



ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

Estudio de Impacto Ambiental para el “Parque Solar Fotovoltaico Heliconia 60 MW y su Línea de Transmisión eléctrica a 115 kV hacia la Subestación San Felipe”

CAPÍTULO 2. Generalidades

POR:



Bogotá, junio de 2025

CONTENIDO

2	GENERALIDADES.....	17
2.1	antecedentes	17
2.1.1	Justificación del proyecto.....	17
2.1.2	Estado de permisos y trámites previos	17
2.1.2.1	Permiso de estudio para la recolección de especímenes	18
2.1.2.2	Tramite de solicitud de levantamiento de veda	18
2.1.2.3	Certificación de procedencia y oportunidad de consulta – Ministerio del interior	18
2.1.2.4	Plan de manejo arqueológico – ICANH	19
2.1.3	Solicitud de información ante entidades y autoridades	20
2.1.4	Marco normativo	36
2.2	Alcances.....	46
2.2.1	Alcance Técnico.....	46
2.2.2	Alcance del EIA	51
2.2.3	Limitaciones y/o Restricciones del EIA	53
2.2.4	Superposición y coexistencia de proyectos	54
2.3	METODOLOGIA	56
2.3.1	Definición, Identificación y Delimitación del Área de Influencia	56
2.3.1.1	Etapas 1: Área de influencia preliminar	58
2.3.1.2	Etapas 2: Información primaria.....	58
2.3.1.3	Etapas 3: Integración de la trascendencia de los impactos ambientales ...	58
2.3.2	Caracterización del Área de Influencia	59
2.3.2.1	Medio Abiótico	59
2.3.2.1.1	Geología.....	59
2.3.2.1.2	Unidades geológicas superficiales (UGS).....	68
2.3.2.1.3	Geología Estructural / Tectónica	76
2.3.2.1.4	Sismicidad	77
2.3.2.1.5	Geomorfología	78
2.3.2.1.6	Suelos y uso de la tierra	86
2.3.2.1.7	Hidrología	110

2.3.2.1.8	Calidad del Agua.....	121
2.3.2.1.9	Usos del Agua	129
2.3.2.1.10	Hidrogeología	133
2.3.2.1.11	Geotecnia.....	142
2.3.2.1.12	Atmósfera.....	144
2.3.2.2	Medio Biótico	194
2.3.2.2.1	Ecosistemas Terrestres.....	194
2.3.2.2.2	Coberturas de la Tierra.....	195
2.3.2.2.3	Flora	199
2.3.2.2.4	Flora en otros hábitos de crecimiento.....	220
2.1.1.1.1	Etapa Pre-campo.....	220
2.1.1.1.2	Etapa de campo.....	220
2.1.1.1.3	Etapa Pos-campo	231
2.3.2.2.5	Fauna.....	234
2.3.2.2.6	Fase Pos-Campo	261
2.3.2.2.7	Ecosistemas Acuáticos.....	268
2.3.2.2.8	Áreas protegidas, Ecosistemas Estratégicos, Áreas Sensibles y Estrategias de Conservación.	271
2.3.2.3	Medio Socioeconómico	273
2.3.2.3.1	Lineamientos jurídicos en el marco de la participación ciudadana y medio Ambiente	274
2.3.2.3.2	Fase -Precampo	276
2.3.2.3.3	Fase de campo	279
2.3.2.3.4	Aplicación de instrumentos para recolectar información.....	285
2.1.1.1.4	Registro fotográfico y georreferenciación	292
2.3.2.3.5	Fase post- campo	293
2.3.2.4	Paisaje	293
2.3.2.5	Análisis de fragmentación.....	307
2.3.2.6	Servicios Ecosistémicos	314
2.3.3	Zonificación Ambiental	322
2.3.3.1	Metodología.....	322
2.3.3.1.1	Selección de componentes.....	322
2.3.3.1.2	Análisis de sensibilidad e importancia	323

2.3.3.1.3	Mapas de zonificación intermedios	324
2.3.4	Mapas de zonificación intermedios	324
2.3.5	Análisis cartográfico	326
2.3.6	Demanda, Uso, aprovechamiento y/o afectación de Recursos Naturales	327
2.3.7	Evaluación Ambiental.....	327
2.3.7.1	Parámetros de Calificación.....	328
2.3.7.2	Metodología para la Evaluación de Impactos residuales	336
2.3.7.3	Metodología para la evaluación de impactos sinérgicos y acumulativos .	339
2.3.7.4	Cálculo de Índice de importancia ambiental.....	339
2.3.7.5	Metodología para la evaluación de impactos residuales.....	340
2.3.8	Evaluación económica Ambiental	343
2.3.8.1	Internalización de impactos ambientales.	344
2.3.8.2	Valoración económica de los impactos no internalizados	346
2.3.8.3	Análisis Beneficio Costo (ACB).....	349
2.3.8.4	Análisis de sensibilidad	351
2.3.9	Zonificación de Manejo Ambiental del Proyecto.....	352
2.3.9.1	Metodología.....	352
2.3.10	Planes y Programas.....	354
2.3.10.1	Programa de Seguimiento y Monitoreo	355
2.3.10.2	Plan de Gestión del Riesgo	355
2.3.10.2.1	Conocimiento del riesgo	356
2.3.10.2.2	Análisis de riesgo.....	356
2.3.10.2.3	Identificación y determinación de la probabilidad de ocurrencia y/o presencia de una amenaza	356
2.3.10.2.4	Identificación y análisis de vulnerabilidad	357
2.3.10.2.5	Análisis y zonificación del nivel de riesgo	359
2.3.10.2.6	Aceptabilidad del riesgo	360
2.3.10.2.7	Reducción del riesgo.....	362
2.3.10.2.8	Manejo del desastre.....	362
2.3.10.2.1	Plan estratégico	363
2.3.10.2.1	Plan operativo.....	363
2.3.10.2.2	Plan informático	363
2.3.11	Otros Planes y programas.....	363

2.3.11.1	Plan de inversión forzoso de no menos del 1%	363
2.3.11.2	Plan de compensación por pérdida de biodiversidad	363
2.3.12	Cartografía y Sistemas de Información Geográfica (SIG).....	365
2.3.12.1	Fase preliminar	366
2.3.12.2	Fase procesamiento de información	366

