles, es donde se han hecho los mayores hallazgos y quizá los más importantes (Comunicación personal con algunos miembros de equipo de arqueología de la autorización de intervención 3923).

Las investigaciones en los últimos años han reportado material arqueológico porque han ajustado sus estrategias de prospección, encontrando que a mayor intensidad es más probable identificar vestigios arqueológicos y elaborar zonificaciones de potencial arqueológico más acertadas. Antes de este escenario actual, los estudios de arqueología preventiva no consideraban esas variables y proponían la ejecución de pozos de sondeo a 20, 50 o 100 metros, el resultado de la aplicación de esos métodos era que no se reportaba ningún hallazgo, definiendo áreas de bajo potencial, varias de esas interpretaciones después quedaron desvirtuadas al reportarse hallazgos fortuitos significativos durante los monitoreos de las obras civiles.

Por ese motivo, es indispensable proponer metodologías con las cuales se logre caracterizar de una manera más atinada el potencial arqueológico y con la cual se logre identificar y definir áreas de rescate, para disminuir las probabilidades de tener hallazgos fortuitos durante los monitoreos de las obras civiles. Esto tiene un doble beneficio, por un lado, se garantiza la protección del patrimonio arqueológico que es el sentido mismo de este tipo de programas de investigación y por otro lado, las empresas encargadas de los proyectos de infraestructura pueden planear y prever mejor sus tiempos de ejecución, sin que eso llegue a representar stand by para sus obras.

En la actualidad se tiene indicios para formular lo siguiente, aunque el material arqueológico se manifiesta en bajas frecuencias en los pozos de sondeo y por lo tanto tiene bajas densidades en área, presenta una continuidad en el espacio. Por lo anterior, en lugar de pensar en el concepto de sitio, es más conveniente pensar en el concepto de No-Sitio aludido por Mora y Cavalier (1983), ellos lo definieron como “un lugar con materiales culturales potencialmente interpretable pero no espacialmente limitado”.

Para hacer la prospección del área de estudio, se llevará a cabo un conjunto de actividades que permitirán proponer y fundamentar las medidas de manejo. Este conjunto de actividades se divide en tres (3) grandes fases, a saber: las actividades de pre campo, las actividades desarrolladas durante el trabajo de campo y las actividades pos campo o trabajo de gabinete (**Tabla 1-103**).

Tabla 1-103 Actividades de la fase de prospección y formulación del plan de manejo

FASE	ACTIVIDADES	ACTIVIDAD
Pre campo	Investigación bibliográfica	Revisión de informes de arqueología preventiva.
		Revisión publicaciones de arqueología y etnohistoria a nivel regional.
	Revisión cartográfica	Consulta Atlas Arqueológico Nacional (en-línea).
		Revisión de la cartografía temática del área de estudio.
		Diseño de prospección previa a la salida de campo.
Diseño de herramientas técnicas	Elaboración de fichas de recolección de información en campo.	
Campo	Prospección	Prospección de las áreas autorizadas realizando la excavación de pozos de sondeo.
		Desarrollo de pruebas de barreno.
		Revisión de perfiles expuestos.
	Registro	Registro de información de cada una de los pozos de sondeo
		Registro fotográfico de los pozos de sondeo
		Geolocalización del 100% de los pozos de sondeo
	Entrevistas	Entrevistas no estructuradas con habitantes de las zonas de interés
	Capacidad de Gestión	Visita a entidades locales interesadas en el fomento y conservación del patrimonio arqueológico.
		Identificación de bienes de interés cultural en los municipios
	Divulgación y capacitación	Desarrollo de capacitaciones para el personal que apoye la prospección
Post campo	Análisis de Información	Análisis y estudio de los vestigios arqueológicos encontrados
		Ingreso de las fichas de campo a la base de datos
		Consultas a partir de la Base de Datos

FASE	ACTIVIDADES	ACTIVIDAD
	Productos entregables al ICANH	Elaboración informe de prospección arqueológica
		Definición del potencial arqueológico
		Representación del potencial arqueológico en la cartografía temática
		Formulación del Plan de Manejo Arqueológico

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

1.7.2.1 Etapa I: Recopilación, descripción y análisis de información secundaria

- **Investigación bibliográfica**

Se consultará la base de datos del ICANH para identificar los informes de arqueología preventiva realizados en los municipios de Acacias, Castilla La Nueva y Villavicencio, de ese listado se revisarán aquellos que reportan vestigios arqueológicos.

También se consultarán artículos y ensayos cuya temática es la arqueología regional. Asimismo, se revisarán las investigaciones que tratan sobre los grupos Guayupe que ocuparon distintas zonas de la región.

- **Revisión cartográfica**

Se consultará el Atlas Arqueológico Nacional que ofrece la posibilidad de identificar algunos sitios arqueológicos reportados en el ICANH.

Con la colaboración de un profesional especialista en sistemas de información geográfica –SIG-, se analizará el material cartográfico y las imágenes disponibles. Esa tarea permitirá identificar las coberturas vegetales existentes en las áreas de estudio y reconocer algunas características del relieve.

- **Diseño de herramientas técnicas**

Para facilitar el registro de la información, se utilizará una ficha de toma de información de pozo de sondeos (**Imagen 1-35**).

Imagen 1-35 Ficha para registro de información de los pozos de sondeo

FICHA DE PROSPECCION ARQUEOLOGICA																								
PROYECTO																								
SUBPROYECTO																								
MUNICIPIO																								
VEREDA																								
PREDIO																								
FECHA																								
POZO DE SONDEO																								
RESULTADO	POSITIVO				NEGATIVO				DESCARTADO															
HORIZONTE	A			AB			B			C														
PROFUNDIDAD																								
COLOR																								
HUMEDAD	A	M	B	A	M	B	A	M	B	A	M	B												
GRANO	G	M	F	G	M	F	G	M	F	G	M	F												
TEXTURA	A	Ar	L	AAr	AL	LAr	A	Ar	L	AAr	AL	LAr	A	Ar	L	AAr	AL	LAr						
BIOTURBACIÓN	RF	RG	Lb	H	Lv	Bu	Md	Ot	RF	RG	Lb	H	Lv	Bu	Md	Ot	RF	RG	Lb	H	Lv	Bu	Md	Ot
MOTEADO																								
DATOS DE RECUPERACION DE MATERIALES																								
NIVEL	CERAMICA			LITICO			CARBON			OTROS			ROTULO BOLSA											
1. (0 - 10 cm)																								
2. (10 -20 cm)																								
3. (20 -30 cm)																								
4. (30 -40 cm)																								
5. (40 -50 cm)																								
6. (50 -60 cm)																								
7. (60 - 70 cm)																								
8. (70 -80 cm)																								
9. (80 - 90 cm)																								
10. (90 - 100 cm)																								
Observacion General																								

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

1.7.2.2 Etapa II: Fase de campo

• **Prospección**

El proyecto “Construcción y operación de la línea de transmisión a 230 kV La Reforma – San Fernando”, tendrá una longitud aproximada de 35,00 km, el ancho del corredor será de 30 m, el proyecto involucrará la construcción de 80 nuevas torres de energía.

La prospección se realizará por medio de pozos de sondeo, aunque las torres una vez instaladas ocupan un área de 15 por 15 metros, el área que se afecta por las actividades de adecuación e hincado es mayor. Es necesario considerar tareas como los descapotes de cobertura vegetal, las excavaciones que se realizan para hacer el anclaje de las patas de las torres y el tránsito de maquinaria pesada, aunque no en todos los casos se usara por las difíciles condiciones de acceso, en esos casos se utilizará herramientas manuales y maquinaria liviana y portátil.

Por lo anterior, en cada uno de los lugares donde se ubicarán las torres se hará una prospección intensiva de un área de 30 por 30 metros, teniendo como centroide de dicho

polígono el punto donde se ubicará la torre. En esos lugares se hará una malla de pozos de sondeo distanciados cada 10 m (**Tabla 1-104**).

Tabla 1-104 Coordenadas de los polígonos de prospección

SONDEOS	Coordenadas Magna Sirgas Origen Bogotá		Coordenadas Geográficas	
	ESTE	NORTE	LATITUD	LONGITUD
Port1	1.043.450,60	922.199,27	3° 53' 33,152" N	73° 41' 10,648" W
	1.043.435,15	922.173,55	3° 53' 32,315" N	73° 41' 11,149" W
	1.043.422,29	922.181,28	3° 53' 32,566" N	73° 41' 11,566" W
	1.043.437,74	922.206,99	3° 53' 33,403" N	73° 41' 11,065" W
1	1.041.347,91	953.897,50	4° 10' 45,118" N	73° 42' 18,332" W
	1.041.318,42	953.892,01	4° 10' 44,940" N	73° 42' 19,288" W
	1.041.317,51	953.896,91	4° 10' 45,099" N	73° 42' 19,318" W
	1.041.312,63	953.897,94	4° 10' 45,133" N	73° 42' 19,476" W
	1.041.318,86	953.927,29	4° 10' 46,088" N	73° 42' 19,274" W
	1.041.333,53	953.924,18	4° 10' 45,987" N	73° 42' 18,798" W
	1.041.335,55	953.923,60	4° 10' 45,968" N	73° 42' 18,733" W
	1.041.337,92	953.922,49	4° 10' 45,932" N	73° 42' 18,656" W
	1.041.340,06	953.920,99	4° 10' 45,883" N	73° 42' 18,586" W
	1.041.341,91	953.919,15	4° 10' 45,823" N	73° 42' 18,526" W
	1.041.343,41	953.917,00	4° 10' 45,753" N	73° 42' 18,478" W
	1.041.344,52	953.914,63	4° 10' 45,676" N	73° 42' 18,442" W
	1.041.345,17	953.912,25	4° 10' 45,598" N	73° 42' 18,421" W
2	1.041.372,18	953.794,25	4° 10' 41,756" N	73° 42' 17,547" W
	1.041.347,83	953.776,73	4° 10' 41,186" N	73° 42' 18,337" W
	1.041.339,07	953.788,91	4° 10' 41,583" N	73° 42' 18,620" W
	1.041.336,50	953.794,92	4° 10' 41,779" N	73° 42' 18,704" W
	1.041.333,76	953.809,67	4° 10' 42,259" N	73° 42' 18,792" W
	1.041.363,25	953.815,16	4° 10' 42,437" N	73° 42' 17,836" W
	1.041.365,38	953.803,71	4° 10' 42,064" N	73° 42' 17,767" W
6	1.041.533,63	952.799,06	4° 10' 9,355" N	73° 42' 12,327" W
	1.041.503,70	952.797,03	4° 10' 9,290" N	73° 42' 13,298" W
	1.041.502,69	952.811,99	4° 10' 9,777" N	73° 42' 13,330" W
	1.041.502,95	952.815,96	4° 10' 9,906" N	73° 42' 13,322" W
	1.041.505,90	952.830,67	4° 10' 10,385" N	73° 42' 13,226" W
	1.041.535,31	952.824,77	4° 10' 10,192" N	73° 42' 12,272" W
	1.041.532,75	952.812,02	4° 10' 9,778" N	73° 42' 12,355" W

SONDEOS	Coordenadas Magna Sirgas Origen Bogotá		Coordenadas Geográficas	
	ESTE	NORTE	LATITUD	LONGITUD
7	1.041.550,35	952.532,83	4° 10' 0,688" N	73° 42' 11,789" W
	1.041.544,90	952.518,70	4° 10' 0,228" N	73° 42' 11,966" W
	1.041.516,91	952.529,50	4° 10' 0,580" N	73° 42' 12,874" W
	1.041.521,11	952.540,39	4° 10' 0,935" N	73° 42' 12,737" W
	1.041.520,32	952.552,05	4° 10' 1,314" N	73° 42' 12,763" W
	1.041.550,25	952.554,08	4° 10' 1,380" N	73° 42' 11,792" W
	1.041.551,27	952.539,11	4° 10' 0,893" N	73° 42' 11,759" W
8	1.041.368,27	952.062,31	4° 9' 45,373" N	73° 42' 17,700" W
	1.041.359,08	952.050,46	4° 9' 44,988" N	73° 42' 17,998" W
	1.041.335,37	952.068,84	4° 9' 45,586" N	73° 42' 18,767" W
	1.041.343,22	952.078,95	4° 9' 45,916" N	73° 42' 18,512" W
	1.041.347,82	952.090,90	4° 9' 46,304" N	73° 42' 18,363" W
	1.041.375,81	952.080,10	4° 9' 45,952" N	73° 42' 17,455" W
	1.041.370,42	952.066,11	4° 9' 45,497" N	73° 42' 17,631" W
1.041.369,41	952.064,00	4° 9' 45,428" N	73° 42' 17,663" W	
9	1.041.082,81	951.694,12	4° 9' 33,391" N	73° 42' 26,961" W
	1.041.073,62	951.682,26	4° 9' 33,005" N	73° 42' 27,259" W
	1.041.049,91	951.700,64	4° 9' 33,604" N	73° 42' 28,028" W
	1.041.059,11	951.712,50	4° 9' 33,990" N	73° 42' 27,730" W
	1.041.068,30	951.724,35	4° 9' 34,376" N	73° 42' 27,432" W
	1.041.092,01	951.705,97	4° 9' 33,777" N	73° 42' 26,663" W
10	1.040.817,12	951.351,41	4° 9' 22,239" N	73° 42' 35,581" W
	1.040.814,66	951.340,08	4° 9' 21,870" N	73° 42' 35,661" W
	1.040.785,34	951.346,43	4° 9' 22,077" N	73° 42' 36,612" W
	1.040.788,52	951.361,09	4° 9' 22,554" N	73° 42' 36,508" W
	1.040.791,32	951.367,10	4° 9' 22,750" N	73° 42' 36,417" W
	1.040.800,51	951.378,96	4° 9' 23,136" N	73° 42' 36,119" W
	1.040.824,22	951.360,58	4° 9' 22,537" N	73° 42' 35,351" W
12	1.040.609,72	950.379,91	4° 8' 50,615" N	73° 42' 42,320" W
	1.040.579,72	950.379,66	4° 8' 50,607" N	73° 42' 43,293" W
	1.040.579,59	950.394,72	4° 8' 51,097" N	73° 42' 43,297" W
	1.040.579,82	950.397,39	4° 8' 51,184" N	73° 42' 43,290" W
	1.040.579,93	950.397,96	4° 8' 51,203" N	73° 42' 43,286" W
	1.040.583,11	950.412,62	4° 8' 51,680" N	73° 42' 43,183" W
	1.040.612,43	950.406,27	4° 8' 51,473" N	73° 42' 42,232" W
	1.040.609,61	950.393,24	4° 8' 51,049" N	73° 42' 42,324" W

SONDEOS	Coordenadas Magna Sirgas Origen Bogotá		Coordenadas Geográficas	
	ESTE	NORTE	LATITUD	LONGITUD
13	1.040.617,75	949.535,71	4° 8' 23,131" N	73° 42' 42,073" W
	1.040.587,82	949.533,73	4° 8' 23,067" N	73° 42' 43,043" W
	1.040.586,83	949.548,70	4° 8' 23,555" N	73° 42' 43,075" W
	1.040.586,80	949.549,56	4° 8' 23,583" N	73° 42' 43,076" W
	1.040.586,67	949.564,56	4° 8' 24,071" N	73° 42' 43,080" W
	1.040.616,67	949.564,81	4° 8' 24,079" N	73° 42' 42,107" W
	1.040.616,79	949.550,24	4° 8' 23,605" N	73° 42' 42,103" W
15	1.039.853,85	948.258,72	4° 7' 41,570" N	73° 43' 6,859" W
	1.039.843,50	948.249,50	4° 7' 41,270" N	73° 43' 7,195" W
	1.039.823,54	948.271,89	4° 7' 42,000" N	73° 43' 7,841" W
	1.039.834,74	948.281,87	4° 7' 42,325" N	73° 43' 7,478" W
	1.039.835,08	948.282,17	4° 7' 42,334" N	73° 43' 7,467" W
	1.039.836,56	948.283,26	4° 7' 42,370" N	73° 43' 7,419" W
	1.039.849,14	948.291,42	4° 7' 42,635" N	73° 43' 7,011" W
16	1.039.865,47	948.266,26	4° 7' 41,816" N	73° 43' 6,482" W
	1.039.665,76	948.091,09	4° 7' 36,116" N	73° 43' 12,960" W
	1.039.654,56	948.081,11	4° 7' 35,791" N	73° 43' 13,323" W
	1.039.634,60	948.103,50	4° 7' 36,521" N	73° 43' 13,970" W
	1.039.645,80	948.113,48	4° 7' 36,845" N	73° 43' 13,607" W
	1.039.657,00	948.123,46	4° 7' 37,170" N	73° 43' 13,243" W
17	1.039.676,96	948.101,07	4° 7' 36,441" N	73° 43' 12,597" W
	1.038.904,57	947.412,70	4° 7' 14,042" N	73° 43' 37,649" W
	1.038.893,37	947.402,72	4° 7' 13,717" N	73° 43' 38,012" W
	1.038.873,41	947.425,11	4° 7' 14,447" N	73° 43' 38,659" W
	1.038.884,61	947.435,09	4° 7' 14,771" N	73° 43' 38,296" W
	1.038.895,81	947.445,07	4° 7' 15,096" N	73° 43' 37,932" W
18	1.038.915,77	947.422,68	4° 7' 14,367" N	73° 43' 37,286" W
	1.038.685,17	947.217,16	4° 7' 7,679" N	73° 43' 44,765" W
	1.038.674,06	947.207,15	4° 7' 7,354" N	73° 43' 45,126" W
	1.038.653,98	947.229,44	4° 7' 8,079" N	73° 43' 45,776" W
	1.038.665,15	947.239,50	4° 7' 8,407" N	73° 43' 45,414" W
	1.038.676,38	947.249,51	4° 7' 8,733" N	73° 43' 45,050" W
19	1.038.696,34	947.227,12	4° 7' 8,003" N	73° 43' 44,403" W
	1.038.348,44	946.913,74	4° 6' 57,806" N	73° 43' 55,687" W
	1.038.337,21	946.903,74	4° 6' 57,481" N	73° 43' 56,051" W
	1.038.317,25	946.926,14	4° 6' 58,210" N	73° 43' 56,698" W
	1.038.328,43	946.936,09	4° 6' 58,534" N	73° 43' 56,335" W
	1.038.339,53	946.946,10	4° 6' 58,860" N	73° 43' 55,975" W
	1.038.359,62	946.923,81	4° 6' 58,134" N	73° 43' 55,324" W