LISTA DE TABLAS

Tabla 2-1 Relación de consultas y respuestas de solicitud de información ante autoridades competentes.....	21
Tabla 2-2 Normatividad Ambiental aplicable a Estudio de Impacto Ambiental	36
Tabla 2-3 Estructura del EIA para el proyecto Parque Solar Fotovoltaico Heliconia 60 MW y su línea de transmisión eléctrica a 115 kV hacia la Subestación San Felipe.....	51
Tabla 2-4Proyectos en superposición con el área de influencia del proyecto	54
Tabla 2-5 Recopilación de información geológica.....	60
Tabla 2-6 Puntos geológicos propuestos.....	60
Tabla 2-7 Clasificación de tamaño de grano (Escala de Udden-Wentworth, 1922) ...	64
Tabla 2-8 Formato de campo para la caracterización geológica.	67
Tabla 2-9 Clasificación de las rocas en general según textura/estructura.	70
Tabla 2-10 Índices de campo para determinar la resistencia o dureza a la compresión.	71
Tabla 2-11 Terminología utilizada para describir la consistencia de un suelo.	71
Tabla 2-12 Terminología para describir la humedad en campo.	72
Tabla 2-13 Criterios para describir la plasticidad.....	72
Tabla 2-14 Terminología para describir la densidad relativas de los suelos	72
Tabla 2-15 Perfil de meteorización según Dearman (1974-1991).	73
Tabla 2-16 Recopilación de información geomorfológica.	79
Tabla 2-17 Información de sensores remotos y modelos de elevación	80
Tabla 2-18 Puntos geomorfológicas propuestos.	81
Tabla 2-19 Atributos morfográficos de las geoformas.	85
Tabla 2-20 Rangos para clases de pendientes	89
Tabla 2-21 Clases texturales del suelo.....	90
Tabla 2-22 Tipo de drenaje natural	91
Tabla 2-23 Erosión del suelo	93
Tabla 2-24. Parámetros evaluados para muestreo de suelo.....	94
Tabla 2-25. Puntos de control suelos área de estudio.....	97
Tabla 2-26. Propiedades químicas de los suelos.....	100
Tabla 2-27. Propiedades físicas de los suelos	101

Tabla 2-28. Adherencia del suelo.....	106
Tabla 2-29. Plasticidad del suelo	107
Tabla 2-30 Puntos de control de campo componente hidrológico	113
Tabla 2-31 Identificación de los puntos de muestreo	122
Tabla 2-32 Tipo de recipientes y preservación de muestras.....	124
Tabla 2-33 Variables fisicoquímicas y bacteriológicas – determinación de los Índices de contaminación (ICOS)	125
Tabla 2-34 Valor del índice de calidad de agua ICA-NSF.....	126
Tabla 2-35 Valor del índice de calidad de agua ICA-NSF.....	128
Tabla 2-36 Categorías índice IUA.....	132
Tabla 2-37. Coordenadas de los puntos de control de campo para la caracterización del componente hidrogeológico e inventario de puntos de agua subterránea.....	139
Tabla 2-38 Variables utilizadas para determinar la zonificación geotécnica.	143
Tabla 2-39 Rangos de clasificación de estabilidad geotécnica y susceptibilidad a la erosión y fenómenos de remoción en masa.....	144
Tabla 2-40 Puntos De Aforo Vehicular	146
Tabla 2-41 Clasificación general de vehículos.....	147
Tabla 2-42 Estaciones empleadas	148
Tabla 2-43 Periodo de análisis.....	150
Tabla 2-44 Porcentaje de datos disponibles para cada estación y cada variable trabajada.....	153
Tabla 2-45 Denominación termal	158
Tabla 2-46 Denominación Precipitación	158
Tabla 2-47 Clasificación climática	158
Tabla 2-48 Métodos de muestreo y análisis para parámetros de calidad de aire	160
Tabla 2-49 Localización de las estaciones de calidad de aire.....	160
Tabla 2-50 Criterios de Microlocalización	163
Tabla 2-51 Niveles máximos permisibles para contaminantes criterio.....	164
Tabla 2-52 Niveles máximos permisibles para los contaminantes criterio evaluados	178
Tabla 2-53 Periodos de medición.....	180
Tabla 2-54 Equipos de medición ruido ambiental	182

Tabla 2-55 Referencia de equipos	182
Tabla 2-56 Datos Técnicos del Pistófono y el Sonómetro.....	183
Tabla 2-57 Localización de las estaciones de monitoreo de ruido	184
Tabla 2-58 Estándares máximos permisibles de nivel de ruido.....	186
Tabla 2-59 Ajustes realizados estaciones de monitoreo.....	187
Tabla 2-60.Valores R(j) de acuerdo con estándar EN 1793-3.....	191
Tabla 2-61.Valores Ψ de acuerdo con estándar NMPB-Routes.....	191
Tabla 2-62. Datos de emisión de ruido asociados al componente L_{roll}	192
Tabla 2-63. Datos de emisión de ruido asociados al componente L_{engine}	192
Tabla 2-64 Puntos de control coberturas preliminares de la tierra área físico-biótica Paisaje.....	195
Tabla 2-65 Puntos de control coberturas de la tierra, verificados en campo en el área físico-biótica Paisaje.....	197
Tabla 2-66 Fuentes de información a consultar en la fase previa de la caracterización de flora	202
Tabla 2-67 Materiales requeridos.....	203
Tabla 2-68 Tipos de parcelas a implementar para la caracterización de la vegetación del AI y área de desarrollo Heliconia.	204
Tabla 2-69 Estadígrafos Estimados en cada Estrato (Coberturas).....	210
Tabla 2-70 Características del porcentaje de abundancia relativa	211
Tabla 2-71 Características según la frecuencia relativa	212
Tabla 2-72 Descripción del grado de agregación.....	213
Tabla 2-73 Categorías de regeneración natural.....	214
Tabla 2-74 Características del índice de diversidad de Shannon.....	216
Tabla 2-75 Características del índice de riqueza de Margalef	217
Tabla 2-76 Coeficiente de mezcla.....	218
Tabla 2-77 Normatividad aplicable a especies en estado de veda grados de amenaza o endémicas	220
Tabla 2-78. Técnicas de preservación, movilización y transporte para flora vascular	225
Tabla 2-79. Técnicas de preservación, movilización y transporte para flora no vascular	231
Tabla 2-80. Técnicas de preservación, movilización y transporte para flora no vascular	233