SONDEOS	Coordenadas Magna Sirgas Origen Bogotá		Coordenadas Geográficas	
	ESTE	NORTE	LATITUD	LONGITUD
20	1.037.787,26	946.414,02	4° 6' 41,546" N	73° 44' 13,888" W
	1.037.776,06	946.404,04	4° 6' 41,221" N	73° 44' 14,251" W
	1.037.756,11	946.426,45	4° 6' 41,951" N	73° 44' 14,898" W
	1.037.767,31	946.436,42	4° 6' 42,275" N	73° 44' 14,535" W
	1.037.778,51	946.446,40	4° 6' 42,600" N	73° 44' 14,171" W
	1.037.798,46	946.423,99	4° 6' 41,870" N	73° 44' 13,525" W
21	1.037.594,75	946.235,26	4° 6' 35,729" N	73° 44' 20,132" W
	1.037.565,39	946.229,09	4° 6' 35,528" N	73° 44' 21,084" W
	1.037.562,30	946.243,77	4° 6' 36,006" N	73° 44' 21,184" W
	1.037.562,21	946.244,25	4° 6' 36,022" N	73° 44' 21,187" W
	1.037.561,98	946.246,85	4° 6' 36,107" N	73° 44' 21,194" W
	1.037.562,21	946.249,46	4° 6' 36,192" N	73° 44' 21,187" W
	1.037.562,89	946.251,98	4° 6' 36,274" N	73° 44' 21,165" W
	1.037.563,99	946.254,35	4° 6' 36,351" N	73° 44' 21,129" W
	1.037.565,49	946.256,49	4° 6' 36,421" N	73° 44' 21,080" W
	1.037.567,01	946.258,06	4° 6' 36,471" N	73° 44' 21,031" W
	1.037.578,21	946.268,03	4° 6' 36,796" N	73° 44' 20,668" W
	1.037.598,16	946.245,63	4° 6' 36,066" N	73° 44' 20,021" W
1.037.593,45	946.241,43	4° 6' 35,930" N	73° 44' 20,174" W	
22	1.037.625,44	946.089,34	4° 6' 30,978" N	73° 44' 19,139" W
	1.037.596,09	946.083,17	4° 6' 30,777" N	73° 44' 20,091" W
	1.037.593,00	946.097,84	4° 6' 31,255" N	73° 44' 20,191" W
	1.037.589,91	946.112,52	4° 6' 31,733" N	73° 44' 20,291" W
	1.037.619,27	946.118,70	4° 6' 31,934" N	73° 44' 19,339" W
	1.037.622,36	946.104,02	4° 6' 31,456" N	73° 44' 19,239" W
23	1.037.677,53	945.842,59	4° 6' 22,944" N	73° 44' 17,454" W
	1.037.648,25	945.836,06	4° 6' 22,732" N	73° 44' 18,403" W
	1.037.644,97	945.850,79	4° 6' 23,212" N	73° 44' 18,509" W
	1.037.641,86	945.865,56	4° 6' 23,693" N	73° 44' 18,610" W
	1.037.671,22	945.871,73	4° 6' 23,893" N	73° 44' 17,658" W
	1.037.674,29	945.857,14	4° 6' 23,418" N	73° 44' 17,559" W
24	1.037.809,68	945.249,34	4° 6' 3,629" N	73° 44' 13,178" W
	1.037.780,30	945.243,23	4° 6' 3,431" N	73° 44' 14,130" W
	1.037.777,27	945.257,81	4° 6' 3,905" N	73° 44' 14,228" W
	1.037.774,03	945.272,34	4° 6' 4,379" N	73° 44' 14,333" W
	1.037.803,31	945.278,88	4° 6' 4,591" N	73° 44' 13,383" W
	1.037.806,60	945.264,13	4° 6' 4,111" N	73° 44' 13,277" W

SONDEOS	Coordenadas Magna Sirgas Origen Bogotá		Coordenadas Geográficas	
	ESTE	NORTE	LATITUD	LONGITUD
26	1.037.962,06	944.516,43	4° 5' 39,767" N	73° 44' 8,247" W
	1.037.932,69	944.510,32	4° 5' 39,569" N	73° 44' 9,199" W
	1.037.929,64	944.525,00	4° 5' 40,047" N	73° 44' 9,298" W
	1.037.926,58	944.539,69	4° 5' 40,525" N	73° 44' 9,397" W
	1.037.955,96	944.545,80	4° 5' 40,723" N	73° 44' 8,445" W
	1.037.959,01	944.531,11	4° 5' 40,245" N	73° 44' 8,346" W
27	1.038.064,18	944.025,30	4° 5' 23,777" N	73° 44' 4,943" W
	1.038.034,81	944.019,19	4° 5' 23,579" N	73° 44' 5,896" W
	1.038.031,75	944.033,88	4° 5' 24,057" N	73° 44' 5,994" W
	1.038.028,70	944.048,57	4° 5' 24,535" N	73° 44' 6,093" W
	1.038.058,07	944.054,67	4° 5' 24,733" N	73° 44' 5,141" W
	1.038.061,12	944.039,99	4° 5' 24,255" N	73° 44' 5,042" W
28	1.038.131,03	943.707,22	4° 5' 13,421" N	73° 44' 2,780" W
	1.038.101,98	943.699,71	4° 5' 13,177" N	73° 44' 3,722" W
	1.038.098,23	943.714,24	4° 5' 13,650" N	73° 44' 3,843" W
	1.038.098,07	943.714,94	4° 5' 13,673" N	73° 44' 3,849" W
	1.038.095,01	943.729,62	4° 5' 14,151" N	73° 44' 3,948" W
	1.038.124,39	943.735,73	4° 5' 14,349" N	73° 44' 2,995" W
	1.038.127,37	943.721,39	4° 5' 13,882" N	73° 44' 2,899" W
29	1.038.291,97	943.070,44	4° 4' 52,688" N	73° 43' 57,571" W
	1.038.262,00	943.069,12	4° 4' 52,646" N	73° 43' 58,543" W
	1.038.261,41	943.082,54	4° 4' 53,082" N	73° 43' 58,562" W
	1.038.258,05	943.095,54	4° 4' 53,506" N	73° 43' 58,671" W
	1.038.287,10	943.103,04	4° 4' 53,750" N	73° 43' 57,729" W
	1.038.290,85	943.088,52	4° 4' 53,277" N	73° 43' 57,607" W
	1.038.291,10	943.087,37	4° 4' 53,239" N	73° 43' 57,599" W
	1.038.291,31	943.085,42	4° 4' 53,176" N	73° 43' 57,592" W
30	1.038.302,59	942.879,37	4° 4' 46,468" N	73° 43' 57,230" W
	1.038.273,21	942.873,27	4° 4' 46,270" N	73° 43' 58,182" W
	1.038.270,16	942.887,96	4° 4' 46,748" N	73° 43' 58,281" W
	1.038.270,08	942.888,41	4° 4' 46,762" N	73° 43' 58,284" W
	1.038.269,86	942.890,35	4° 4' 46,826" N	73° 43' 58,290" W
	1.038.269,20	942.905,34	4° 4' 47,314" N	73° 43' 58,312" W
	1.038.299,18	942.906,65	4° 4' 47,356" N	73° 43' 57,340" W
	1.038.299,78	942.892,88	4° 4' 46,908" N	73° 43' 57,320" W

SONDEOS	Coordenadas Magna Sirgas Origen Bogotá		Coordenadas Geográficas	
	ESTE	NORTE	LATITUD	LONGITUD
31	1.038.414,52	942.340,26	4° 4' 28,916" N	73° 43' 53,608" W
	1.038.385,15	942.334,16	4° 4' 28,718" N	73° 43' 54,561" W
	1.038.382,10	942.348,85	4° 4' 29,196" N	73° 43' 54,659" W
	1.038.379,05	942.363,54	4° 4' 29,674" N	73° 43' 54,758" W
	1.038.408,42	942.369,64	4° 4' 29,872" N	73° 43' 53,806" W
	1.038.411,47	942.354,95	4° 4' 29,394" N	73° 43' 53,707" W
32	1.038.443,45	942.213,92	4° 4' 24,802" N	73° 43' 52,672" W
	1.038.415,84	942.202,20	4° 4' 24,421" N	73° 43' 53,568" W
	1.038.409,98	942.216,01	4° 4' 24,871" N	73° 43' 53,757" W
	1.038.409,69	942.216,74	4° 4' 24,894" N	73° 43' 53,767" W
	1.038.409,10	942.218,82	4° 4' 24,962" N	73° 43' 53,786" W
	1.038.406,05	942.233,51	4° 4' 25,440" N	73° 43' 53,884" W
	1.038.435,42	942.239,61	4° 4' 25,638" N	73° 43' 52,932" W
	1.038.438,17	942.226,37	4° 4' 25,207" N	73° 43' 52,843" W
33	1.038.554,42	941.951,99	4° 4' 16,273" N	73° 43' 49,078" W
	1.038.526,68	941.940,57	4° 4' 15,902" N	73° 43' 49,977" W
	1.038.521,00	941.954,36	4° 4' 16,351" N	73° 43' 50,161" W
	1.038.515,18	941.968,10	4° 4' 16,798" N	73° 43' 50,350" W
	1.038.542,79	941.979,81	4° 4' 17,179" N	73° 43' 49,455" W
	1.038.548,68	941.965,93	4° 4' 16,727" N	73° 43' 49,264" W
34	1.038.757,75	941.445,01	4° 3' 59,766" N	73° 43' 42,493" W
	1.038.727,89	941.442,18	4° 3' 59,674" N	73° 43' 43,461" W
	1.038.726,68	941.454,88	4° 4' 0,088" N	73° 43' 43,500" W
	1.038.721,82	941.466,69	4° 4' 0,472" N	73° 43' 43,658" W
	1.038.749,56	941.478,11	4° 4' 0,844" N	73° 43' 42,758" W
	1.038.755,27	941.464,24	4° 4' 0,392" N	73° 43' 42,573" W
	1.038.756,33	941.459,95	4° 4' 0,252" N	73° 43' 42,539" W
35	1.038.822,56	940.762,80	4° 3' 37,555" N	73° 43' 40,402" W
	1.038.792,70	940.759,96	4° 3' 37,464" N	73° 43' 41,370" W
	1.038.791,28	940.774,89	4° 3' 37,950" N	73° 43' 41,416" W
	1.038.789,86	940.789,83	4° 3' 38,436" N	73° 43' 41,461" W
	1.038.819,73	940.792,66	4° 3' 38,528" N	73° 43' 40,493" W
	1.038.821,14	940.777,73	4° 3' 38,042" N	73° 43' 40,447" W
36	1.038.868,19	940.282,50	4° 3' 21,919" N	73° 43' 38,929" W
	1.038.838,33	940.279,66	4° 3' 21,827" N	73° 43' 39,897" W
	1.038.836,91	940.294,59	4° 3' 22,313" N	73° 43' 39,943" W
	1.038.835,49	940.309,52	4° 3' 22,799" N	73° 43' 39,989" W
	1.038.865,35	940.312,36	4° 3' 22,891" N	73° 43' 39,021" W
	1.038.866,77	940.297,43	4° 3' 22,405" N	73° 43' 38,975" W

SONDEOS	Coordenadas Magna Sirgas Origen Bogotá		Coordenadas Geográficas	
	ESTE	NORTE	LATITUD	LONGITUD
37	1.038.910,64	939.835,67	4° 3' 7,372" N	73° 43' 37,559" W
	1.038.880,77	939.832,83	4° 3' 7,280" N	73° 43' 38,528" W
	1.038.879,35	939.847,77	4° 3' 7,766" N	73° 43' 38,573" W
	1.038.877,94	939.862,70	4° 3' 8,252" N	73° 43' 38,619" W
	1.038.907,80	939.865,54	4° 3' 8,344" N	73° 43' 37,651" W
	1.038.909,22	939.850,60	4° 3' 7,858" N	73° 43' 37,605" W
38	1.038.951,05	939.410,28	4° 2' 53,522" N	73° 43' 36,255" W
	1.038.921,18	939.407,44	4° 2' 53,430" N	73° 43' 37,223" W
	1.038.919,77	939.422,38	4° 2' 53,917" N	73° 43' 37,269" W
	1.038.918,35	939.437,31	4° 2' 54,403" N	73° 43' 37,315" W
	1.038.948,21	939.440,15	4° 2' 54,495" N	73° 43' 36,347" W
	1.038.949,63	939.425,21	4° 2' 54,009" N	73° 43' 36,301" W
39	1.038.998,75	938.908,07	4° 2' 37,172" N	73° 43' 34,716" W
	1.038.968,89	938.905,24	4° 2' 37,081" N	73° 43' 35,684" W
	1.038.967,47	938.920,17	4° 2' 37,567" N	73° 43' 35,730" W
	1.038.966,06	938.935,10	4° 2' 38,053" N	73° 43' 35,775" W
	1.038.995,92	938.937,94	4° 2' 38,145" N	73° 43' 34,807" W
	1.038.997,34	938.923,00	4° 2' 37,658" N	73° 43' 34,761" W
40	1.039.038,33	938.489,54	4° 2' 23,546" N	73° 43' 33,438" W
	1.039.008,46	938.486,72	4° 2' 23,455" N	73° 43' 34,407" W
	1.039.007,05	938.501,65	4° 2' 23,941" N	73° 43' 34,452" W
	1.039.005,64	938.516,59	4° 2' 24,427" N	73° 43' 34,498" W
	1.039.035,51	938.519,41	4° 2' 24,519" N	73° 43' 33,530" W
	1.039.036,92	938.504,48	4° 2' 24,033" N	73° 43' 33,484" W
41	1.039.084,38	938.002,63	4° 2' 7,694" N	73° 43' 31,952" W
	1.039.054,52	937.999,80	4° 2' 7,603" N	73° 43' 32,921" W
	1.039.053,10	938.014,74	4° 2' 8,089" N	73° 43' 32,966" W
	1.039.051,69	938.029,67	4° 2' 8,575" N	73° 43' 33,012" W
	1.039.081,56	938.032,49	4° 2' 8,667" N	73° 43' 32,043" W
	1.039.082,97	938.017,56	4° 2' 8,180" N	73° 43' 31,998" W
42	1.039.145,75	937.353,61	4° 1' 46,565" N	73° 43' 29,972" W
	1.039.115,88	937.350,79	4° 1' 46,473" N	73° 43' 30,940" W
	1.039.114,47	937.365,72	4° 1' 46,959" N	73° 43' 30,986" W
	1.039.113,06	937.380,65	4° 1' 47,446" N	73° 43' 31,031" W
	1.039.142,92	937.383,48	4° 1' 47,537" N	73° 43' 30,063" W
	1.039.144,34	937.368,55	4° 1' 47,051" N	73° 43' 30,018" W

SONDEOS	Coordenadas Magna Sirgas Origen Bogotá		Coordenadas Geográficas	
	ESTE	NORTE	LATITUD	LONGITUD
43	1.039.186,48	936.924,60	4° 1' 32,597" N	73° 43' 28,658" W
	1.039.156,63	936.921,54	4° 1' 32,498" N	73° 43' 29,625" W
	1.039.155,10	936.936,52	4° 1' 32,986" N	73° 43' 29,675" W
	1.039.153,68	936.951,51	4° 1' 33,474" N	73° 43' 29,721" W
	1.039.183,55	936.954,34	4° 1' 33,566" N	73° 43' 28,752" W
	1.039.184,95	936.939,46	4° 1' 33,081" N	73° 43' 28,707" W
44	1.039.221,73	936.608,99	4° 1' 22,322" N	73° 43' 27,519" W
	1.039.193,28	936.599,49	4° 1' 22,014" N	73° 43' 28,442" W
	1.039.188,53	936.613,72	4° 1' 22,477" N	73° 43' 28,596" W
	1.039.187,98	936.615,87	4° 1' 22,547" N	73° 43' 28,613" W
	1.039.187,83	936.616,94	4° 1' 22,582" N	73° 43' 28,618" W
	1.039.186,31	936.631,87	4° 1' 23,068" N	73° 43' 28,667" W
	1.039.216,15	936.634,92	4° 1' 23,167" N	73° 43' 27,700" W
	1.039.217,51	936.621,65	4° 1' 22,735" N	73° 43' 27,656" W
45	1.039.332,11	936.278,34	4° 1' 11,557" N	73° 43' 23,946" W
	1.039.303,65	936.268,84	4° 1' 11,248" N	73° 43' 24,868" W
	1.039.298,90	936.283,07	4° 1' 11,711" N	73° 43' 25,022" W
	1.039.294,15	936.297,30	4° 1' 12,174" N	73° 43' 25,176" W
	1.039.322,61	936.306,80	4° 1' 12,483" N	73° 43' 24,253" W
	1.039.327,36	936.292,57	4° 1' 12,020" N	73° 43' 24,100" W
46	1.039.463,62	935.891,02	4° 0' 58,945" N	73° 43' 19,688" W
	1.039.436,94	935.877,31	4° 0' 58,499" N	73° 43' 20,553" W
	1.039.430,08	935.890,65	4° 0' 58,934" N	73° 43' 20,775" W
	1.039.429,32	935.892,37	4° 0' 58,990" N	73° 43' 20,800" W
	1.039.429,19	935.892,75	4° 0' 59,002" N	73° 43' 20,804" W
	1.039.424,44	935.906,98	4° 0' 59,466" N	73° 43' 20,958" W
	1.039.452,90	935.916,48	4° 0' 59,774" N	73° 43' 20,035" W
	1.039.457,29	935.903,34	4° 0' 59,347" N	73° 43' 19,893" W
47	1.039.608,68	935.608,83	4° 0' 49,757" N	73° 43' 14,989" W
	1.039.582,00	935.595,12	4° 0' 49,311" N	73° 43' 15,855" W
	1.039.575,14	935.608,46	4° 0' 49,745" N	73° 43' 16,077" W
	1.039.568,28	935.621,80	4° 0' 50,179" N	73° 43' 16,299" W
	1.039.594,96	935.635,51	4° 0' 50,625" N	73° 43' 15,434" W
	1.039.601,82	935.622,17	4° 0' 50,191" N	73° 43' 15,212" W

SONDEOS	Coordenadas Magna Sirgas Origen Bogotá		Coordenadas Geográficas	
	ESTE	NORTE	LATITUD	LONGITUD
48	1.039.747,32	935.339,12	4° 0' 40,974" N	73° 43' 10,499" W
	1.039.720,64	935.325,40	4° 0' 40,528" N	73° 43' 11,364" W
	1.039.713,78	935.338,74	4° 0' 40,962" N	73° 43' 11,586" W
	1.039.706,92	935.352,09	4° 0' 41,397" N	73° 43' 11,808" W
	1.039.733,61	935.365,80	4° 0' 41,843" N	73° 43' 10,943" W
	1.039.740,46	935.352,46	4° 0' 41,409" N	73° 43' 10,721" W
49	1.039.889,60	935.062,33	4° 0' 31,961" N	73° 43' 5,890" W
	1.039.862,92	935.048,61	4° 0' 31,515" N	73° 43' 6,755" W
	1.039.856,06	935.061,95	4° 0' 31,950" N	73° 43' 6,977" W
	1.039.849,21	935.075,29	4° 0' 32,384" N	73° 43' 7,200" W
	1.039.875,89	935.089,01	4° 0' 32,830" N	73° 43' 6,334" W
	1.039.882,75	935.075,67	4° 0' 32,396" N	73° 43' 6,112" W
50	1.040.012,41	934.822,41	4° 0' 24,149" N	73° 43' 1,912" W
	1.039.985,32	934.809,51	4° 0' 23,729" N	73° 43' 2,791" W
	1.039.978,97	934.822,85	4° 0' 24,164" N	73° 43' 2,996" W
	1.039.972,22	934.835,99	4° 0' 24,592" N	73° 43' 3,215" W
	1.039.998,90	934.849,70	4° 0' 25,038" N	73° 43' 2,350" W
	1.040.005,76	934.836,36	4° 0' 24,603" N	73° 43' 2,128" W
	1.040.005,96	934.835,95	4° 0' 24,590" N	73° 43' 2,121" W
	1.040.012,41	934.822,41	4° 0' 24,149" N	73° 43' 1,912" W
51	1.040.118,54	934.599,46	4° 0' 16,889" N	73° 42' 58,475" W
	1.040.091,45	934.586,56	4° 0' 16,470" N	73° 42' 59,354" W
	1.040.085,00	934.600,11	4° 0' 16,911" N	73° 42' 59,562" W
	1.040.078,56	934.613,65	4° 0' 17,352" N	73° 42' 59,771" W
	1.040.105,64	934.626,55	4° 0' 17,771" N	73° 42' 58,893" W
	1.040.112,09	934.613,00	4° 0' 17,330" N	73° 42' 58,684" W
52	1.040.270,76	934.281,49	4° 0' 6,535" N	73° 42' 53,545" W
	1.040.244,40	934.267,16	4° 0' 6,069" N	73° 42' 54,400" W
	1.040.237,24	934.280,34	4° 0' 6,499" N	73° 42' 54,632" W
	1.040.236,88	934.281,06	4° 0' 6,522" N	73° 42' 54,644" W
	1.040.230,43	934.294,60	4° 0' 6,963" N	73° 42' 54,852" W
	1.040.257,52	934.307,49	4° 0' 7,382" N	73° 42' 53,974" W
	1.040.263,79	934.294,31	4° 0' 6,953" N	73° 42' 53,771" W
53	1.040.506,75	933.847,27	3° 59' 52,396" N	73° 42' 45,901" W
	1.040.480,39	933.832,95	3° 59' 51,930" N	73° 42' 46,756" W
	1.040.473,23	933.846,13	3° 59' 52,359" N	73° 42' 46,988" W
	1.040.466,06	933.859,31	3° 59' 52,789" N	73° 42' 47,220" W
	1.040.492,42	933.873,63	3° 59' 53,255" N	73° 42' 46,365" W
	1.040.499,59	933.860,45	3° 59' 52,825" N	73° 42' 46,133" W

SONDEOS	Coordenadas Magna Sirgas Origen Bogotá		Coordenadas Geográficas	
	ESTE	NORTE	LATITUD	LONGITUD
54	1.040.716,82	933.446,05	3° 59' 39,331" N	73° 42' 39,097" W
	1.040.686,96	933.443,11	3° 59' 39,236" N	73° 42' 40,065" W
	1.040.685,79	933.455,01	3° 59' 39,623" N	73° 42' 40,103" W
	1.040.680,08	933.465,52	3° 59' 39,966" N	73° 42' 40,288" W
	1.040.706,44	933.479,85	3° 59' 40,432" N	73° 42' 39,433" W
	1.040.713,60	933.466,67	3° 59' 40,003" N	73° 42' 39,201" W
	1.040.715,35	933.460,97	3° 59' 39,817" N	73° 42' 39,145" W
56	1.040.779,09	932.840,67	3° 59' 19,622" N	73° 42' 37,087" W
	1.040.750,38	932.831,97	3° 59' 19,339" N	73° 42' 38,018" W
	1.040.746,03	932.846,32	3° 59' 19,807" N	73° 42' 38,159" W
	1.040.745,61	932.848,07	3° 59' 19,864" N	73° 42' 38,173" W
	1.040.745,46	932.849,20	3° 59' 19,901" N	73° 42' 38,178" W
	1.040.743,99	932.864,13	3° 59' 20,387" N	73° 42' 38,225" W
	1.040.773,84	932.867,07	3° 59' 20,482" N	73° 42' 37,257" W
57	1.040.775,17	932.853,61	3° 59' 20,044" N	73° 42' 37,214" W
	1.040.883,55	932.496,29	3° 59' 8,409" N	73° 42' 33,706" W
	1.040.854,84	932.487,58	3° 59' 8,126" N	73° 42' 34,637" W
	1.040.850,49	932.501,94	3° 59' 8,594" N	73° 42' 34,778" W
	1.040.846,13	932.516,29	3° 59' 9,061" N	73° 42' 34,919" W
	1.040.874,84	932.525,00	3° 59' 9,344" N	73° 42' 33,988" W
58	1.040.879,20	932.510,64	3° 59' 8,877" N	73° 42' 33,847" W
	1.040.984,69	932.146,78	3° 58' 57,030" N	73° 42' 30,433" W
	1.040.954,70	932.146,23	3° 58' 57,012" N	73° 42' 31,405" W
	1.040.954,46	932.159,15	3° 58' 57,433" N	73° 42' 31,412" W
	1.040.950,71	932.171,50	3° 58' 57,835" N	73° 42' 31,534" W
	1.040.979,42	932.180,21	3° 58' 58,118" N	73° 42' 30,603" W
	1.040.983,77	932.165,86	3° 58' 57,651" N	73° 42' 30,462" W
	1.040.984,19	932.164,11	3° 58' 57,594" N	73° 42' 30,449" W
59	1.040.984,42	932.161,78	3° 58' 57,518" N	73° 42' 30,441" W
	1.040.992,15	931.736,62	3° 58' 43,677" N	73° 42' 30,197" W
	1.040.962,16	931.736,07	3° 58' 43,659" N	73° 42' 31,169" W
	1.040.961,88	931.751,07	3° 58' 44,148" N	73° 42' 31,178" W
	1.040.961,61	931.766,07	3° 58' 44,636" N	73° 42' 31,186" W
	1.040.991,61	931.766,61	3° 58' 44,653" N	73° 42' 30,214" W
1.040.991,88	931.751,61	3° 58' 44,165" N	73° 42' 30,205" W	

SONDEOS	Coordenadas Magna Sirgas Origen Bogotá		Coordenadas Geográficas	
	ESTE	NORTE	LATITUD	LONGITUD
60	1.040.998,40	931.393,21	3° 58' 32,497" N	73° 42' 29,999" W
	1.040.968,40	931.392,67	3° 58' 32,480" N	73° 42' 30,972" W
	1.040.968,13	931.407,67	3° 58' 32,968" N	73° 42' 30,980" W
	1.040.967,86	931.422,66	3° 58' 33,456" N	73° 42' 30,989" W
	1.040.997,85	931.423,21	3° 58' 33,474" N	73° 42' 30,016" W
	1.040.998,12	931.408,21	3° 58' 32,985" N	73° 42' 30,008" W
61	1.041.007,68	930.882,69	3° 58' 15,877" N	73° 42' 29,706" W
	1.040.977,69	930.882,15	3° 58' 15,860" N	73° 42' 30,678" W
	1.040.977,42	930.897,14	3° 58' 16,348" N	73° 42' 30,687" W
	1.040.977,14	930.912,14	3° 58' 16,836" N	73° 42' 30,695" W
	1.041.007,14	930.912,69	3° 58' 16,853" N	73° 42' 29,723" W
	1.041.007,41	930.897,69	3° 58' 16,365" N	73° 42' 29,714" W
62	1.041.017,95	930.318,19	3° 57' 57,499" N	73° 42' 29,381" W
	1.040.987,96	930.317,64	3° 57' 57,482" N	73° 42' 30,353" W
	1.040.987,68	930.332,64	3° 57' 57,970" N	73° 42' 30,362" W
	1.040.987,41	930.347,63	3° 57' 58,458" N	73° 42' 30,371" W
	1.041.017,40	930.348,18	3° 57' 58,476" N	73° 42' 29,398" W
	1.041.017,68	930.333,18	3° 57' 57,987" N	73° 42' 29,390" W
63	1.041.026,88	929.827,33	3° 57' 41,519" N	73° 42' 29,099" W
	1.040.996,88	929.826,79	3° 57' 41,502" N	73° 42' 30,071" W
	1.040.996,61	929.841,79	3° 57' 41,990" N	73° 42' 30,080" W
	1.040.996,34	929.856,78	3° 57' 42,479" N	73° 42' 30,088" W
	1.041.026,33	929.857,33	3° 57' 42,496" N	73° 42' 29,116" W
	1.041.026,61	929.842,33	3° 57' 42,008" N	73° 42' 29,107" W
64	1.041.032,31	929.563,45	3° 57' 32,929" N	73° 42' 28,926" W
	1.041.002,37	929.561,61	3° 57' 32,869" N	73° 42' 29,897" W
	1.041.001,45	929.576,58	3° 57' 33,357" N	73° 42' 29,927" W
	1.041.001,42	929.577,23	3° 57' 33,378" N	73° 42' 29,927" W
	1.041.001,15	929.592,23	3° 57' 33,866" N	73° 42' 29,936" W
	1.041.031,14	929.592,77	3° 57' 33,883" N	73° 42' 28,964" W
	1.041.031,41	929.578,10	3° 57' 33,405" N	73° 42' 28,955" W
65	1.041.052,78	929.230,38	3° 57' 22,085" N	73° 42' 28,267" W
	1.041.022,84	929.228,54	3° 57' 22,025" N	73° 42' 29,238" W
	1.041.021,92	929.243,51	3° 57' 22,513" N	73° 42' 29,268" W
	1.041.021,00	929.258,48	3° 57' 23,000" N	73° 42' 29,297" W
	1.041.050,94	929.260,32	3° 57' 23,060" N	73° 42' 28,327" W
	1.041.051,86	929.245,35	3° 57' 22,572" N	73° 42' 28,297" W

SONDEOS	Coordenadas Magna Sirgas Origen Bogotá		Coordenadas Geográficas	
	ESTE	NORTE	LATITUD	LONGITUD
66	1.041.079,10	928.802,26	3° 57' 8,147" N	73° 42' 27,421" W
	1.041.049,15	928.800,42	3° 57' 8,088" N	73° 42' 28,391" W
	1.041.048,23	928.815,39	3° 57' 8,575" N	73° 42' 28,421" W
	1.041.047,31	928.830,36	3° 57' 9,063" N	73° 42' 28,451" W
	1.041.077,26	928.832,20	3° 57' 9,122" N	73° 42' 27,480" W
	1.041.078,18	928.817,23	3° 57' 8,635" N	73° 42' 27,450" W
67	1.041.108,61	928.322,13	3° 56' 52,516" N	73° 42' 26,471" W
	1.041.078,67	928.320,29	3° 56' 52,457" N	73° 42' 27,442" W
	1.041.077,75	928.335,26	3° 56' 52,944" N	73° 42' 27,471" W
	1.041.076,83	928.350,23	3° 56' 53,432" N	73° 42' 27,501" W
	1.041.106,77	928.352,07	3° 56' 53,491" N	73° 42' 26,530" W
	1.041.107,69	928.337,10	3° 56' 53,004" N	73° 42' 26,501" W
68	1.041.136,32	927.871,26	3° 56' 37,838" N	73° 42' 25,579" W
	1.041.106,38	927.869,42	3° 56' 37,778" N	73° 42' 26,550" W
	1.041.105,46	927.884,39	3° 56' 38,265" N	73° 42' 26,579" W
	1.041.104,54	927.899,36	3° 56' 38,753" N	73° 42' 26,609" W
	1.041.134,48	927.901,20	3° 56' 38,812" N	73° 42' 25,638" W
	1.041.135,40	927.886,23	3° 56' 38,325" N	73° 42' 25,609" W
69	1.041.167,48	927.464,36	3° 56' 24,591" N	73° 42' 24,575" W
	1.041.145,82	927.443,61	3° 56' 23,915" N	73° 42' 25,277" W
	1.041.135,44	927.454,44	3° 56' 24,268" N	73° 42' 25,614" W
	1.041.134,78	927.455,17	3° 56' 24,292" N	73° 42' 25,635" W
	1.041.133,28	927.457,32	3° 56' 24,362" N	73° 42' 25,684" W
	1.041.132,18	927.459,69	3° 56' 24,439" N	73° 42' 25,719" W
	1.041.131,50	927.462,21	3° 56' 24,521" N	73° 42' 25,741" W
	1.041.131,30	927.463,90	3° 56' 24,576" N	73° 42' 25,748" W
	1.041.130,38	927.478,87	3° 56' 25,063" N	73° 42' 25,777" W
	1.041.160,33	927.480,71	3° 56' 25,123" N	73° 42' 24,807" W
	1.041.160,91	927.471,22	3° 56' 24,814" N	73° 42' 24,788" W
70	1.041.510,07	927.106,80	3° 56' 12,945" N	73° 42' 13,475" W
	1.041.488,41	927.086,04	3° 56' 12,270" N	73° 42' 14,178" W
	1.041.467,65	927.107,71	3° 56' 12,975" N	73° 42' 14,850" W
	1.041.489,32	927.128,46	3° 56' 13,651" N	73° 42' 14,148" W
	1.041.510,07	927.106,80	3° 56' 12,945" N	73° 42' 13,475" W