Tabla 2-81 Información secundaria consultada para la documentación de registros potenciales en el área de estudio.....	235
Tabla 2-82 Puntos de muestreo realizados en la caracterización de fauna	237
Tabla 2-83 Transectos de observación para el registro de Anfibios y reptiles.....	239
Tabla 2-84 Ubicación recorridos de observación para el registro de aves	245
Tabla 2-85 Ubicación redes de niebla para la captura de aves.....	248
Tabla 2-86 Identificación de los sitios de entrevistas de aves.....	249
Tabla 2-87 Ubicación de puntos de observación de aves.....	250
Tabla 2-88 Ubicación trampas Sherman para la captura de mamíferos pequeños ..	252
Tabla 2-89 Ubicación redes de niebla para la captura de mamíferos voladores	255
Tabla 2-90 Ubicación recorridos de observación para el registro de mamíferos	257
Tabla 2-91 Ubicación cámaras trampa para el registro de mamíferos.....	260
Tabla 2-92 Ubicación de entrevistas realizadas a la comunidad para el registro de mamíferos.....	261
Tabla 2-93 Cálculos de los análisis estadísticos para la fauna registrada en el EIA	264
Tabla 2-94 Métodos para la caracterización socioeconómica.....	275
Tabla 2-95 Información secundaria consultada para elaboración del Estudio de Impacto Ambiental-Heliconia	277
Tabla 2-96 Solicitud de información a entidad o dependencias municipales	278
Tabla 2-97 Unidades territoriales EIA proyecto Heliconia.....	279
Tabla 2-98 Clasificación inicial de actores	281
Tabla 2-99 Cronograma primer momento de socialización EIA Parque solar Heliconia	287
Tabla 2-100 Criterios de Valoración de la Calidad Visual del Paisaje	296
Tabla 2-101 Asignación de Puntajes para los Criterios de Calidad Visual del Paisaje Según BLM (1980)	296
Tabla 2-102 Criterios de valoración de la fragilidad visual en el paisaje	297
Tabla 2-103 Escala de referencia para la fragilidad visual.....	298
Tabla 2-104 Metodología para la determinación del atractivo escénico del paisaje.	298
Tabla 2-105 Rangos de visibilidad y escalas visuales.	299
Tabla 2-106 Metodología para establecer el nivel de interés.	299
Tabla 2-107 Metodología para la definición de los niveles de integridad escénica del paisaje.	300

Tabla 2-108 Categorías elementos discordantes	301
Tabla 2-109 Metodología para la determinación de elementos discordantes en las unidades de paisaje.....	301
Tabla 2-110 Criterios de zonificación del componente de paisaje.....	303
Tabla 2-111 Criterios de zonificación del componente de paisaje.....	307
Tabla 2-112 Métricas para la determinación del grado de fragmentación de coberturas naturales dentro del área de influencia del proyecto	310
Tabla 2-113 Rangos o índices establecidos para la categorización del contexto paisajístico.....	314
Tabla 2-114 Categorías de servicios ecosistémicos.....	318
Tabla 2-115 Dependencia de los beneficiarios sobre los servicios ecosistémicos ...	320
Tabla 2-116 Dependencia de las obras del proyecto ante los servicios ecosistémicos	320
Tabla 2-117 Tendencia de los servicios ecosistémicos	321
Tabla 2-118 Tabla de referencia de los servicios ecosistémicos.....	321
Tabla 2-119 Rangos de sensibilidad ambiental.....	323
Tabla 2-120 Rangos de importancia ambiental.....	324
Tabla 2-121 Categorías de interacción entre sensibilidad e importancia	324
Tabla 2-122 Esquemática de cruce de variables utilizando el promedio aritmético..	325
Tabla 2-123 Rangos de reclasificación de valor s/i	325
Tabla 2-124 Parámetros de calificación matriz de impactos ambientales	329
Tabla 2-125 Clasificación para la valoración del tiempo de recuperación.....	336
Tabla 2-126 Clasificación para la valoración de la eficacia de la medida de manejo	337
Tabla 2-127 Sistema de clasificación para la importancia ambiental.....	338
Tabla 2-128 Clasificación para la valoración de la importancia neta	339
Tabla 2-129 Clasificación y rangos de los impactos de naturaleza negativa	340
Tabla 2-130 Clasificación y rangos de los impactos de naturaleza positiva.....	340
Tabla 2-131 Clasificación para la valoración del tiempo de recuperación.....	341
Tabla 2-132 Clasificación para la valoración de la eficacia de la medida de manejo	341
Tabla 2-133 Sistema de clasificación para la importancia ambiental.....	342
Tabla 2-134 Clasificación para la valoración de la importancia ambiental	343
Tabla 2-135 Interpretación indicador RBC.....	351

Tabla 2-136 Categorías de interacción entre zonificación ambiental e impactos relevantes	353
Tabla 2-137 Categorías de Zonificación de Manejo	354
Tabla 2-138 Atributos de las medidas de manejo ambiental.....	354
Tabla 2-139 Escala de probabilidad de ocurrencia de las amenazas	357
Tabla 2-140 Criterios para la calificación de vulnerabilidad	357
Tabla 2-141 Criterios para definir el nivel de riesgo	360
Tabla 2-142 Definición del nivel de riesgo	360
Tabla 2-143 Rangos de aceptabilidad del riesgo	361
Tabla 2-144 Parámetros para el sistema de referencia magna Colombia CTM12 ...	367

LISTA DE FIGURAS

Figura 2-1	Localización proyectos en superposición presentes en el área de influencia	56
Figura 2-2	Proceso General de definición y delimitación del Área de influencia del proyecto.....	57
Figura 2-3	Mapa geológico preliminar y puntos de control propuestos.....	62
Figura 2-4	Clasificación de esfericidad y redondez.	64
Figura 2-5	Clasificación de selección.....	65
Figura 2-6	Porcentaje de matriz.....	65
Figura 2-7	Tipos de estratificación.	66
Figura 2-8	Caracterización macizo rocoso.....	74
Figura 2-9	Caracterización de suelos.....	75
Figura 2-10	Jerarquización Geomorfológica.	80
Figura 2-11	Cartografía geomorfológica preliminar y puntos de control propuestos...	81
Figura 2-12	Formato de campo para la caracterización geomorfológico.	83
Figura 2-13	Clasificación de procesos morfodinámicos.....	86
Figura 2-14	Principio general del impacto ambiental.....	87
Figura 2-15	Mapa precampo área de estudio	88
Figura 2-16	Triangulo de la clasificación textural de los suelos.....	90
Figura 2-17	Tabla MUNSELL para la determinación en muestras de suelo.....	92
Figura 2-18	Tipo de estructura del suelo	93
Figura 2-19.	Formato de campo para suelos, características y propiedades	96
Figura 2-20.	Localización puntos de control componente suelos	98
Figura 2-21.	Área definitiva para el componente suelos	110
Figura 2-22	Formato de recolección de información hidrológica en campo	112
Figura 2-23	Localización puntos de control de campo componente hidrológico.....	119
Figura 2-24	Localización puntos de monitoreo calidad de agua superficial .	123
Figura 2-25	Formato de campo de usos y usuarios.....	131
Figura 2-26	Formulario único nacional para inventario de puntos de agua subterránea	136

Figura 2-27 Localización de los puntos de control para el componente hidrogeológico.	138
Figura 2-28 Ubicación puntos aforo vehicular	146
Figura 2-29 Ubicación espacial de las estaciones empleadas	149
Figura 2-30 Localización geográfica de las estaciones de monitoreo de calidad del aire	161
Figura 2-31. Proceso de estimación de emisiones en la zona de estudio	172
Figura 2-32 Localización geográfica de las estaciones de monitoreo de ruido	185
Figura 2-33. Diagrama de proceso de modelación de propagación y atenuación sonora	190
Figura 2-34. Nomograma para la determinación de los valores E_{lv} y E_{hv}	193
Figura 2-35 Registro Fotográfico Puntos control coberturas de la tierra-Área de influencia-Físico-biótica-Paisaje	197
Figura 2-36 Localización puntos de muestreo flora (ventana 1)	200
Figura 2-37 Localización puntos de muestreo flora (ventana2)	201
Figura 2-38 Recomendaciones para la medición de diámetros de árboles deformados, bifurcados e inclinados	208
Figura 2-39 Formato de captura de datos de flora silvestre en otros hábitos de crecimiento	223
Figura 2-40. Estratificación del forófito	224
Figura 2-41. Cuadrícula de 20 x 20 cm para el conteo de cobertura	228
Figura 2-42. Ejemplo de distribución de plantilla sobre el forófito	229
Figura 2-43 Ubicación espacial de los puntos de muestreo para la caracterización de fauna	239
Figura 2-44 Estructura de las categorías definidas por la IUCN	267
Figura 2-45 Puntos de cuerpos de agua lóticos y lénticos identificados.	269
Figura 2-46 Madre vieja río Guamo	270
Figura 2-47 Cruce de drenaje por parte de la línea propuesta	270
Figura 2-48 Punto cercano río Guamo a la línea propuesta	271
Figura 2-49 Reserva Jaribú en el área de influencia físico-biótica paisaje	273
Figura 2-50 Área de influencia social	280
Figura 2-51 Presentación de primer momento EIA Parque Solar Heliconia	287
Figura 2-52 Obtención de métricas de paisaje	309

Figura 2-53 Integración de los servicios y el bienestar humano.....	316
Figura 2-54 Integración entre los componentes del estudio para la identificación de los servicios ecosistémicos	317
Figura 2-55 Esquema metodológico para obtener la zonificación ambiental.....	326
Figura 2-56 Proceso de proyección y control de impactos ambientales	344
Figura 2-57 Identificación de impactos internalizables y no internalizables .	345
Figura 2-58 Metodología de Valoración Económica.....	347
Figura 2-59 Plantilla de mapa para vista general del proyecto.....	368
Figura 2-60 Modelo de salidas gráficas para documento	369
Figura 2-61 Estructura del anexo cartográfico en formato digital	370

LISTA DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 2-1 Apertura de calicatas	99
Fotografía 2-2 Apertura de cajuelas	99
Fotografía 2-3 Toma de muestras de suelo	104
Fotografía 2-4 Empaque muestras de suelo	105
Fotografía 2-5 Ensayo adherencia del suelo	107
Fotografía 2-6 Ensayo plasticidad del suelo	108
Fotografía 2-7 Equipos de campo componente hidrológico	113
Fotografía 2-8 Punto de control componente hidrológico	117
Fotografía 2-9 Punto de control componente hidrológico	117
Fotografía 2-10 Punto de control componente hidrológico	118
Fotografía 2-11 Punto de control (ALJ2) tomado para la caracterización del componente hidrogeológico.....	140
Fotografía 2-12 Punto de control (ALJ5) tomado para la caracterización del componente hidrogeológico.....	140
Fotografía 2-13 Punto de control (PZ1) tomado para la caracterización del componente hidrogeológico.....	141
Fotografía 2-14 Montaje de parcela.	205
Fotografía 2-15 Marca de la Parcela	206
Fotografía 2-16 Marca de la Parcela	207
Fotografía 2-17 Prensado de muestras botánicas.....	209
Fotografía 2-18 Medición de DAP	222
Fotografía 2-19 Marcación de forófitos.....	222
Fotografía 2-20 Conteo de individuos In situ	225
Fotografía 2-21 Conteo de individuos In situ	226
Fotografía 2-22 Caracterización de especies vasculares de hábito terrestre.....	227
Fotografía 2-23 Conteo del área de las especies no vasculares.....	229
Fotografía 2-24 Caracterización de especies no vasculares de hábito rupícola o terrestre.....	230
Fotografía 2-25 Colecta de muestras no vasculares	230
Fotografía 2-26 Secado a temperatura ambiente de muestras no vasculares	231

Fotografía 2-27 Recorrido nocturno para el registro de herpetofauna	242
Fotografía 2-28 Búsqueda directa de herpetofauna con gancho herpetológico	243
Fotografía 2-29 Registro fotográfico de herpetofauna	244
Fotografía 2-30 Recorrido de observación de fauna No. 1	247
Fotografía 2-31 Recorrido de observación de fauna No. 9	247
Fotografía 2-32 Instalación de redes de niebla	249
Fotografía 2-33 Entrevista con la comunidad.....	250
Fotografía 2-34 Punto de observación de fauna No. 2, Hacienda San Felipe.....	251
Fotografía 2-35 Preparación de Trampa Sherman para la captura de pequeños mamíferos.....	252
Fotografía 2-36 Medición individuos capturados mediante trampas Sherman	252
Fotografía 2-37 Instalación de redes de niebla para la captura de murciélagos.....	256
Fotografía 2-38 Captura de murciélagos	256
Fotografía 2-39 Transectos de observación diurnos	257
Fotografía 2-40 Transecto de observación nocturnos	257
Fotografía 2-41 Instalación cámara trampa	260
Fotografía 2-42 Registro Cerdocyon thous.....	260
Fotografía 2-43 Entrevista realizada a la comunidad	261
Fotografía 2-44 Entrega de oficios de invitación presencial.....	284
Fotografía 2-45 Ubicación de afiches de reunión.....	284
Fotografía 2-46 Entrega de volantes invitación a socialización	284
Fotografía 2-47 Reuniones de socialización con comunidades	285
Fotografía 2-48 Diligenciamiento de ficha de caracterización veredal.....	286
Fotografía 2-49 Fichas prediales	286
Fotografía 2-50 Cartilla informativa conceptos energía y Parque Solar.....	289
Fotografía 2-51 Entrega de cartilla informativa conceptos energías renovables	290
Fotografía 2-52 Cartografía social.....	291
Fotografía 2-53 Diligenciamiento de matrices de identificación de impactos.	292
Fotografía 2-54 Georreferenciación de sitios de importancia en los territorios.....	293

2 GENERALIDADES

2.1 ANTECEDENTES

2.1.1 Justificación del proyecto

Dadas las tendencias globales de agotamiento de recurso y degradación ambiental en particular el cambio climático, que tiene origen en gran parte a la creciente demanda energética y el abastecimiento de energías no renovables, resulta indiscutible la importancia de la adopción de medidas para el fomento del desarrollo y utilización de fuentes energéticas alternativas.