SONDEOS	Coordenadas Magna Sirgas Origen Bogotá		Coordenadas Geográficas	
	ESTE	NORTE	LATITUD	LONGITUD
71	1.041.854,65	926.747,15	3° 56' 1,232" N	73° 42' 2,311" W
	1.041.832,99	926.726,40	3° 56' 0,556" N	73° 42' 3,013" W
	1.041.822,61	926.737,23	3° 56' 0,909" N	73° 42' 3,350" W
	1.041.812,24	926.748,06	3° 56' 1,262" N	73° 42' 3,686" W
	1.041.833,90	926.768,81	3° 56' 1,937" N	73° 42' 2,983" W
	1.041.844,28	926.757,98	3° 56' 1,585" N	73° 42' 2,647" W
72	1.042.165,94	926.422,26	3° 55' 50,650" N	73° 41' 52,226" W
	1.042.144,27	926.401,51	3° 55' 49,975" N	73° 41' 52,928" W
	1.042.133,90	926.412,34	3° 55' 50,328" N	73° 41' 53,264" W
	1.042.123,52	926.423,17	3° 55' 50,681" N	73° 41' 53,601" W
	1.042.145,18	926.443,92	3° 55' 51,356" N	73° 41' 52,898" W
	1.042.155,56	926.433,09	3° 55' 51,003" N	73° 41' 52,562" W
73	1.042.461,50	926.113,77	3° 55' 40,603" N	73° 41' 42,650" W
	1.042.439,84	926.093,02	3° 55' 39,928" N	73° 41' 43,352" W
	1.042.429,46	926.103,85	3° 55' 40,281" N	73° 41' 43,688" W
	1.042.419,09	926.114,68	3° 55' 40,633" N	73° 41' 44,025" W
	1.042.440,75	926.135,44	3° 55' 41,309" N	73° 41' 43,322" W
	1.042.451,13	926.124,61	3° 55' 40,956" N	73° 41' 42,986" W
74	1.042.677,71	925.888,12	3° 55' 33,254" N	73° 41' 35,645" W
	1.042.656,05	925.867,36	3° 55' 32,578" N	73° 41' 36,347" W
	1.042.645,67	925.878,19	3° 55' 32,931" N	73° 41' 36,683" W
	1.042.635,29	925.889,02	3° 55' 33,284" N	73° 41' 37,020" W
	1.042.656,96	925.909,78	3° 55' 33,959" N	73° 41' 36,317" W
	1.042.667,33	925.898,95	3° 55' 33,606" N	73° 41' 35,981" W
75	1.042.950,33	925.584,47	3° 55' 23,364" N	73° 41' 26,813" W
	1.042.920,39	925.582,60	3° 55' 23,304" N	73° 41' 27,783" W
	1.042.919,79	925.592,09	3° 55' 23,613" N	73° 41' 27,802" W
	1.042.913,21	925.598,96	3° 55' 23,837" N	73° 41' 28,016" W
	1.042.934,87	925.619,71	3° 55' 24,512" N	73° 41' 27,313" W
	1.042.945,25	925.608,88	3° 55' 24,159" N	73° 41' 26,977" W
	1.042.945,91	925.608,15	3° 55' 24,135" N	73° 41' 26,956" W
	1.042.947,41	925.606,00	3° 55' 24,065" N	73° 41' 26,907" W
	1.042.948,52	925.603,63	3° 55' 23,988" N	73° 41' 26,871" W
	1.042.949,19	925.601,11	3° 55' 23,906" N	73° 41' 26,849" W
	1.042.949,39	925.599,44	3° 55' 23,852" N	73° 41' 26,843" W

SONDEOS	Coordenadas Magna Sirgas Origen Bogotá		Coordenadas Geográficas	
	ESTE	NORTE	LATITUD	LONGITUD
76	1.042.977,64	925.146,88	3° 55' 9,118" N	73° 41' 25,934" W
	1.042.947,70	925.145,10	3° 55' 9,061" N	73° 41' 26,905" W
	1.042.946,81	925.160,03	3° 55' 9,547" N	73° 41' 26,933" W
	1.042.945,87	925.175,00	3° 55' 10,034" N	73° 41' 26,963" W
	1.042.975,81	925.176,87	3° 55' 10,094" N	73° 41' 25,993" W
	1.042.976,75	925.161,88	3° 55' 9,606" N	73° 41' 25,963" W
77	1.042.999,00	924.788,02	3° 54' 57,435" N	73° 41' 25,247" W
	1.042.969,05	924.786,23	3° 54' 57,377" N	73° 41' 26,218" W
	1.042.968,16	924.801,21	3° 54' 57,865" N	73° 41' 26,246" W
	1.042.967,27	924.816,18	3° 54' 58,352" N	73° 41' 26,275" W
	1.042.997,22	924.817,96	3° 54' 58,410" N	73° 41' 25,304" W
	1.042.998,11	924.802,99	3° 54' 57,922" N	73° 41' 25,276" W
78	1.043.033,57	924.207,02	3° 54' 38,520" N	73° 41' 24,135" W
	1.043.003,62	924.205,24	3° 54' 38,462" N	73° 41' 25,106" W
	1.043.002,73	924.220,21	3° 54' 38,950" N	73° 41' 25,134" W
	1.043.001,84	924.235,18	3° 54' 39,437" N	73° 41' 25,163" W
	1.043.031,79	924.236,96	3° 54' 39,495" N	73° 41' 24,192" W
	1.043.032,68	924.221,99	3° 54' 39,008" N	73° 41' 24,164" W
79	1.043.065,23	923.683,02	3° 54' 21,461" N	73° 41' 23,117" W
	1.043.035,35	923.680,27	3° 54' 21,372" N	73° 41' 24,085" W
	1.043.033,98	923.695,20	3° 54' 21,858" N	73° 41' 24,129" W
	1.043.033,94	923.695,69	3° 54' 21,874" N	73° 41' 24,131" W
	1.043.033,05	923.710,66	3° 54' 22,361" N	73° 41' 24,159" W
	1.043.063,00	923.712,44	3° 54' 22,419" N	73° 41' 23,189" W
	1.043.063,88	923.697,71	3° 54' 21,939" N	73° 41' 23,160" W
80	1.043.116,39	923.116,07	3° 54' 3,003" N	73° 41' 21,467" W
	1.043.086,40	923.115,26	3° 54' 2,977" N	73° 41' 22,439" W
	1.043.086,01	923.129,77	3° 54' 3,449" N	73° 41' 22,451" W
	1.043.084,68	923.144,22	3° 54' 3,920" N	73° 41' 22,494" W
	1.043.114,56	923.146,97	3° 54' 4,009" N	73° 41' 21,526" W
	1.043.115,93	923.132,03	3° 54' 3,523" N	73° 41' 21,482" W
	1.043.115,99	923.131,06	3° 54' 3,491" N	73° 41' 21,480" W
81	1.043.137,12	922.564,97	3° 53' 45,062" N	73° 41' 20,803" W
	1.043.113,47	922.546,51	3° 53' 44,461" N	73° 41' 21,570" W
	1.043.104,24	922.558,33	3° 53' 44,846" N	73° 41' 21,869" W
	1.043.101,07	922.567,16	3° 53' 45,134" N	73° 41' 21,972" W
	1.043.100,67	922.582,16	3° 53' 45,622" N	73° 41' 21,984" W
	1.043.130,66	922.582,96	3° 53' 45,647" N	73° 41' 21,012" W
	1.043.130,93	922.572,90	3° 53' 45,320" N	73° 41' 21,004" W

SONDEOS	Coordenadas Magna Sirgas Origen Bogotá		Coordenadas Geográficas	
	ESTE	NORTE	LATITUD	LONGITUD
82	1.043.408,46	922.224,58	3° 53' 33,976" N	73° 41' 12,013" W
	1.043.393,02	922.198,86	3° 53' 33,139" N	73° 41' 12,514" W
	1.043.380,16	922.206,59	3° 53' 33,391" N	73° 41' 12,931" W
	1.043.376,06	922.210,21	3° 53' 33,509" N	73° 41' 13,064" W
	1.043.366,83	922.222,04	3° 53' 33,894" N	73° 41' 13,363" W
	1.043.390,47	922.240,50	3° 53' 34,495" N	73° 41' 12,596" W
	1.043.397,99	922.230,87	3° 53' 34,181" N	73° 41' 12,353" W
14N	1.040.659,77	948.781,80	4° 7' 58,587" N	73° 42' 40,722" W
	1.040.647,18	948.773,63	4° 7' 58,322" N	73° 42' 41,130" W
	1.040.630,85	948.798,79	4° 7' 59,141" N	73° 42' 41,659" W
	1.040.636,05	948.802,17	4° 7' 59,251" N	73° 42' 41,490" W
	1.040.635,64	948.808,36	4° 7' 59,452" N	73° 42' 41,503" W
	1.040.665,58	948.810,33	4° 7' 59,516" N	73° 42' 40,533" W
	1.040.666,57	948.795,37	4° 7' 59,029" N	73° 42' 40,501" W
	1.040.666,60	948.794,38	4° 7' 58,997" N	73° 42' 40,500" W
	1.040.666,37	948.791,77	4° 7' 58,912" N	73° 42' 40,507" W
	1.040.665,69	948.789,25	4° 7' 58,830" N	73° 42' 40,529" W
	1.040.664,59	948.786,88	4° 7' 58,753" N	73° 42' 40,565" W
	1.040.663,09	948.784,74	4° 7' 58,683" N	73° 42' 40,614" W
3N	1.041.430,64	953.712,97	4° 10' 39,109" N	73° 42' 15,652" W
	1.041.406,29	953.695,45	4° 10' 38,539" N	73° 42' 16,442" W
	1.041.397,53	953.707,63	4° 10' 38,936" N	73° 42' 16,726" W
	1.041.388,77	953.719,81	4° 10' 39,333" N	73° 42' 17,010" W
	1.041.413,13	953.737,32	4° 10' 39,902" N	73° 42' 16,220" W
	1.041.421,89	953.725,15	4° 10' 39,506" N	73° 42' 15,936" W
4N	1.041.650,53	953.399,07	4° 10' 28,887" N	73° 42' 8,528" W
	1.041.647,57	953.384,36	4° 10' 28,408" N	73° 42' 8,624" W
	1.041.618,16	953.390,26	4° 10' 28,601" N	73° 42' 9,577" W
	1.041.619,83	953.398,56	4° 10' 28,871" N	73° 42' 9,523" W
	1.041.614,88	953.405,44	4° 10' 29,095" N	73° 42' 9,683" W
	1.041.639,24	953.422,95	4° 10' 29,665" N	73° 42' 8,893" W
	1.041.648,00	953.410,78	4° 10' 29,268" N	73° 42' 8,610" W
	1.041.648,81	953.409,52	4° 10' 29,227" N	73° 42' 8,583" W
	1.041.649,91	953.407,15	4° 10' 29,150" N	73° 42' 8,548" W
	1.041.650,59	953.404,62	4° 10' 29,068" N	73° 42' 8,526" W
	1.041.650,82	953.402,02	4° 10' 28,983" N	73° 42' 8,518" W
1.041.650,59	953.399,41	4° 10' 28,898" N	73° 42' 8,526" W	

SONDEOS	Coordenadas Magna Sirgas Origen Bogotá		Coordenadas Geográficas	
	ESTE	NORTE	LATITUD	LONGITUD
Port	1.041.315,21	953.928,06	4° 10' 46,114" N	73° 42' 19,392" W
	1.041.308,98	953.898,72	4° 10' 45,158" N	73° 42' 19,594" W
	1.041.294,31	953.901,83	4° 10' 45,260" N	73° 42' 20,070" W
	1.041.300,53	953.931,18	4° 10' 46,215" N	73° 42' 19,868" W

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

Si se llegan a encontrar vestigios en algunos de los pozos de sondeo, no se realizarán sondeos adicionales con menor espaciamiento del previsto, porque se considera que al hacer sondeos a menor distancia se puede afectar el sitio arqueológico.

Los pozos de sondeo se realizarán con el fin de determinar la presencia de vestigios arqueológicos en el subsuelo, cada pozo de sondeo medirá 40 por 40 centímetros de lado y las profundidades variaran según las condiciones del terreno, pero se espera llegar a los 100 cm de profundidad.

Las coordenadas de los pozos de sondeo propuestas se subirán a un navegador o dispositivo GPS - sistema de posicionamiento global-. En campo se ubicarán los puntos de muestreo con la ayuda de este dispositivo y se señalarán los lugares para que los obreros excaven los pozos de sondeo.

Con el fin de ampliar y complementar la información se realizará una caracterización de los suelos del área de estudio, para esto se considerarán los datos tomados por medio de los pozos de sondeo. De ser posible se harán limpiezas de perfiles expuestos.

- **Registro**

Para cada uno de los pozos de sondeo realizados y descartados, se diligenciará la ficha expuesta en la **Imagen 1-35**. También se tomará un registro fotográfico de cada una de esas pruebas, además en terreno cada una de las pruebas realizadas se geo referenciará por medio de un dispositivo GPS.

- **Entrevistas**

Se realizarán entrevistas informales no estructuradas, con habitantes de las áreas de influencia para determinar la aparición y ocurrencia de hallazgos arqueológicos.

- **Capacidad de gestión**

Se visitará la casa de la cultura y la biblioteca del municipio de Acacias, Villavicencio y Castilla La Nueva, para establecer la capacidad de gestión sobre el patrimonio arqueológico.

- **Divulgación y capacitación**

Se realizarán capacitaciones dirigidas a los obreros que apoyen la prospección arqueológica, esta actividad tendrá como propósito exponer en qué se fundamenta el oficio

desarrollado por los arqueólogos, que es el patrimonio arqueológico y en qué consiste la actividad de prospección.

1.7.2.3 Fase post campo

- **Análisis de Información**

De llegarse a encontrar vestigios arqueológicos, estos se estudiarán y analizarán usando las técnicas y metodologías acordes según sus características.

El análisis de laboratorio se enfocará principalmente en la identificación de las principales características morfofuncionales y decorativas de los objetos, tratando de describir las características que puedan ser reconocibles y comparables con objetos en una zona de dispersión mayor en el llamado territorio Guayupe, esto con el fin de ver si existen diferencias marcadas entre los objetos o si por el contrario se encuentran atributos que cohesionen este territorio.

No se trata de hacer una construcción tipológica, se busca encontrar similitudes o diferencias en la cultura material en aporten a entendimiento de lo que hoy hemos conocido y generalizado como territorio Guayupe y aportar elemento de juicio para posteriores análisis y caracterización de los sitios arqueológicos.

Para el manejo de materiales cerámicos y líticos se seguirá el siguiente proceso de análisis en laboratorio:

Ingreso de a laboratorio

Los materiales llegan de campo en bolsas rotuladas con el nombre del proyecto, fecha, unidad de recuperación (pozo, RS, perfil, etc.) profundidad y tipo de material, además de la información documental del contexto de recuperación y la ubicación geográfica (punto de GPS). Con estos datos se inicia el inventario y limpieza de los datos para ser incluidos en la base de datos de análisis.

Lavado

Este procedimiento busca exponer los atributos decorativos, de tratamiento de superficie o retoque tanto de la cerámica como del material lítico. Se hace mediante el uso de agua común y cepillo de cerdas suaves, para retirar los restos de suelo adheridos, se debe tener especial cuidado con piezas que poseen pinturas, engobes o baños que podrían ser retirados durante el proceso abrasivo de lavado.

Rotulado

Se asigna de un número único de identificación del fragmento que lo relacione con el área de recuperación, técnica y profundidad. Este código se ingresa a la base de datos y bajo estas ID se consignan las características particulares de cada fragmento

Análisis arqueológico

El análisis cerámico estará enfocado en la descripción de los atributos formales (tipos de bordes, cuerpos, bases) decorativos y tecnológicos (color, núcleo, desgrasante, pasta, etc.), todas estas variables integraran una base de datos con un componente espacial que permita identificar diferencias entre atributos y su correspondencia geográfica.

Para los materiales líticos, se busca identificar las principales técnicas de manufactura de la industria lítica y se clasificaran los objetos de acuerdo al tipo elemento y función para la cual fue concebido, adicionalmente se tratarán de identificar características relacionadas con el uso como retoques, desgates, etc.

Finalmente se fotografiarán y dibujarán los objetos diagnósticos, más representativos de la colección arqueológica analizada.

Para los Materiales óseos, se realizará una limpieza mecánica en seco de los restos, posteriormente se tratará de identificar los procesos taxonómicos de cambio como fuego, cortes, etc., adiciónamele se tratará de identificar si se corresponden a restos humanos o de fauna. Finalmente se embalarán las piezas en papel aluminio y en recipientes herméticos para protegerlos de la humedad y la formación de hongos.

- **Productos entregables al ICANH**

Para la elaboración del informe, se ordenará la información obtenida en campo para su exposición, se seleccionará el material fotográfico más relevante para incluirlo en el documento y se depurará la información geográfica para generar los mapas arqueológicos. A partir de los resultados, se establecerá el potencial arqueológico del área estudiada y se formulará el plan de manejo arqueológico, el cual debe desarrollarse antes o durante las obras de adecuación y construcción.