Adicionalmente, Colombia presenta una dependencia de la energía hidroeléctrica en un 70% aproximadamente, situación que ha precipitado un aumento en la vulnerabilidad del sector energético a raíz de los impactos ocasionados en los últimos años por efecto del cambio climático.

De acuerdo con el contexto de las políticas nacionales del sector energético y ambiental antes mencionado, se proyecta desarrollar la construcción y funcionamiento del proyecto "Parque Solar Fotovoltaico Heliconia 60 MW y su línea de transmisión eléctrica a 115 kV hacia la Subestación San Felipe", para la generación y comercialización de energía renovable no convencional, en un marco sustentable que beneficia tanto a la empresa, como al gobierno nacional en el cumplimiento de sus objetivos.

En el ámbito regional y local, el desarrollo del Proyecto solar, ocasionarán un efecto positivo que estimularía la iniciativa empresarial para el desarrollo de nuevos proyectos teniendo en cuenta el potencial de los recursos renovables en la zona, adicional un escenario propicio para el crecimiento económico sustentable y creación de nuevos empleos.

El presente Estudio de Impacto Ambiental - EIA se formula como una herramienta para el licenciamiento ambiental del proyecto Parque Solar Fotovoltaico Heliconia 60 MW y su línea de transmisión eléctrica a 115 kV hacia la Subestación San Felipe, por medio del cual, es posible obtener la caracterización de las condiciones físicas, bióticas y socioeconómicas actuales del área donde se plantea el desarrollo de la infraestructura; identificar los impactos potenciales que se pueden presentar sobre los medios fisicobióticos y socioeconómicos del área de influencia del proyecto, como consecuencia del desarrollo de las actividades asociadas a la operación de paneles solares. Además, en el Estudio de Impacto Ambiental, se formulan las medidas y estrategias de manejo ambiental que permitan prevenir, corregir, proteger, mitigar y/o compensar los posibles impactos ocasionados por la ejecución del proyecto.

2.1.2 Estado de permisos y trámites previos

A continuación, se presenta el estado de los permisos y/o posibles restricciones que se tienen para el proyecto "Parque Solar Fotovoltaico Heliconia 60 MW y su línea de transmisión eléctrica a 115 kV hacia la Subestación San Felipe".

2.1.2.1 Permiso de estudio para la recolección de especímenes

Mediante la Resolución 00432 expedida del 22 de febrero de 2022 por la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales - ANLA obtiene el permiso de Estudio para la Recolección de Especímenes de Especies Silvestres de la Diversidad Biológica con Fines de Elaboración de Estudios Ambientales. En el cual se obliga a informar a la autoridad sobre las actividades a desarrollar en el marco del proyecto, notificación que fue efectuada el 12 de febrero de 2024 mediante el radicado 20246200158052 y fecha de radicado 13 de febrero de 2024; En **Anexos/Anexo2/Generalidades/2.2permisosdeinvestigación.**

El permiso se enmarca dentro de las obligaciones establecidas en el Decreto 3016 de 013 compilado en el Decreto 1076 de 2015 (Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible-MADS, 2015), específicamente con la Sección 2, Capítulo 9, Título 2, Parte 2, Libro 2 "Toda persona que pretenda adelantar estudios en los que sea necesario realizar actividades de recolección de especímenes de especies silvestres de la diversidad biológica en el territorio nacional, con la finalidad de elaborar estudios ambientales necesarios para solicitar y/o modificar licencias ambientales o su equivalente, permisos, concesiones o autorizaciones deberá previamente solicitar a la autoridad ambiental competente la expedición del permiso que reglamenta el presente decreto."

2.1.2.2 Trámite de solicitud de levantamiento de veda

El desarrollo del presente Estudio de Impacto Ambiental –EIA, contiene todos los requerimientos necesarios para solicitud de levantamiento de veda, en el marco del Decreto 2106 de 2019 "por el cual se dictan normas para simplificar, suprimir y reformar trámites, procesos y procedimientos innecesarios existentes en la administración pública"; Decreto que acoge la Circular 00016 de 2019 expedida por la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales – ANLA, la cual contiene directrices para la aplicación de las disposiciones adoptadas en los artículos 125 y 126 del Decreto 2106 de 2019 de supresión de trámites, y que modifica las disposiciones vigentes en materia de vedas.

2.1.2.3 Certificación de procedencia y oportunidad de consulta – Ministerio del interior

Mediante radicado 024-1-002410-011096 Id 282247., se solicitó ante la Dirección de la Autoridad Nacional de Consulta Previa el pronunciamiento sobre la determinación de procedencia y oportunidad de la consulta previa para el proyecto "Parque Solar Fotovoltaico Heliconia 60 MW y su línea de transmisión eléctrica a 115 kV hacia la Subestación San Felipe"; con respuesta mediante Resolución ST-0299 del 19 de marzo de 2024.

donde se indica:

PRIMERO. Que no procede la consulta previa con Comunidades Indígenas, para el proyecto: "PARQUE SOLAR FOTOVOLTAICO HELICONIA 60 MW Y SU LÍNEA DE TRANSMISIÓN ELÉCTRICA A 115 kV HACIA LA SUBESTACIÓN SAN FELIPE", localizado en jurisdicción de los municipios de Falan y Armero, en el departamento de Tolima, identificado con las coordenadas referidas en la parte considerativa del

presente acto administrativo.

SEGUNDO. Que no procede la consulta previa con Comunidades Negras, Afrocolombianas, Raizales y Palenqueras, para el proyecto: "PARQUE SOLAR FOTOVOLTAICO HELICONIA 60 MW Y SU LÍNEA DE TRANSMISIÓN ELÉCTRICA A 115 kV HACIA LA SUBESTACIÓN SAN FELIPE", localizado en jurisdicción de los municipios de Falan y Armero, en el departamento de Tolima, identificado con las coordenadas referidas en la parte considerativa del presente acto administrativo.

TERCERO. Que no procede la consulta previa con Comunidades Rom, para el proyecto: "PARQUE SOLAR FOTOVOLTAICO HELICONIA 60 MW Y SU LÍNEA DE TRANSMISIÓN ELÉCTRICA A 115 kV HACIA LA SUBESTACIÓN SAN FELIPE", localizado en jurisdicción de los municipios de Falan y Armero, en el departamento de Tolima, identificado con las coordenadas referidas en la parte considerativa del presente acto administrativo.

En la carpeta Requisitos Legales\05_Certificado DANCP se puede consultar la resolución ST-0299 del 19 de marzo de 2024.

2.1.2.4 Plan de manejo arqueológico – ICANH

De acuerdo con el artículo 2.6.5.1 del Decreto 1080 de 2015, Decreto Único Reglamentario del Sector Cultura, modificado por el Decreto 138 de 2019, el "Programa de Arqueología Preventiva es el conjunto de procedimientos de obligatorio cumplimiento cuyo fin es garantizar la protección del patrimonio arqueológico". este Programa, según lo dispuesto en el artículo 2.6.5.3. del Decreto 1080 de 2015, modificado por el Decreto 138 de 2019, involucra en su implementación las siguientes fases: 1. Registro; 2. Diagnóstico y Prospección; 3. Aprobación del Plan de Manejo Arqueológico; 4. Implementación del Plan de Manejo Arqueológico; y 5. Arqueología Pública.

Mediante Resolución No 0427 del 2024 el Instituto Colombiano de Antropología e Historia-ICANH, aprobó el registro del Programa de Arqueología Preventiva para el Proyecto "Parque Solar Heliconia 60 MW y su línea de transmisión eléctrica a 115 kV, municipios de Falan y Armero Guayabal departamento del Tolima"; El Registro se realizó sobre los polígonos cuya información se aportó en el "Formulario de registro del Programa de Arqueología Preventiva" presentado al ICANH mediante radicado 2024184200025382 del 20 de marzo del 2024, Ver respectivamente Requisitos Legales\06_Resolución ICANH

2.1.3 Solicitud de información ante entidades y autoridades

En la **Tabla 2-1** se presenta la relación de los trámites formales relacionados con la solicitud de información o de certificaciones, que hacen parte del estudio (**Anexos/Anexo 2 Generalidades/2.1 Correspondencia**).

Tabla 2-1 Relación de consultas y respuestas de solicitud de información ante autoridades competentes

INSTITUCIÓN	No. Y FECHA DE RADICADO	ASUNTO	RESPUESTA
Agencia Nacional de Tierras	202362010840362 del 01/12/2023	<ul style="list-style-type: none"> Solicitud de certificación sobre territorios titulados a minorías étnicas. Certificación sobre la existencia de zonas de reserva campesina. 	No se obtiene respuesta
Servicio Geológico Colombiano	20231200115222 del 01/12/2023	Información acerca de estudios hidrogeológicos y de estabilidad geotécnica asociada a los municipios de Armero Guayabal y Falan y del área de influencia del proyecto.	Se pueden consultar en la página Web del SGC, en el Motor de Integración de Información Geo científica - MIIG, para lo cual se anexa a continuación enlaces de acceso y de ejemplo de búsqueda, consulta y descarga de la información que puede servir de ayuda a la actual y futuras consultas y/o requerimientos de información y que por tanto se invita se consulte y tome directamente la información de lo publicado en la Web del SGC:
Unidad Administrativa Especial del Sistema de Parques Nacionales Naturales	20234700155682 del 01/12/2023	Certificación sobre la presencia o no de áreas del sistema de Parques Nacionales Naturales, Reservas Naturales de la Sociedad Civil, Reservas Forestales de Ley Segunda, áreas de Manejo Especial y posibles áreas prioritarias próximas a declarar u objeto de ampliación que se traslapen con el área geográfica del proyecto.	<p>Se hace la consulta de la información cartográfica incorporada por las diferentes autoridades ambientales en el Registro Único Nacional de Áreas protegidas (RUNAP). Se obtuvo como resultado lo siguiente:</p> <p>Afectación respecto a Parques Nacionales Naturales: No presenta traslape.</p> <p>Afectación respecto a otras categorías del SINAP: No presenta traslape.</p> <p>Afectación respecto propuesta de nuevas áreas y/o ampliación: No presenta traslape.</p> <p>Afectación respecto a Reservas Naturales de la Sociedad Civil: presenta traslape con la RNSC Jaribú.</p> <p>Afectación respecto a las áreas prioritarias para la conservación: Se traslapan con dos zonas</p>

INSTITUCIÓN	No. Y FECHA DE RADICADO	ASUNTO	RESPUESTA
			<ol style="list-style-type: none"> 1. Vegetación secundaria del orobioma bajo de los Andes. 2. Vegetación secundaria del zonobioma alterno hídrico y/o subxerofítico tropical del Alto Magdalena
Corporación Autónoma Regional del Tolima (CORTOLIMA)	21752 del 01/12/2023	<ul style="list-style-type: none"> • Certificación de existencia o no de áreas especiales, ecosistemas estratégicos, Distritos de manejo integrado, Parques Naturales Regionales o locales u otras áreas protegidas del orden regional, Reservas de la Sociedad Civil, Santuarios de flora y fauna, áreas de reservas forestales protectoras regionales, distritos de conservación de suelos, ecosistemas estratégicos, áreas de recreación, otras áreas con restricciones ambientales u otro ecosistema de carácter especial dentro del área descrita anteriormente. • Zonificación, categorías de manejo y/o iniciativas de conservación. • Existencia o no de santuarios de flora y fauna, AICAS, corredores de fauna dentro del área de influencia, programas de manejo y/o conservación de alguna especie con alguna categoría de vulnerabilidad. • Listado de fuentes de materiales autorizados (materiales de arrastre y cantera) de los municipios de Armero Guayabal y Falan (Tolima). • Listado de rellenos sanitarios y/o incineradores en los municipios de Armero Guayabal y Falan y del departamento del Tolima que cuenten con Licencia ambiental y su respectiva resolución. 	<p>Dentro del área de influencia preliminar no se encuentra ninguno de las áreas de importancia ambiental o ecosistemas estratégicos consultados.</p> <p>CORTOLIMA emplea factores de forma establecidos en la guía de cubicación de madera del proyecto de posicionamiento de Gobernanza Forestal en el País, la cual puede ser consultada en el link relacionado en la respuesta.</p> <p>CORTOLIMA. no ha declarado especies de flora en grado de amenaza, sigue lo dictado por el ministerio de Ambiente mediante resolución 0126 del 6 de febrero de 2024.</p> <p>Los estudios ha realizado la Corporación pueden ser consultados en el siguiente enlace: https://cortolima.gov.co/planes-y-programas/gestión-integral-de-la-biodiversidad/biodiversidad-y-servicios-ecosistemicos/386-biodiversidad-y-servicios-ecosistemicos/3880-caracterizacion-de-la-biodiversidad-para-el-diseno-de-un-corredor-urbano </p>