1.7.3 Paisaje

Para el análisis del paisaje del área de influencia directa se tomaron como base los términos de referencia LI-TER-1-01 expedidos por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo territorial, por lo cual se realizó dicho análisis en tres (3) fases.

1.7.3.1 Etapa I: Recopilación, descripción y análisis de información secundaria

Durante la fase preliminar se realizó una revisión de fuentes de información temática, a partir de la cual se establecieron las características generales del área de influencia directa relacionadas a la forma del relieve, uso del suelo, cobertura vegetal y localización de áreas de interés.

- **Etapla II: Fase de campo**

En la fase correspondiente al trabajo de campo se elaboró una verificación y actualización de la información temática en el área de interés, de manera que se identificaron las unidades de paisaje y se realizó una evaluación preliminar en términos de calidad y fragilidad a través de cuencas visuales⁵¹. Dichas cuencas visuales se determinaron a través de la selección de puntos desde los cuales se realizan observaciones, determinando la fracción o porción del territorio que se puede observar desde un punto específico (Tévar, 1996).

Así mismo se establecieron cuencas visuales y puntos de observación en los sitios de interés identificados durante el trabajo en campo, así como en áreas pobladas y vías de mayor flujo, con base en las áreas de mayor accesibilidad y visibilidad (**Tabla 1-105 e Imagen 1-36**). Estas cuencas visuales o puntos de observación se establecieron tanto dentro como fuera del área de influencia directa, en lugares óptimos que permitieran observar las unidades paisajísticas al interior del AID.

Tabla 1-105 Localización de cuencas visuales

CUENCAS VISUALES		
NOMENCLATURA	Coordenadas Datum Magna Sirgas, Origen Bogotá	
	ESTE	NORTE
P10	1.039.696,81	926.800,00
P11	1.039.616,37	928.700,32
P12	1.038.285,98	929.535,75
PJ1	1.043.817,57	922.214,03
PJ13	1.040.734,60	928.506,40
PJ14	1.041.816,88	928.960,82
PJ15	1.046.048,56	928.979,53
PJ16	1.046.626,74	930.710,11
PJ17	1.041.987,34	932.164,57
PJ18	1.037.575,21	934.168,05
PJ19	1.038.894,27	933.929,42
PJ2	1.043.667,45	922.355,39
PJ20	1.039.502,17	934.183,80
PJ21	1.039.718,86	934.883,10
PJ22	1.040.154,62	936.170,90
PJ23	1.039.473,41	925.906,08
PJ24	1.039.601,72	925.282,23
PJ25	1.039.498,57	924.982,40
PJ26	1.038.058,51	939.700,88
PJ27	1.042.469,57	954.065,64

51 Las cuencas visuales se establecen a través de la selección de diversos puntos desde los cuales se hacen observaciones, lanzando rayos visuales imaginarios que conectan con otros puntos destino (Tévar, 1996), esto es la fracción del territorio que puede observarse desde un punto específico.

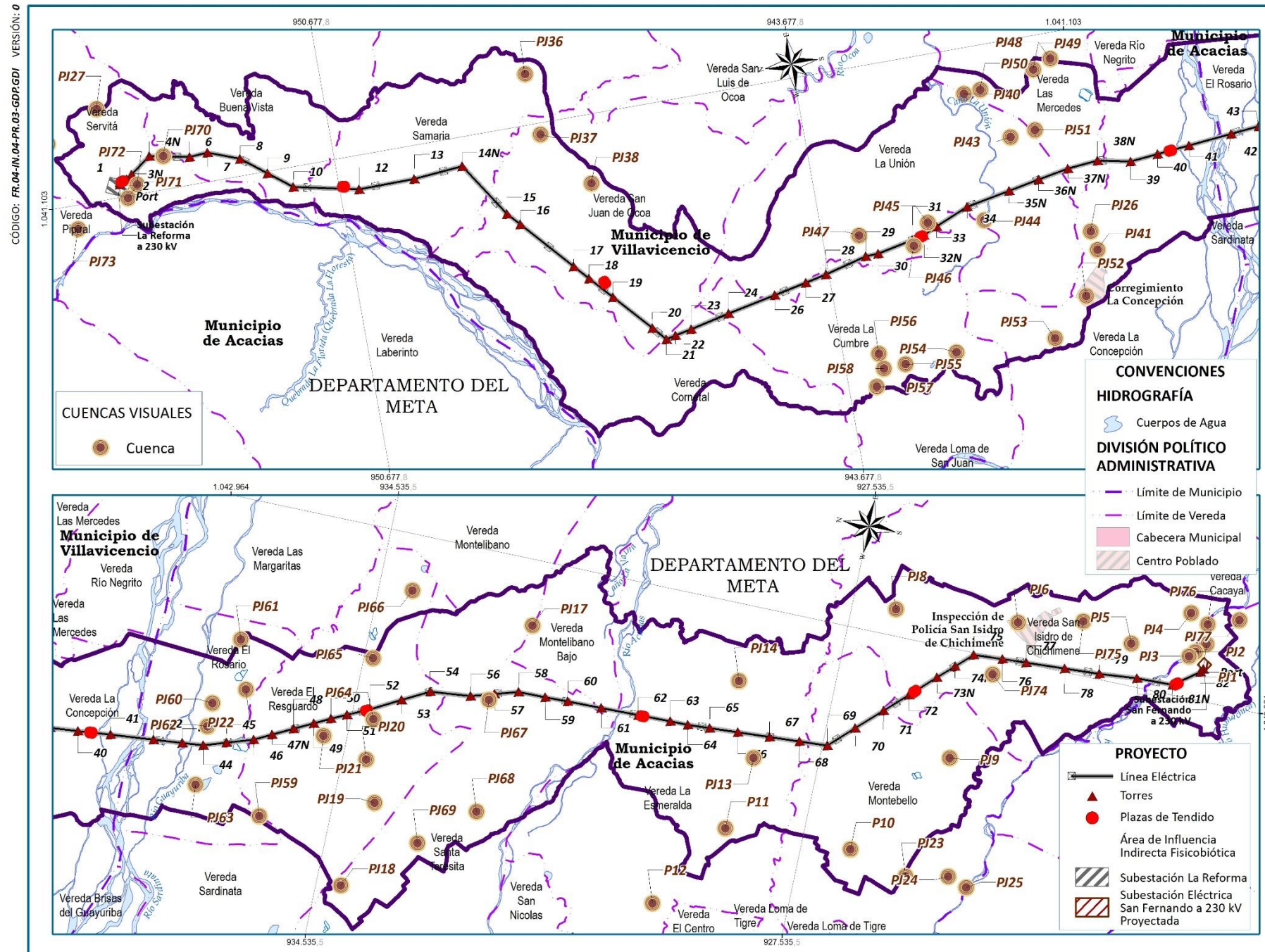
CUENCAS VISUALES		
NOMENCLATURA	Coordenadas Datum Magna Sirgas, Origen Bogotá	
	ESTE	NORTE
PJ28	1.042.432,90	955.049,25
PJ29	1.042.080,47	954.880,21
PJ3	1.043.585,11	922.433,21
PJ30	1.040.234,07	955.906,33
PJ31	1.039.574,73	956.078,31
PJ32	1.043.330,33	951.460,84
PJ33	1.043.411,94	950.780,35
PJ34	1.043.922,95	948.923,59
PJ35	1.043.208,33	948.474,16
PJ36	1.041.862,87	947.642,05
PJ37	1.040.931,31	947.575,70
PJ38	1.040.074,39	946.949,96
PJ39	1.043.334,76	950.585,80
PJ4	1.044.227,36	922.537,01
PJ40	1.040.417,88	941.215,22
PJ41	1.037.767,37	939.647,12
PJ42	1.034.561,37	939.720,26
PJ43	1.039.657,59	940.641,07
PJ44	1.038.499,92	941.244,68
PJ45	1.038.612,05	942.086,04
PJ46	1.038.307,68	942.352,40
PJ47	1.038.603,71	943.133,46
PJ48	1.040.712,65	939.847,34
PJ49	1.040.597,60	940.123,86
PJ5	1.043.591,59	923.320,41
PJ50	1.040.439,64	940.963,77
PJ51	1.039.700,51	940.257,71
PJ52	1.037.113,09	939.936,80
PJ53	1.036.571,29	940.505,85
PJ54	1.036.620,87	942.002,26
PJ55	1.036.580,68	942.786,71
PJ56	1.036.802,84	943.151,28
PJ57	1.036.325,65	943.268,63
PJ58	1.036.572,12	943.115,91
PJ59	1.038.340,10	935.577,62
PJ6	1.043.546,80	925.047,57
PJ60	1.039.850,92	936.615,87
PJ61	1.040.874,78	936.399,91
PJ62	1.039.496,01	936.621,57
PJ63	1.038.602,51	936.611,45
PJ64	1.040.118,39	934.208,50
PJ65	1.041.011,94	934.403,41
PJ66	1.042.125,86	934.032,03

CUENCAS VISUALES		
NOMENCLATURA	Coordenadas Datum Magna Sirgas, Origen Bogotá	
	ESTE	NORTE
PJ67	1.040.758,34	932.572,29
PJ68	1.039.083,71	932.405,35
PJ69	1.038.436,06	933.169,86
PJ7	1.045.170,54	924.158,93
PJ70	1.041.600,08	953.202,22
PJ71	1.041.070,18	953.832,85
PJ72	1.041.246,79	953.664,08
PJ73	1.040.744,15	954.652,01
PJ74	1.042.706,61	925.258,39
PJ75	1.043.768,71	924.095,45
PJ76	1.044.111,88	922.257,95
PJ77	1.044.270,25	921.806,97
PJ8	1.043.358,69	926.880,93
PJ9	1.041.346,71	925.630,10

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

En la **Imagen 1-36** se presenta la localización de las cuencas visuales

Imagen 1-36 Localización cuencas visuales



CuencasVisuales.mxd

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

- **Etapas III: Diagnóstico**

A partir de la información recolectada en campo, y con base en la identificación de los elementos predominantes del paisaje en el área de influencia, (geomorfología, cobertura vegetal, cuerpos de agua y uso del suelo), se elaboró el diagnóstico del paisaje de la zona, y posteriormente se evaluaron las unidades de paisaje identificadas de acuerdo con su calidad visual y fragilidad visual. Las cuencas visuales establecidas en campo sirvieron para dicho análisis, el cual se basa en el concepto visual, perceptual y cultural.

Para finalizar se realizó la identificación de los sitios de interés paisajístico presentes en el área de influencia directa, con el propósito de establecer los lugares de mayor relevancia tanto para la población local como para visitantes.

- **Identificación de las unidades de paisaje**

Las unidades fueron identificadas de acuerdo con las características geomorfológicas de la zona y a los ambientes morfogenéticos de estas, a partir de los cuales se definieron las unidades de paisaje, y sus tipos de relieve, a partir de los cuales se realizó la evaluación de las características del área.

- **Calidad visual**

La calidad visual del paisaje permite determinar las condiciones escénicas de las unidades vinculadas a la percepción de los elementos que las conforman. Así se estableció la calidad a partir de las características intrínsecas de la cobertura vegetal, el grado de intervención, los cuerpos de agua, el relieve, los elementos culturales y la viveza, tomando como base la metodología del manual para la gestión del paisaje del Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA, 1995)⁵².

Cobertura vegetal

Se evaluó las características relativas y los patrones de vegetación, así como la variedad, formas y texturas, de manera que las coberturas vegetales que presentan mayor grado de estructuración y diversidad de fisonomías, se consideran de mayor calidad visual, y por tanto aquellas menos estructuradas tienen una valoración más baja. Esta valoración para la unidad paisajística se asoció a la representatividad o porcentaje de ocupación de cada tipo de cobertura al interior de dicha unidad.

De esta manera se calculó el valor de cada cobertura presente dentro de la unidad paisajística, empleando la **Ecuación 5**.

52 UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. Landscape aesthetics, a handbook for scenery management. Forest service. United States of America. 1995. 104 p.

Ecuación 5

$$Vcu = \frac{Pc * Poc}{100}$$

Donde:

Vcu: Valor de la cobertura en la unidad paisajística a evaluar.

Pc: Peso de la cobertura acorde con la **Tabla 1-106**.

Poc: Porcentaje de ocupación de la cobertura en la unidad paisajística a evaluar.

Tabla 1-106 Pesos de la cobertura de la tierra para la valoración de la calidad visual

COBERTURA DE LA TIERRA		PESO (Pc)
Tejido urbano continuo	Tuc	1
Tejido urbano discontinuo	Tud	1
Zonas industriales	Zi	1
Explotación de hidrocarburos	Ehc	1
Explotación de materiales de construcción	Emc	1
Cultivos transitorios	Ct	2
Palma de aceite	Pac	2
Cítricos	Ctr	2
Pastos limpios	Pl	2
Pastos arbolados	Pa	2
Pastos enmalezados	Pe	2
Bosque Abierto Alto de Tierra Firme	Baaf	5
Bosque de galería y ripario	Bgr	5
Vegetación Secundaria Alta	Vsa	4
Vegetación Secundaria Baja	Vsb	3
Playas	Ply	4
Tierras desnudas y degradadas	Tdd	2
Zonas Pantanosas	Zpn	3
Ríos	R	4
Lagunas, lagos y ciénagas naturales	LI	3
Lagunas de oxidación	Lo	1
Estanques para acuicultura continental	Eac	2

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

Una vez calculado el valor de cada cobertura en la unidad paisajística, se realizó una sumatoria de los valores resultantes (Vcu), y se estableció con base en la **Tabla 1-107** la calificación final de este criterio (Vcob).

Tabla 1-107 Calificación de la cobertura terrestre para cada unidad paisajística

VALOR Vcu	CALIFICACIÓN	VALOR FINAL COBERTURA (Vcob)
4 < Vcob ≤ 5	Muy alta	5
3 < Vcob ≤ 4	Alta	4
2 < Vcob ≤ 3	Media	3
1 < Vcob ≤ 2	Baja	2
Vcob ≤ 1	Muy baja	1

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

Uso del suelo

El uso del suelo se relaciona con el grado de intervención, que se manifiesta en la estructura y composición de la vegetación y por tanto en la calidad visual del paisaje. Así pues, cuando el grado de intervención es mayor, la calidad visual se reduce, mientras que cuando la unidad presenta un bajo grado de intervención la calidad visual es alta debido a la conservación de las condiciones naturales del paisaje.

Para lo anterior se tomó como base las calificaciones establecidas en la **Tabla 1-108** donde se encuentran los usos actuales del suelo y su valor como aporte en la calidad visual del paisaje, los cuales se aplican en la **Ecuación 6**, donde se contempla además el porcentaje destinado a cada uno de los usos al interior de la unidad paisajística.

Ecuación 6

$$Vusu = \frac{Pus * Puu}{100}$$

Donde:

Vusu: Valor de uso del suelo en la unidad paisajística a evaluar.

Pus: Peso del uso del suelo acorde a la **Tabla 1-108**.

Puu: Porcentaje de uso asociado a la unidad paisajística a evaluar.

Tabla 1-108 Pesos del uso actual del suelo para la valoración de la calidad visual

USO ACTUAL DEL SUELO	PESO (Pus)
Agricultura	2
Asentamiento	1
Infraestructura	1
Ganadería	2
Forestal	4
Conservación	5
Cuerpos de agua	5

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

Así mismo, una vez calculado el valor de los diferentes usos presentes en la unidad de paisaje, se realizó la sumatoria de los valores obtenidos (Vusu), cuyo resultado (Vus) estableció el valor de calidad de cada unidad del paisaje respecto al uso del suelo (**Tabla 1-109**).

Tabla 1-109 Calificación del uso del suelo actual para cada unidad paisajística

VALOR Vus	CALIFICACIÓN	VALOR FINAL USO DE SUELO (Vus)
$4 < Vus \leq 5$	Muy alta	5
$3 < Vus \leq 4$	Alta	4
$2 < Vus \leq 3$	Media	3
$1 < Vus \leq 2$	Baja	2
$Vus \leq 1$	Muy baja	1

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

Cuerpos de agua

Las unidades de paisaje que presentan cuerpos de agua se consideran de mayor calidad visual que aquellas que no los presentan, de igual forma los cuerpos de agua permanentes tienen mayor valor visual que aquellos que son temporales o intermitentes (**Tabla 1-110**).

Tabla 1-110 Valoración de los cuerpos de agua

CARACTERÍSTICAS	VALOR FINAL Ca	CALIFICACIÓN
Factor dominante en el paisaje, limpia, clara, aguas blancas, rápidos y cascadas, o láminas de agua en reposo, permanentes.	5	Muy Alta
Cuerpos de agua presentes en el paisaje, calidad moderada, en movimiento, presenta intervenciones	4	Alta
Agua en movimiento o reposo pero no dominante en el paisaje, permanentes.	3	Media
Hay presencia de cuerpos de agua, no hay dominancia del elemento y se encuentra alterado	2	Baja
Ausente o inapreciable, contaminada, o temporal.	1	Muy baja

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

Relieve

Se consideraron de mayor calidad visual las unidades que presentan mayores pendientes, en relación a las unidades que se caracterizan por un relieve plano o ligeramente ondulado. Así mismo las formas atípicas del relieve poseen mayor calidad sobre las que se encuentran comúnmente en la región. En relación con lo anterior, se estableció una calificación de las condiciones del relieve en relación con la calidad visual (**Tabla 1-111**).