INSTITUCIÓN	No. Y FECHA DE RADICADO	ASUNTO	RESPUESTA
		<ul style="list-style-type: none"> • Zonas licenciadas y debidamente autorizadas para la disposición de Residuos de construcción y demolición – RCD. • Listado de empresas en los municipios de Armero Guayabal y Falan y del departamento del Tolima que cuenten con Licencia Ambiental para el manejo de residuos peligrosos y especiales y las respectivas copias de los actos administrativos. • Listado de asociaciones y organizaciones de recicladores presentes en los municipios de Armero Guayabal y Falan y del departamento del Tolima para el manejo y aprovechamiento de residuos sólidos reciclables. • Listado de concesiones de aguas (subterráneas y superficiales) dentro de los municipios Falan y Armero Guayabal. • Listado de permisos de vertimientos de fuentes hídricas y suelos dentro de los municipios en mención. • Listado de acueductos municipales y veredales que se encuentren dentro de los municipios de Armero Guayabal y Falan. • Listado de áreas estratégicas y/o prioritarias para establecer programas de compensación por pérdida de biodiversidad dentro de la jurisdicción de la Corporación. • Listado de especies arbóreas y arbustivas recomendadas para programas de reforestación y especies herbáceas para trabajos de revegetalización. 	
	1796 del 6 de febrero de 2024	<ul style="list-style-type: none"> • Lineamientos y conceptos para el desarrollo de las compensaciones del medio biótico. 	La Corporación a través de la Resolución No 2272 del 06 de julio de 2017 adoptó el portafolio de áreas prioritarios para la conservación de la biodiversidad

INSTITUCIÓN	No. Y FECHA DE RADICADO	ASUNTO	RESPUESTA
Corporación Autónoma Regional del Tolima (CORTOLIMA)		<ul style="list-style-type: none"> Portafolios de conservación y/o restauración identificados a nivel regional para la compensación por la intervención de los ecosistemas. Manuales de compensaciones del medio biótico y las consideraciones pertinentes para el desarrollo de las compensaciones del medio biótico. [áreas que deben ser priorizadas para la compensación Shapes) en el ámbito de búsqueda de ecosistemas equivalentes a los ecosistemas presentes en el área del proyecto, (Zonobioma Húmedo Tropical Tolima grande, Zonobioma Alternohígrico Tropical Tolima grande y Zonobioma Húmedo Tropical Cordillera oriental Magdalena medio) y que sean de interés para CORTOLIMA Consideraciones, conceptos técnicos, administrativos, normatividad y/o resoluciones que amparen la actividad del aprovechamiento forestal. 	<p>como herramienta para la asignación de compensaciones, el cual hace parte integral de la Resolución mencionada y está publicado en la Página Web de la Corporación Autónoma Regional del Tolima.</p> <p>Por lo anterior, la Corporación y sus usuarios podrán realizar las consultas con respecto a las áreas prioritarias para la compensación por pérdida de biodiversidad del Tolima en el aplicativo geográfico Geovisor Ambiental CORTOLIMA dispuesto por la Corporación en la página Web de la entidad, en la aplicación Compensaciones por Pérdida de Biodiversidad que posee información basada en el Portafolio de áreas prioritarias para la compensación por pérdida de biodiversidad del Tolima.</p>
	5323 DEL 29/02/2024	<p>Solicitud de información acerca de:</p> <ul style="list-style-type: none"> Listado de empresas de materiales de arrastre y cantera autorizados. Listado de rellenos Sanitarios autorizados Zonas autorizadas y licenciadas para disposición de RCD. Listado de empresas autorizadas para el manejo, tratamiento y disposición final de RESPEL. 	<p>CORTOLIMA a través del oficio No 100.09.2.1 suministra la siguiente información:</p> <ul style="list-style-type: none"> Listado de empresas de materiales de arrastre y cantera autorizados. Listado de rellenos Sanitarios autorizados Zonas autorizadas y licenciadas para disposición de RCD. Listado de empresas autorizadas para el manejo, tratamiento y disposición final de RESPEL.

INSTITUCIÓN	No. Y FECHA DE RADICADO	ASUNTO	RESPUESTA
		<ul style="list-style-type: none"> Listado de asociaciones de recicladores. Listado de empresas autorizadas donde se pueda comprar agua para fines industriales. 	<ul style="list-style-type: none"> Listado de asociaciones de recicladores: La entidad informa que se puede solicitar directamente en las alcaldías, quienes son los responsables de aportar esta información, debido a que hace parte de los Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos – PGIRS municipales. Listado de empresas autorizadas donde se pueda comprar agua para fines industriales. Se aclara que CORTOLIMA no autoriza la venta de agua para fines industriales, como Autoridad Ambiental, entrega permisos para el aprovechamiento de los recursos naturales, como lo son las concesiones de agua. En el presente oficio se anexa el listado de las concesiones de aguas dadas en los municipios de Armero Guayabal y Falan.
	5902 15/04/2024	<ul style="list-style-type: none"> Solicitud de información de áreas de importancia ambiental o ecosistemas estratégicos dentro del área de estudio. Información de zonificación hidrográfica y niveles subsiguientes del área de estudio. Solicitud del POMCA del Río Sabandija. Listado de áreas priorizadas de compensación. <p>Listado de especies arbóreas y arbustivas recomendadas para programas de reforestación y especies herbáceas para trabajos de revegetalización.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Dentro del área de influencia preliminar no se encuentra ninguno de las áreas de importancia ambiental o ecosistemas estratégicos consultados, cabe resaltar que, si bien el área de influencia preliminar no se superpone con ninguna de las áreas de importancia ambiental, esta si colinda con la reserva de la sociedad civil Jaribú. La información sobre la zonificación Hidrográfica y niveles subsiguientes puede ser consultada a través del geovisor de CORTOLIMA en el siguiente enlace https://sia.cortolima.gov.co/acgis/home.