Tabla 1-111 Calificación del relieve para cada unidad paisajística

CARACTERÍSTICA	VALOR FINAL RELIEVE (Vrv)
Relieve muy montañoso, marcado prominentemente, o bien relieve de gran variedad superficial o muy erosionado o sistemas de dunas, o presencia de algún rasgo singular o muy dominante.	5
Formas erosivas interesantes o relieve variado en tamaño y forma. Presencia de formas y detalles interesantes, pero no dominantes o excepcionales.	3
Colinas suaves, fondos de valle planos, pocos o ningún detalle singular.	1

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

Elementos culturales

Se evaluaron los elementos históricos visibles que contribuyen a la imagen y el sentido de lugar. De este modo las unidades donde se encuentran sitios de interés cultural e histórico y las estructuras que poseen connotaciones culturales positivas y son reconocidas como atributos escénicos, se calificaron con alto valor (**Tabla 1-112**).

Tabla 1-112 Calificación de los elementos culturales para cada unidad paisajística

CARACTERÍSTICA	VALOR FINAL ELEMENTOS CULTURALES (Vec)
Presencia de elementos culturalmente importantes o sitios de interés paisajístico.	5
Existen elementos culturales o sitios de interés paisajístico, pero no son valorados por los visitantes o se encuentran deteriorados.	3
No hay elementos culturales de ningún tipo.	1

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

Viveza

Se relaciona con la variedad, así como el contraste, elementos y formas naturales, fondo escénico y unidad, ejes lineales y color, elementos que añaden interés visual y recordación en el observador. Los paisajes que tienen estas características tienen un mayor valor escénico, mientras los que carecen de estos, tienen baja calificación. El valor calculado para las unidades de paisaje respecto a su viveza se presenta en la **Tabla 1-113**.

Tabla 1-113 Calificación de la viveza para cada unidad paisajística

CARACTERÍSTICA	VALOR FINAL VIVEZA (Vvi)
Alta variedad de elementos en armonía, con relativo grado de unidad, así como balance y coherencia con el fondo escénico, que evocan sentimientos de curiosidad y bienestar.	5
Variedad de elementos pero se observan intervenciones, fraccionamiento o desorden y un desbalance entre elementos.	3
Poca o ninguna variedad de elementos, poca unidad o paisajes artificiales.	1

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

Valoración final de la calidad visual

Para calcular el valor final de la calidad visual de cada unidad paisajística, se aplicó la **Ecuación 7**, considerando los valores finales obtenidos para cobertura vegetal, uso de suelo, cuerpos de agua, relieve, elementos culturales y viveza.

Ecuación 7

$$CVis = (Vcob * 0.2) + (Vus * 0.2) + (Vca * 0.2) + (Vrv * 0.2) + (Vec * 0.1) + (Vvi * 0.1)$$

Donde:

CVis: Calidad visual de la unidad paisajística a evaluar.

Vcob: Valor final de la cobertura de la tierra

Vus: Valor final de uso actual del suelo

Vca: Valor final de cuerpos de agua.

Vrv: Valor final del relieve.

Vec: Valor final de elementos culturales.

Vvi: Valor final de la viveza.

Posterior a la aplicación de la **Ecuación 7**, se realizó la clasificación de las unidades paisajísticas de acuerdo con su calidad visual, tomando como referencia los rangos establecidos en la **Tabla 1-114**.

Tabla 1-114 Valoración final de la calidad visual

VALOR CVis	CLASE
$CVis \geq 3,4$	A
$2 < CVis < 3,4$	B
$CVis \leq 2$	C

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

- **Fragilidad visual**

La fragilidad visual representa la susceptibilidad que tienen las unidades paisajísticas a los cambios cuando se desarrolla diversas actividades sobre estas. Así se tuvo en cuenta las siguientes variables: pendiente, cobertura de la tierra, intervención humana, visibilidad y grado de fragmentación visual, cada una de estas variables fue valorada de acuerdo a su capacidad de absorción visual, basados en los criterios definidos por Yeomans (1986)53.

53 YEOMANS William. C. (1986) Visual Impact Assessment: Changes in natural and rural environment. New York: John Wiley and sons.

Cobertura de la tierra

Evalúa la cobertura de acuerdo con su capacidad de absorción, así cuantos más estructurada sea la cobertura su capacidad de absorción visual (ocultamiento) será más alta, disminuyendo de esta forma la fragilidad visual. Esta valoración para la unidad paisajística se asoció a la representatividad o porcentaje de ocupación de cada tipo de cobertura al interior de dicha unidad, aplicando la **Ecuación 8**.

Ecuación 8

$$Fctu = \frac{Fvc * Poc}{100}$$

Donde:

Fctu: Fragilidad de la cobertura de la tierra en la unidad paisajística a evaluar.

Fvc: Fragilidad visual de la cobertura acorde con la **Tabla 1-115**.

Poc: Porcentaje de ocupación de la cobertura en la unidad paisajística a evaluar.

Tabla 1-115 Fragilidad visual de las coberturas de la tierra

COBERTURA DE LA TIERRA		FRAGILIDAD DE LA COBERTURA (Fvc)
Tejido urbano continuo	Tuc	5
Tejido urbano discontinuo	Tud	5
Zonas industriales	Zi	5
Explotación de hidrocarburos	Ehc	5
Explotación de materiales de construcción	Emc	5
Cultivos transitorios	Ct	3
Palma de aceite	Pac	1
Cítricos	Ctr	3
Pastos limpios	Pl	5
Pastos arbolados	Pa	4
Pastos enmalezados	Pe	4
Bosque Abierto Alto de Tierra Firme	Baaf	1
Bosque de galería y ripario	Bgr	1
Vegetación Secundaria Alta	Vsa	2
Vegetación Secundaria Baja	Vsb	2
Playas	Ply	5
Tierras desnudas y degradadas	Tdd	5
Zonas Pantanosas	Zpn	4
Ríos	R	5
Lagunas, lagos y ciénagas naturales	LI	5
Lagunas de oxidación	Lo	5
Estanques para acuicultura continental	Eac	5

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

Una vez calculada la fragilidad de la cobertura de la tierra en la unidad paisajística, se realizó una sumatoria de los valores resultantes (Fctu), y se estableció con base en la **Tabla 1-116** la calificación final de este criterio (Fct).

Tabla 1-116 Calificación de la fragilidad de la cobertura terrestre para cada unidad paisajística

VALOR	CALIFICACIÓN	VALOR FINAL FRAGILIDAD COBERTURA (Fct)
4 < Fct ≤ 5	Muy alta	5
3 < Fct ≤ 4	Alta	4
2 < Fct ≤ 3	Media	3
1 < Fct ≤ 2	Baja	2
Fct ≤ 1	Muy baja	1

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

Intervención humana

Se entiende que, a mayor intervención antrópica, menor es la fragilidad y viceversa, pues en unidades poco intervenidas son más apreciables elementos ajenos. En este sentido se analizan los usos actuales del suelo que permiten relacionar el grado de intervención en cada unidad de paisaje con base en los valores presentados en la **Tabla 1-117**, aplicados en la **Fuente**: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

Ecuación 9.

Tabla 1-117 Fragilidad visual de los usos del suelo

USO ACTUAL DEL SUELO	FRAGILIDAD DEL USO DEL SUELO (Fvus)
Agricultura	2
Asentamiento	1
Cuerpos de agua	3
Ganadería	2
Forestal	4
Conservación	5
Infraestructura	1

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

Ecuación 9

$$Fusu = \frac{Fvus * Puu}{100}$$

Donde:

Fusu: Valor de la fragilidad del uso del suelo en la unidad paisajística a evaluar.

Fvus: Fragilidad del uso del suelo acorde a la **Tabla 1-117**.

Puu: Porcentaje de uso asociado a la unidad paisajística a evaluar.

Una vez calculado el valor de fragilidad de los diferentes usos presentes en la unidad de paisaje, se realizó la sumatoria de los valores obtenidos (Fusu), cuyo resultado (Fih) estableció el valor de fragilidad de cada unidad del paisaje respecto al uso del suelo (**Tabla 1-118**).

Tabla 1-118 Calificación de la fragilidad por intervención humana para cada unidad paisajística

VALOR Fusu	CALIFICACIÓN	VALOR FINAL USO DE SUELO (Fih)
$4 < Fih \leq 5$	Muy alta	5
$3 < Fih \leq 4$	Alta	4
$2 < Fih \leq 3$	Media	3
$1 < Fih \leq 2$	Baja	2
$Fih \leq 1$	Muy baja	1

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

Fragmentación visual

Se evidencian diferentes grados de fragmentación visual, asociados en su sentido práctico a la heterogeneidad u homogeneidad en los elementos que conforman el paisaje, debido a la alteración por factores antrópicos de las coberturas presentes en el área de estudio. De este modo las unidades que presentan mayor grado de fragmentación se consideran de mayor fragilidad visual (**Tabla 1-119**).

Tabla 1-119 Calificación de la fragilidad visual por fragmentación para cada unidad paisajística

CARACTERÍSTICA	VALOR FINAL FRAGMENTACIÓN VISUAL (Ffg)
Fuerte presencia antrópica, manchas, geometría	5
Áreas medianamente homogéneas, con algunos parches	3
Áreas homogéneas, unidades amplias	1

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

Pendiente

Las unidades geomorfológicas que presentan mayores pendientes se consideran más frágiles, cualquier intervención que se realice allí será fácilmente observada y por tanto, las hace más vulnerables en términos visuales, diferente a lo que ocurre en zonas planas (**Tabla 1-120**).

Tabla 1-120 Calificación de la fragilidad por la pendiente para cada unidad paisajística

CARACTERÍSTICA	VALOR FINAL FRAGMENTACIÓN (Fpen)
Inclinado	5
Inclinación suave	3
Poco inclinado - plano	1

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

Visibilidad

La red vial y las áreas pobladas representan zonas de alta visualización, por lo tanto, la accesibilidad visual se establece a partir de estas zonas, basados en que el impacto visual de cierta actividad es mayor en cercanías de zonas habitadas o transitadas que en lugares inaccesibles (Montoya 2003). En este sentido se entiende el concepto de inter-visibility que evalúa el área en términos de visibilidad reciproca a partir de planos visuales.

Para este análisis se establecen en primer lugar las zonas visibles para un observador partiendo de un punto específico (sitio de observación) en distintos rangos de distancia (planos o escalas visuales), obteniendo como resultado las áreas expuestas y ocultas del área de influencia directa, o escalas visuales. Las distancias señaladas para las escalas visuales se relacionan en la **(Tabla 1-121)** conforme con las características del paisaje perceptibles para el ojo humano en estas distancias.

Tabla 1-121 Planos de visibilidad del paisaje – escalas visuales

ESCALA VISUAL	DESCRIPCIÓN
Inmediato	Desde el punto de observación hasta los 90 m, en cualquier caso, el observador debe ser capaz de apreciar los detalles.
Primer plano	Entre los 90 m y los 800 m, el observador no ve al detalle, pero sí cada elemento del paisaje y la interrelación entre ellos
Plano intermedio	Entre 800 m y 6,5 km, el observador ve los elementos desdibujados, aprecia las formas y el relieve toma gran importancia.
Plano lejano	Más de 6,5 km fondo escénico del paisaje

Fuente: Adaptado de USDA, 1995.

Estas escalas se establecieron por medio de SIG, a partir de un modelo digital de elevación del terreno (DEM), donde se localizaron las vías como principales puntos de observación. Con el uso de la herramienta “Viewshed”, fueron definidas las áreas visibles para estos puntos, con una altura promedio del observador de 1,5 metros, la **Imagen 1-37** presenta un ejemplo del área visible de acuerdo al relieve.

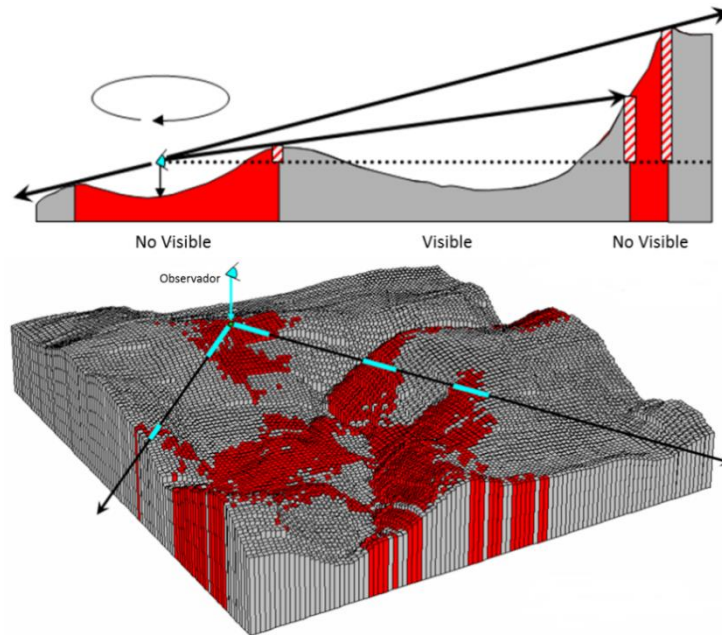
En este sentido, se consideró la representatividad de los planos o escalas visuales en cada unidad de paisaje, considerando los valores señalados en la **Tabla 1-122**, y la aplicación de la **Ecuación 10**.

Tabla 1-122 Pesos de las escalas visuales para la valoración de la fragilidad por visibilidad

ESCALA VISUAL	PESO (Pvis)
Inmediato	5
Primer plano	4
Plano intermedio	3
Plano lejano	1
No visible	0

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

Imagen 1-37 Representación de un plano visual



Fuente: Berry, 2007. Map Analysis en www.innovativeGIS.com

Ecuación 10

$$Vvu = \frac{Pvis * Pevu}{100}$$

Donde:

Vvu: Valor de la visibilidad en la unidad paisajística a evaluar.

Pvis: Peso de la escala visual acorde a la **Tabla 1-122**.

Pevu: Porcentaje de la escala visual asociado a la unidad paisajística a evaluar.

Así mismo, una vez calculado el valor de la visibilidad en cada escala presente en la unidad de paisaje, se realizó la sumatoria de los valores obtenidos (Vvu), cuyo resultado (Fvis) estableció el valor de fragilidad de cada unidad del paisaje respecto a la visibilidad (**Tabla 1-123**).

Tabla 1-123 Calificación de la fragilidad por visibilidad para cada unidad paisajística

VALOR Vvu	CALIFICACIÓN	VALOR FINAL USO DE SUELO (Fvis)
4 < Fvis ≤ 5	Muy alta	5
3 < Fvis ≤ 4	Alta	4
2 < Fvis ≤ 3	Media	3
1 < Fvis ≤ 2	Baja	2

VALOR V_{vu}	CALIFICACIÓN	VALOR FINAL USO DE SUELO (Fvis)
$F_{vis} \leq 1$	Muy baja	1

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

Valoración final de la fragilidad visual

Para calcular el valor final de la fragilidad visual de cada unidad paisajística, se aplicó la **Ecuación 11**, considerando los valores finales obtenidos para cobertura vegetal, intervención humana, fragmentación visual, pendiente y visibilidad.

Ecuación 11

$$FV = (Fct * 0.2) + (Fih * 0.2) + (Ffg * 0.2) + (Fpen * 0.2) + (Fvis * 0.2)$$

Donde:

FV: Fragilidad visual de la unidad paisajística a evaluar.

Fct: Valor final de la fragilidad de la cobertura de la tierra.

Fih: Valor final de la fragilidad por intervención humana.

Ffg: Valor final de la fragilidad por fragmentación visual.

Fpen: Valor final de la fragilidad por la pendiente.

Fvis: Valor final de la fragilidad por visibilidad

Posterior a la aplicación de la **Ecuación 11**, se realizó la clasificación de las unidades paisajísticas de acuerdo con su fragilidad visual, tomando como referencia los rangos establecidos en la **Tabla 1-124**.

Tabla 1-124 Valoración final de la fragilidad visual

VALOR FV	FRAGILIDAD VISUAL
$FV > 3,7$	Alta
$2,3 < FV \leq 3.7$	Moderada
$1 \leq FV \leq 2,3$	Baja

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

1.7.4 Demanda, Uso y aprovechamiento y/o afectación de recursos naturales

La metodología de la demanda, uso y aprovechamiento y/o afectación de recursos naturales se presenta en el Capítulo 4.

1.7.4.1 Aprovechamiento Forestal

Para determinar el aprovechamiento forestal requerido por el proyecto fue necesario conocer el volumen de los ecosistemas a intervenir con base en la información de las

variables dendrométricas (Diámetro a la Altura de Pecho, Altura total y Altura Comercial) obtenida en las parcelas.

- **Calculo de volúmenes**

Generalmente, la biomasa hace relación al volumen de madera que puede ser aprovechada y también indica el volumen total de materia orgánica concentrada en los árboles. Según estudios realizados en bosques tropicales, la mayoría de la biomasa del bosque está concentrada en los fustes y un 10 o 20% en la copa de los árboles (Lamprecht, 199054). De las Salas (1987) define la biomasa como la materia seca de origen orgánico por unidad de superficie, y su cálculo da una idea general sobre la magnitud de existencias de madera y la productividad de los bosques (Lamprecht, 1990).

Para efectos del estudio, se manejó entonces el volumen total como estimativo aproximado de la biomasa, utilizando un factor forma de 0,7 para ajustar su estimación. Para el volumen comercial se tomó la altura a la primera rama, debido a que hasta allí pueden obtenerse productos forestales como tablas, varas, postes, etc.⁵⁵. Para la estimación de la biomasa y el volumen comercial fue aplicada la siguiente fórmula:

$$VT = G * Ht * FF \quad \text{ó} \quad VC = G * Hc * FF$$

Donde:

VT= Volumen Total (m3)

VC= Volumen Comercial (m3)

G= Área basal (m2)

Ht = Altura total (m)

Hc = Altura a la primera rama o comercial (m)

FF = Factor forma de 0,7.

Por unidad de ecosistema se estimó la biomasa de cada especie de porte arbóreo, para la categoría fustal, con diámetros superiores a 10 cm (a 1,30 m del suelo) y latizal con diámetros menores a 10 cm.

54 Lamprecht, Hans. 1990. Silvicultura en los trópicos/Los ecosistemas forestals en los bosques tropicales y sus especies arbóreas -posibilidades y métodos para un aprovechamiento sostenido. Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH. Eschborn.

55 Para el volumen comercial no se incluyó el valor de las palmas ya que estas no tienen un uso comercial conocido, por lo tanto, sólo se incluye el valor de las especies arbóreas.

- **Volumen total y comercial por ecosistema**

Para cada ecosistema, los datos de volumen son extrapolados a hectárea a partir de los datos obtenidos en campo y el área muestreada por unidad de cobertura. La **Tabla 1-125** muestra las áreas evaluadas por ecosistema y los estimados de volumen total y volumen comercial para cada uno, así como el estimado del volumen total y comercial por hectárea para las categorías fustales y latizales.

Tabla 1-125 Volumen promedio por ecosistema

Unidad	Volumen Total (m3/ha)
Bosque Abierto Alto de Tierra Firme del Orobioma bajo de los Andes	281,06
Bosque de galería y/o ripario del Helobioma de la Amazonia y Orinoquia	188,85
Bosque de galería y/o ripario del Peinobioma de la Amazonia y Orinoquia	311,47
Vegetación Secundaria del Helobioma de la Amazonia y Orinoquia	75,83
Vegetación Secundaria del Peinobioma de la Amazonia y Orinoquia	124,29
Vegetación Secundaria del Orobioma bajo de los Andes	158,9
Pastos arbolados	59,6

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

- **Análisis estadístico**

Una vez obtenida la información de las parcelas consignada en los formularios de campo, se procedió a elaborar las bases de datos para cada tipo de cobertura bajo la plataforma Microsoft Excel®.

Teniendo como base la información levantada en los inventarios forestales, fue necesario aplicar cálculos estadísticos sobre el volumen total de las parcelas por ecosistema, con el fin de establecer la confiabilidad de la muestra de los ecosistemas a ser intervenidos por el proyecto. Esta información se encuentra articulada a los parámetros establecidos por las Guías técnicas para la ordenación y el manejo sostenible de los bosques naturales (Ministerio del Medio Ambiente, 2002) implementados para estudios ambientales en Colombia.

Tabla 1-126 Estadísticos para el cálculo del error del volumen total en muestreo simple al azar

ESTADÍSTICO	ECUACIÓN	DESCRIPCIÓN
Media	$\bar{x} = \sum \frac{Xi}{n}$	Donde: Xi= Volúmenes totales de las parcelas n= Tamaño de la muestra.
Desviación Estándar	$S = \sqrt{\frac{\sum Xi^2 - \frac{(\sum Xi)^2}{n}}{n - 1}}$	Donde: n= Tamaño de la muestra.
Coficiente de Variación	$Cv\% = \left(\frac{S}{\bar{x}}\right) * 100$	Donde: S= Desviación estándar \bar{X} = Media de los volúmenes totales

ESTADÍSTICO	ECUACIÓN	DESCRIPCIÓN
Error Estándar	$E = \frac{S}{\sqrt{n}}$	Donde: S= Desviación estándar n= Tamaño de la muestra.
Error relativo de muestreo	$Er\% = (t \cdot E) / \bar{x} * 100$	Donde: t= Grados de libertad (n – 1), probabilidad (95%) \bar{X} = Media de los volúmenes totales E= Error estandar

Fuente: MADS, 2002

La variable de análisis para el inventario forestal es el volumen total, teniendo en cuenta, el valor estimado por ecosistema para esta variable, el error de muestreo de acuerdo con los términos de referencia está por debajo del 20% con una confiabilidad del 95%, resultando estadísticamente los datos representativos para los ecosistemas evaluados.

1.7.5 Evaluación de impactos

La metodología utilizada para el desarrollo de la presente evaluación ambiental incorpora los criterios cualitativos y cuantitativos, basados en la metodología formulada por Vicente Conesa en el año 1993 – 1996, con las nuevas actualizaciones realizadas a la metodología por el autor en su última versión del año 2010; esta metodología se emplea con el fin de determinar la importancia de las intervenciones causadas por los diferentes eventos o actividades del proyecto sobre un factor ambiental determinado.

Dentro de los aspectos esenciales tomados de la metodología original, se encuentran la definición de los criterios de evaluación y la ponderación de los mismos. Esto con el fin de determinar la importancia de los impactos, y de esta manera identificar cuales requieren que se lleve a cabo la aplicación de medidas de manejo para evitar el deterioro de la calidad ambiental del entorno.

La evaluación está dirigida en dos sentidos: el primero considera las condiciones iniciales del área sin proyecto (evaluación actual), teniendo en cuenta las actividades que hoy por hoy se realizan en la zona; el segundo momento considera la superposición de las actividades propias de cada etapa del proyecto, con el fin de determinar las modificaciones que se generarán con la construcción y operación del proyecto.

La interacción de la evaluación sin proyecto y con proyecto, permite determinar la calidad inicial del medio antes de efectuar las acciones del proyecto y una predicción de los efectos que pudieran llegar a suceder durante el desarrollo del mismo, con el fin de obtener una evaluación acertada de las posibles consecuencias ambientales debidas a su ejecución, a partir de las cuales se plantearon las acciones de manejo ambiental a implementar.

Para la realización de la evaluación ambiental, se tuvo como base los conceptos contenidos dentro de los Términos de referencia LITER-1-01, así como los criterios considerados en el numeral 2.3 de la Metodología general para la presentación de Estudios Ambientales, acogida por la Resolución 1503 de 2010 del mismo ministerio y la participación activa de

los profesionales involucrados en el estudio. De forma general, las siguientes son las etapas efectuadas:

Para el escenario sin proyecto y el escenario con proyecto, inicialmente se efectúa una evaluación cualitativa, determinando las acciones consideradas dentro del proyecto que puedan causar cambios sobre los elementos ambientales, y se determina una relación causa – impacto. Se establece una matriz sencilla de doble entrada (elementos e impactos ambientales / actividades del proyecto), efectuándose una primera interpretación de los elementos del ambiente que pueden ser más afectados y de las actividades impactantes.

Posteriormente, se evalúa cuantitativamente la actividad generadora del impacto a través de los criterios establecidos, a los cuales se les ha asignado un valor, según una escala de ponderación definida por la metodología utilizada (**Tabla 1-127**).

Tabla 1-127 Calificación y Valoración de los Impactos

CRITERIO	CALIFICACIÓN	VALOR
CARÁCTER	POSITIVO	(+)
	NEGATIVO	(-)
COBERTURA (CO)	PUNTUAL	1
	LOCAL	4
	REGIONAL	8
MAGNITUD (*) (MG)	BAJA	1
	MEDIA	4
	ALTA	8
DURACIÓN (DR)	FUGAZ	1
	TEMPORAL	4
	PERTINAZ	8
	PERMANENTE	12
RESILIENCIA O REVERSIBILIDAD (RV)	A CORTO PLAZO	1
	A MEDIANO PLAZO	4
	A LARGO PLAZO	8
	IRREVERSIBLE	12
RECUPERABILIDAD (RC)	A CORTO PLAZO	1
	A MEDIANO PLAZO	4
	A LARGO PLAZO	8
	IRRECUPERABLE	12
PERIODICIDAD (PE)	IRREGULAR	1
	PERIÓDICO	4
	DISCONTINUO	8
	CONTINUO	12
TENDENCIA (TD)	SIMPLE	1
	ACUMULATIVO	2
TIPO (TI)	INDIRECTO	1
	DIRECTO	2
POSIBILIDAD DE OCURRENCIA	BAJA	1
	MEDIA	4

CRITERIO	CALIFICACIÓN	VALOR
(PO)	ALTA	8
IMPORTANCIA (I)= $-CA*(3MG+2CO+DR+RS+RE+PE+TD+TI+PO)$	CARÁCTER NEGATIVO	
	IRRELEVANTE	<-25
	MODERADO	-25 A <-50
	SEVERO	-50 A -75
	CRITICO	>-75
IMPORTANCIA (I)= $+CA*(3MG+2CO+DR+RS+RE+PE+TD+TI+PO)$	CARÁCTER POSITIVO	
	NO IMPORTANTE	<25
	IMPORTANTE	25 A 50
	MUY IMPORTANTE	>50

Fuente: Conessa (2010) Modificado por Antea Group, 2015.

Partiendo de los valores mínimo y máximo, se establecieron rangos que corresponden a los diferentes tipos de importancia, como se establece a continuación:

- **Impactos de carácter negativo**

- Impactos irrelevantes: Impactos con valor de importancia entre -12 y -24.
- Impactos moderados: Impactos con valor de importancia entre -25 y -49.
- Impactos severos: Impactos con valor de importancia entre -50 y -75.
- Impactos críticos: Impactos con valor de importancia entre -76 y -100.

- **Impactos de carácter positivo**

- Impactos poco importantes: Impactos con valor de importancia entre 12 y 24.
- Impactos importantes: Impactos con valor de importancia entre 25 y 50.
- Impactos muy importantes: Impactos con valor de importancia entre 51 y 100.

En el Capítulo 5 “Evaluación de Impactos” del presente Estudio, se presenta en detalle esta metodología.

1.7.6 Amenazas naturales

1.7.6.1 Amenaza sísmica

Bajo esta denominación se considera la condición latente derivada de la posible ocurrencia de un sismo de cierta magnitud, distancia y profundidad, que puede causar daño a la población y sus bienes, la infraestructura, el ambiente y la economía pública y privada. Para conocer la posible intensidad de la amenaza (energía en el sitio de estudio) es necesario estudiar a nivel regional las fuentes sísmicas para determinar el potencial de generar sismos fuertes, y la respuesta sísmica (amplificación o reamplificación) de los suelos y rocas ante las ondas sísmicas. El alcance previsto en este estudio se enfoca en la identificación de sismos reportados o consignados en la Red Sismológica Nacional de Colombia (RSNC) localizados en la zona, de igual manera se identifica la zona de amenaza sísmica definida por el Servicio Geológico Nacional (antes INGEOMINAS) en el Mapa Nacional de Amenaza

Sísmica Periodo de Retorno de 475 años 56 y finalmente la determinación de la zona sísmica y la aceleración sísmica local, definida por el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente (NSR-201057), en que se emplaza el área de estudio y adicionalmente se evalúa la presencia o no de fallas consideradas como activas, estas últimas tomadas de estudios geológicos oficiales del área (plancha geológica 1058) y del Map and Database of Quaternary Faults and Folds in Colombia and its Offshore Regions⁵⁹.

1.7.6.2 Amenaza por Fenómenos de remoción en Masa

Para el área tanto del corredor como la definida como de influencia por el proyecto, se ejecutaron tres etapas, las cuales permitieron obtener información de los fenómenos hallados en la zona.

- Etapa I. Fotointerpretación: se realizó fotointerpretación de una imagen de satélite RAPIDEYE con fechas entre el 15 de febrero de 2014 y el 27 de diciembre de 2015. Resolución Espectral: 5 Bandas (azul, verde, rojo, red edge e infrarojo cercano). Resolución Radiométrica: 16 bits, Resolución Espacial: 5m en la cual se identificaron los procesos de remoción en masa más relevantes.

Adicionalmente, se realizó la transferencia de información fotogeológica a la escala 1:25.000, con el fin de generar la cartografía a la escala requerida.

- Etapa II. Reconocimiento en Campo: a la luz de los fenómenos identificados de en la etapa anterior, se realizaron reconocimientos de campo durante el mes de Abril de 2016, identificando procesos de erosión, reptación entre otros.
- Etapa III. Análisis de resultados: En esta etapa se realizó la correspondiente consolidación y correlación de la información preliminar con la obtenida en la etapa de campo, con el fin de describir de manera detallada cada uno de los procesos identificados y generar de esta manera el mapa de procesos existentes en el área de estudio.

56 Universidad Nacional de Colombia; Mapa Nacional de Amenaza Sísmica Periodo de Retorno de 475 años, Escala 1:1'500.000; Universidad Nacional de Colombia Facultad de Ciencias Departamento de Geociencias - Instituto Colombiano de Geología y Minería INGEOMINAS; Bogotá D.C., 2010.

57 Comisión Asesora Permanente para el Régimen de Construcciones Sismo Resistentes; Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10, Título A; Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica; Bogotá D.C.; 2010

58 ZULUAGA Carlos, OCHOA Alberto, MUÑOZ Carlos, et all; Geología de la Plancha 10 Rancho Grande; Universidad Nacional de Colombia - Instituto Colombiano de Geología y Minería Ingeominas; Bogotá 2008

59 PARIS Gabriel, MACHETTE Michael N., DART Richard L., HALLER Kathleen M.; Map and Database of Quaternary Faults and Folds in Colombia and its Offshore Regions; U. S. Department of the Interior and U. S. Geological Survey USGS; Denver, Colorado, USA, May 2000 version.

1.7.6.3 Amenaza por Inundación.

Con el objeto de identificar las zonas susceptibles a la inundación dentro del Área d, se implementó la metodología propuesta en la Guía para el Acotamiento de las Rondas Hídricas de los Cuerpos de Agua de acuerdo a lo establecido en el artículo 206 de la Ley 1450 de 2011 y el Plan Nacional de Desarrollo del año 2012.

Teniendo en cuenta las condiciones propias de la zona en relación a la dinámica hidrológica, climatológica, ecosistémica y geomorfológicas, la definición de las zonas susceptibles a inundación se dividió en dos fases, la primera que consistió en la verificación de información secundaria relacionada con el tema de inundaciones, específicamente del mapa de Inundaciones periódicas del IDEAM – 2011, Planes y esquemas de Ordenamiento Territorial y su correlación con el área de interés y la segunda que consistió en el análisis biofísico para la determinación de dichas zonas inundables.

Con el objetivo de determinar las zonas inundables para el área de estudio se procedió a hacer un análisis de trasposición de capas de información (Overlay's), las cuales corresponden a 3 componentes:

- Geomorfológico: a partir de los tipos de relieve identificados en el área de estudios tales como los planos de inundación, vegas y planos de inundación activo del río Trenzado, así como la morfometría, se definieron las zonas susceptibles a la inundación.
- Ecosistémico: a partir de la información obtenida del mapa de coberturas vegetales se verificó la información relacionada con la susceptibilidad a la inundación y se definieron las áreas con mayor vulnerabilidad al fenómeno.
- Hidrológico, a partir de información tomada en campo (puntos de control), se realizó un recorrido donde se evidenciaron las zonas susceptibles a la inundación (laderas, cobertura vegetal), de igual manera se recopiló la información referente a zonas inundables, siendo estas reportadas por personas de la comunidad y que viven cerca de los cauces, donde esta información se empleó para la realización de transectos los cuales se emplean para determinar las huellas de inundación.

A partir de esta superposición de información, se determinaron aquellas superficies que presentan mayor susceptibilidad frente a eventos de inundación. Al respecto, vale la pena señalar que el presente análisis corresponde a una interpretación de la susceptibilidad de las áreas, tipos de relieve, coberturas y comportamientos hidrológicos del Área Sísmica en un tiempo y espacio determinado y enfocado en la información cartográfica fuente.

1.7.7 Plan de Contingencia

Como objeto principal la metodología busca identificar y valorar los riesgos potenciales que podrán afectar el desarrollo de las obras y actividades del proyecto y riesgos generados por el desarrollo del proyecto, para determinar los componentes estratégico, operativo e informativo. En la **Tabla 1-128** se establece la metodología para la elaboración del Plan de contingencias.

Tabla 1-128 Metodología para La elaboración de Plan de contingencias

ESTRATEGIA DE GESTIÓN DEL RIESGO	ACTIVIDAD	PRODUCTOS
Análisis del riesgo	Descripción de la actividad/proyecto	<ul style="list-style-type: none"> Localización. Características técnicas básicas.
	Identificación y análisis de amenazas exógenas y edógenas	<ul style="list-style-type: none"> Identificación y análisis de amenazas exógenas Identificación de amenazas endógenas del proyecto donde se manipulen, almacenen, transporten o transformen sustancias peligrosas o eventos en donde se pueda liberar energía (radiación termica, electricidad). Determinación de escenarios probables. Identificación de causas de falla. Estimación de zona de posible afectación. Determinación de probabilidad de ocurrencia del evento.
	Análisis de vulnerabilidad	<ul style="list-style-type: none"> Identificación de elementos vulnerables. <ul style="list-style-type: none"> Personas. Medio ambiente. Infraestructura pública y privada.
	Análisis del riesgo	<ul style="list-style-type: none"> Calculo del riesgo.
Plan de contingencia	Plan estratégico	<ul style="list-style-type: none"> Consideraciones básicas del Plan de Contingencia. Objetivos. Legislación. Alcances del plan. Áreas de influencia. Organización de la respuesta. Estrategias de atención de emergencias. Directorio de los integrantes del PDC. Capacitación de brigadas de emergencia Definición de los niveles de activación del Plan.
	Plan operativo	<ul style="list-style-type: none"> Procedimientos de Notificación de Emergencias. Procedimientos operativos y Planes de Emergencia. Definición de los niveles de activación del Plan. Procedimientos de notificación de Emergencias. Procedimientos operativos y Planes de Emergencia.
	Plan informativo	<ul style="list-style-type: none"> Directorio de entidades y organismos de apoyo públicos y privados. Directorio de equipos y expertos. Planos y mapas Directorio de entidades y organismos de apoyo públicos y privados. Directorio de equipos y expertos. Planos y mapas

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

1.7.8 Análisis de riesgos

Dentro de la descripción del proyecto, se realiza una identificación de las amenazas endógenas y exógenas del proyecto.

A partir de la identificación de las amenazas exógenas, se realiza un análisis para establecer cuál es la vulnerabilidad de la actividad / proyecto frente a las amenazas existentes.

El análisis de amenazas, identifica las amenazas endógenas, a partir de las actividades del proyecto, ocasionadas por eventos naturales, daños por terceros o fallos operacionales, que pueden resultar en la pérdida de contención de sustancias peligrosas o liberación de energía, con potencial de generar fatalidades en personas, afectaciones al medio ambiente o daño a infraestructura pública o privada.

Teniendo como insumo las amenazas que genera el proyecto, se realiza la definición de los escenarios de riesgo, a los cuales se les determina la zona de posible afectación y la probabilidad de ocurrencia teniendo en cuenta los criterios definidos en la **Tabla 1-129**.

Tabla 1-129 Criterios De Clasificación De Probabilidad De Ocurrencia De Eventos

MEDIDA DE EXPOSICIÓN	FRECUENCIA DEL EVENTO		Valor
FRECUENTE	Significativa posibilidad de ocurrencia. Sucede una vez por año (1 caso/ 10 años).	Ocurre muchas veces por año en nuestra locación	5
PROBABLE	Posibilidad de que ocurra en la empresa. Puede suceder en forma esporádica (1 caso/100 años).	Ocurre varias veces en un año en nuestra compañía	4
OCASIONAL	Ha ocurrido en la empresa. Sucede muy raramente (1 caso/1000 años).	Ocurrió en nuestra compañía	3
REMOTA	Es poco probable que ocurra en la empresa, pero ocurre en la industria. Sucedería en forma excepcional (1 caso/10.000 años)	Se ha escuchado en la industria	2
IMPROBABLE	No se sabe que haya ocurrido. Muy difícil que ocurra (1 caso/100.000 años).	Nunca se ha escuchado en la industria	1

Fuente: Adaptada de varias fuentes, 2017

La identificación de los elementos expuestos, se estableció tomando como referencia la zona de posible afectación, dichos elementos fueron identificados y calificados, como se indica en la **Tabla 1-130**, donde se califica la vulnerabilidad en términos de la severidad de las consecuencias sobre los elementos vulnerables, clasificados en personas, medio ambiente e infraestructura pública y privada. De la identificación y calificación de dichos elementos se generan los mapas de vulnerabilidad, los cuales se presentan en el Capítulo 9 "Plan de Contingencia" del presente Estudio.

Tabla 1-130 Categoría y clasificación de Severidad de las consecuencias

CONSECUENCIA SOBRE LOS ELEMENTOS EXPUESTOS	ELEMENTOS EXPUESTOS		
	PERSONAL Y POBLACIÓN	MEDIO AMBIENTE	INFRAESTRUCTURA PUBLICA O PRIVADA
Catastrófico	Evacuación total del municipio. Se presentan múltiples fatalidades.	Pérdida completa de la función, especies y "o" servicios ecosistémicos de todos los componentes abióticos y físicos de la naturaleza. Se requiere más de 5 años para su recuperación/restauración.	Afectación total a la infraestructura, pérdidas o daños de gran magnitud

CONSECUENCIA SOBRE LOS ELEMENTOS EXPUESTOS	ELEMENTOS EXPUESTOS		
	PERSONAL Y POBLACIÓN	MEDIO AMBIENTE	INFRAESTRUCTURA PUBLICA O PRIVADA
Severo	Más de 30 víctimas graves, hasta 10 muertes - Evacuación de 50 familias	Pérdida parcial de algunas funciones, especies y servicios ecosistémicos de los componentes bióticos y físicos de la naturaleza, se requiere entre 2 a 5 años para su recuperación/restauración.	Las consecuencias afectan de manera total el funcionamiento de la infraestructura, en forma temporal, pero no de manera irrecuperable
Crítico	Hasta 30 víctimas graves – Evacuación de 10 familias	Cambio en las características físicas químicas de alguno de los elementos físicos se requiere entre 1 a 2 años para su recuperación/restauración	Las consecuencias solo afectan parcialmente el funcionamiento de la infraestructura, afectando su funcionamiento temporalmente
Marginal	Evento en el que la población presente heridas y daños físicos que se atienden con primeros auxilios	Efecto menor sobre los componentes físicos o bióticos de la naturaleza, se requiere entre 6 meses a 1 año para su recuperación/restauración	Las consecuencias solo afectan parcialmente la infraestructura sin afectar su funcionamiento
Despreciable	Sin impacto a la población	Efecto ligero sobre los componentes físicos o bióticos de la naturaleza. se requiere menos de 6 meses para su recuperación/restauración	Las consecuencias no afectan en forma significativa la infraestructura

Fuente: Adaptación varias fuentes de información, CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

Establecidos los escenarios de riesgo, se relacionan las amenazas y elementos vulnerables, se establece el riesgo por medio de la matriz de doble entrada para el cálculo del riesgo en la **Tabla 1-131**, donde se clasifica el riesgo según la frecuencia (amenaza) y la consecuencia (vulnerabilidad), dando como resultado el riesgo para cada escenario identificado, es decir, riesgos extremos, riesgos altos, riesgo moderado y riesgo bajo.

Tabla 1-131 Cálculo del Riesgo

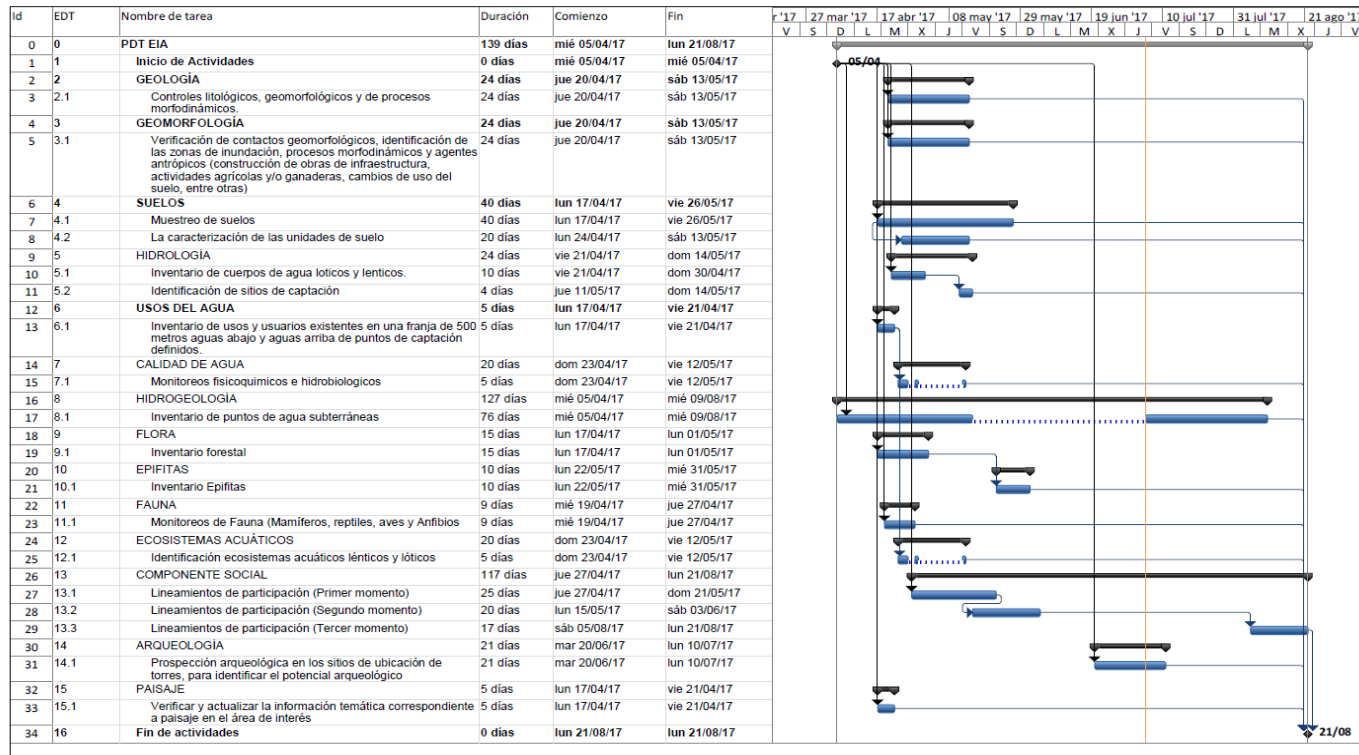
FRECUENCIA \ CONSECUENCIA	Frecuente	Probable	Ocasional	Remoto	Improbable
Catastrófico					
Crítico					
Grave					
Marginal					
Despreciable					
Riesgo extremo	Riesgo extremo. No tolerable. Escenario donde se requiere diseñar una respuesta detallada por emergencia. Tomar medidas para reducir el riesgo requerido.				
Riesgo alto	Riesgo alto: Riesgo inaceptable por periodos prolongados, se deben implementar medidas de control				
Riesgo Moderado	Riesgo moderado. Evaluar medidas para la reducción del riesgo. Pueden ser necesarios cambios. Se debe diseñar una respuesta de carácter general para el manejo de contingencias.				
Riesgo bajo	Riesgo bajo. No requiere ningún proceso de mitigación.				

Fuente: Adaptada de SPE 152596, De Mong, 2010

1.8 Cronograma de actividades para la elaboración del EIA

En la **Imagen 1-38** se presenta el cronograma de las actividades realizadas por cada uno de los componentes.

Imagen 1-38 Cronograma actividades componentes EIA del proyecto “Construcción y operación de la línea de transmisión a 230 kV La Reforma – San Fernando”



Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

1.9 Equipo de trabajo

El equipo interdisciplinario que desarrolló este estudio, estuvo conformado por profesionales idóneos y competitivos en cada una de sus áreas. La función de cada uno/a de los profesionales se describe en la **Tabla 1-132**.

Tabla 1-132 Profesionales participantes en el estudio de Impacto Ambiental

NOMBRE	PROFESIÓN	RESPONSABILIDAD EN EL PROYECTO
Alba Mora	Bióloga	Dirección del proyecto y control documental.
Diana Fonseca	Administradora ambiental	Coordinador del Proyecto, compilación del documento.
José L. Camacho	Ingeniero civil	Coordinador de Proyecto, fase de campo, componente generalidades, descripción del proyecto y evaluación ambiental
Braulio Páez	Ingeniero civil	Componente de infraestructura vial y petrolera
Gustavo Moreno	Geólogo	Componente de Geológico, geotécnico y geomorfológico
Sergio Guerra	Ingeniero agrólogo	Componente de suelos
Oscar Alfonso	Hidrólogo	Componente de hidrología, definición de red de drenajes, usos y caudales, ocupación de cauces
María Fernanda Ospina	Bióloga	Componente calidad y usos del agua y ecosistemas acuáticos
Camilo Díaz	Ingeniero ambiental	Componente hidrogeología
Yeny Grillo	Ingeniero ambiental	Componente Atmosférico, ruido y calidad del aire
Juliana Marqués	Ingeniera forestal	Componente Paisaje
Álvaro Garzón	Ingeniero forestal	Componente flora
Julian Portilla	Ingeniero forestal	Componente flora
Edgardo Ruiz	Biólogo	Componente fauna
William Piragua	Biólogo	Componente fauna
Luz Lida Mora	Trabajadora social	Componente social
Adriana Gomez	Trabajadora social	Componente social
Sandra Rico	Trabajadora social	Componente social
Jorge Tovar	Antropólogo	Componente arqueológico
Juan Carlos Agudelo	Antropólogo	Componente arqueológico
Michael López	Ingeniero ambiental	Componente de residuos sólidos, Plan de contingencia
Lina Parra	Ingeniera ambiental	Plan de manejo ambiental y de seguimiento y monitoreo
Liryan Caballero	Ingeniera ambiental	Componente cartográfico, sistemas de información geográfica y zonificación
Randy Trejos	Editor	Edición de textos
Fundación COAQK Consultoría Ambiental Katu Quillen		Componente paisaje (trabajo de campo y elaboración del documento). Levantamiento de veda epifitas vasculares y no vasculares (Trabajo de campo, elaboración del documento de levantamiento de veda).
Daphnia Ltda	Laboratorio	Monitoreo de aire y ruido
AMBIUS S.A.	Laboratorio	Monitoreo de calidad de aguas superficiales e hidrobiológicos
Daphnia Ltda.	Laboratorio	Monitoreo de calidad de agua subterránea

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

1.10 Deficiencias y limitantes para la realización del estudio

El área donde se desarrollará del proyecto “Construcción y operación de la línea de transmisión a 230 kV La Reforma – San Fernando”, presentó algunas limitaciones específicamente en la fase de campo, estas condiciones se relacionan así:

1.10.1 Limitaciones de acceso a predios

Es importante mencionar que durante la elaboración del estudio de impacto ambiental, se realizaron visitas a cada uno de los predios del área de servidumbre con el fin de informar a los propietarios, arrendatarios y/o ocupantes acerca de las actividades del proyecto y lograr obtener el permiso de ingreso al predio para la recolección de información para los medios físico y biótico; pese a las constantes visitas y el relacionamiento permanente no se logró el ingreso al total de los predios donde se ubicarán las torres; en la **Tabla 1-133** se relacionan los sitios de torre y predios donde no fue posible acceder, debido a que los propietarios no autorizaron el ingreso a los mismos, por razones tales como desinterés y oposición al proyecto.

Tabla 1-133 Sitios De Torre Donde No Se Tuvo Acceso

No. TORRE	MUNICIPIO	VEREDA	PREDIO
70 y 71	Acacias	Montebello	La sotana Vd. Montebello
67	Acacias	La Esmeralda	Bernardita
63, 64 y 65	Acacias	La Esmeralda	Versalles
62	Acacias	La Esmeralda	Venecia
56	Acacias	Santa Teresita	Lote 2 (parcelación)
52	Acacias	El Resguardo	La primavera
51	Acacias	El Resguardo	San marcos / La Primavera
44 y 45	Acacias	El Rosario	El Apure
35 y 36	Villavicencio	La Unión	Coburgo

Fuente: CONSORCIO INGEDISA DESSAU ANTEA SAN FERNANDO, 2017

A pesar de que no fue posible el ingreso a los predios relacionados con anterioridad, los muestreos realizados permitieron caracterizar todas las unidades de suelo del área de influencia del proyecto.

Por otra parte, en el desarrollo de las reuniones informativas, en algunas unidades territoriales se presentaron dificultades que limitaron la consecución de soportes de las actividades o la recolección de información primaria, situación que se presentó por la negativa de los líderes y comunidades a la firma de los soportes y al suministro de información, argumentando inconformidad por experiencias con proyectos anteriores u oposición al desarrollo del proyecto “Construcción y operación de la línea de transmisión a 230 kV La Reforma - San Fernando” en sus veredas; es importante resaltar que la oposición manifestada está basada en desinformación, desconocimiento respecto a este tipo de proyecto y al sentimiento generalizado de oposición a los proyectos del sector minero y de hidrocarburos, al cual la comunidad asocia el proyecto de construcción de la línea de transmisión a 230 kV La Reforma - San Fernando.

Por tal razón, para las unidades territoriales donde no fue posible la recolección de la totalidad de la información solicitada, se recurrió a fuentes secundarias e institucionales (base de datos Sisben, documento técnico de Planes de Ordenamiento Territorial y Planes de Desarrollo Municipal) que permitieran complementar la información veredal.