INSTITUCIÓN	No. Y FECHA DE RADICADO	ASUNTO	RESPUESTA
			<ul style="list-style-type: none"> Dentro o cercano al área de influencia se ubica un único proyecto de explotación de materiales de construcción. El Rio Cuamo hace parte del POMCA del Rio Sabandija, el cual no ha sido adoptado por parte de Cortolima. CORTOLIMA no tiene un listado de áreas priorizadas para compensación. CORTOLIMA no tiene un listado de especies arboles y arbustivas recomendadas para programas de reforestación y especies herbáceas para trabajos de revegetalización. CORTOLIMA emplea factores de forma establecidos en la guía de ubicaciones de madera del proyecto de posicionamiento de Gobernanza Forestal en el País. <p>CORTOLIMA no ha declarado especies de flora en grado de amenaza, sigue lo dictado por el Ministerio de Ambiente mediante resolución 0126 del 6 de febrero de 2024.</p>
Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA)	20236200940512 DEL 01/12/2023	Permisos ambientales otorgados en el área de influencia del proyecto.	Se realizó la consulta con la base de datos geográfica de ANLA consolidada a la fecha, de proyectos licenciados y en evaluación en el área de interés y se encontró superposición con cinco proyectos (adjuntan salida grafica).
Asociación RED Colombiana de Reservas Naturales de la Sociedad Civil RESNATUR		Certificación sobre la presencia o no de áreas denominadas Reservas de la Sociedad Civil dentro del área geográfica del proyecto. Zonificación, categorías de manejo y/o iniciativas de conservación	<p>No se tiene registro de RNSC en los municipios indicados.</p> <p>Es importante precisar que Resnatur es una Asociación y que, como tal, aceptamos reservas registradas y NO registradas en el RUNAP (Registro Único de Áreas Protegidas) siendo estas últimas, estrategias complementarias de conservación. En la</p>

INSTITUCIÓN	No. Y FECHA DE RADICADO	ASUNTO	RESPUESTA
			página web de Parques Nacionales Naturales de Colombia, puede encontrar en la sección del RUNAP, las reservas con resolución de reserva natural de la sociedad civil (RNSC) como única figura de conservación privada en el país y que además, si la reserva lo dispone, de dicha página puede descargar Shapes que le pueden servir para referenciar geográficamente la reserva.
Departamento Nacional de Planeación DNP	20246630083472 del 17 de enero de 2024	Solicitud de información de últimos datos del SISBEN en las siguientes dimensiones (demografía, espacial (servicios públicos y sociales) y económicas de los habitantes de las veredas del área de influencia correspondientes al municipio de Armero Guayabal y Falan Tolima,	Se envía consolidado de base de datos del Sisbén 4 a la fecha con respecto a la ficha de caracterización diseñada.
INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS – INVÍAS	2024E-VUVR-032808 15/04/2024	<ul style="list-style-type: none"> Información de proyectos de infraestructura férrea – carretera en desarrollo y que se están planeando desarrollar al interior del área de análisis del proyecto 	Se procedió a solicitar la información a las Unidades Ejecutoras del INVIAS, para que, a través de estas, se logren identificar proyectos en el área objeto del presente comunicado. En este sentido, la autoridad informa que dará alcance a la solicitud en un periodo máximo de quince (15) días hábiles, previamente se recopile la información que emitan las Unidades Ejecutoras.
Agencia Nacional de Infraestructura - ANI	20244090457792 15/04/2024	<ul style="list-style-type: none"> Información de proyectos de infraestructura férrea – carretera en desarrollo y que se están planeando desarrollar al interior del área de análisis del proyecto 	No se obtuvo respuesta por parte de la autoridad.
Agencia Nacional de Minería – ANM	20241003062412 15/04/2024	<ul style="list-style-type: none"> Información de títulos mineros vigentes 	Se ha adoptado el sistema de Gestión Integral Minera en cumplimiento del Decreto 2078 de 2019, a través del cual la ciudadanía podrá acceder a los módulos de registro de usuario y visor geográfico del referido sistema integral a través del sitio institucional www.anm.gov.co y al link

INSTITUCIÓN	No. Y FECHA DE RADICADO	ASUNTO	RESPUESTA
			https://annamineria.anm.gov.co/sigm/external/Login en donde entre otras capas de información, se encuentran la de solicitudes y títulos mineros vigentes.
ALCALDÍA MUNICIPAL DE Armero Guayabal – secretaria de Gobierno	10176 del 18/12/2023	<ul style="list-style-type: none"> información de Organizaciones Sociales, Juntas, Asociaciones, Gremios, Comités Económicos de carácter público y privado, tiempo de permanencia en la zona, programas y proyectos en ejecución y población beneficiada que hagan presencia a nivel general en el municipio y a nivel particular en las veredas Nuevo Horizonte, Paraíso, La Esperanza, Santa Cecilia, Fundadores y San Felipe. Presencia de comunidades étnicas organizadas en el territorio de Armero Guayabal y reconocidas legalmente y su respectivo acto administrativo a través del cual fueron reconocidos. Presencia de población en condición de desplazamiento en el municipio y reconocidas legalmente y su respectivo acto administrativo a través del cual fueron reconocidos. Instancias, organizaciones, comités, instituciones y mecanismos presentes para la resolución de conflictos y la participación ciudadana. 	<ul style="list-style-type: none"> En el oficio No SG-110-0-2125, relacionan lo siguiente: Organizaciones sociales y gremios presentes en el municipio de Armero Guayabal. Comités Económicos de carácter público y privado: No reporta. Programas y proyectos en ejecución y población beneficiada: Actualmente en el Municipio de Armero Guayabal se está desarrollando el Proyecto Denominado: "CONTRATAR EL MANTENIMIENTO DE POLIDEPORTIVO UBICADO EN LA VEREDA NUEVO HORIZONTE DEL MUNICIPIO DE ARMERO GUAYABAL" cuyo estado se encuentra ACTIVO. Actualmente en el municipio de Armero Guayabal no se encuentra constituidas ni reconocidas legalmente comunidades étnicas. En el Municipio de Armero Guayabal se encuentran constituidas juntas de acción comunal relacionadas en el oficio. Instituciones y mecanismos para la resolución de conflictos se tienen: Inspección de Policía Municipal, Comisaría de Familia, personería Municipal, Comisión de Convivencia y Conciliación de cada Junta de Acción Comunal.

INSTITUCIÓN	No. Y FECHA DE RADICADO	ASUNTO	RESPUESTA
			<ul style="list-style-type: none"> • Relacionan infraestructura asociada a cultura y deporte. • Instituciones educativas públicas. • Instituciones de salud pública • Principales festividades • Festividades del área rural. • Estado y coberturas de los programas Familias en Acción. • Otros proyectos sociales. <p>Actualmente en el Municipio no se encuentran bienes que hayan sido declarados de interés cultural.</p>
ALCALDÍA MUNICIPAL DE ARMERO GUAYABAL – Secretaria de Gestión Social	10178 del 18/12/2023	<ul style="list-style-type: none"> • Infraestructura asociada a cultura y deporte en el municipio, grupos conformados, actividades y/o cursos que se estén llevando a cabo actualmente. • Instituciones educativas públicas en el municipio, sus sedes, la infraestructura que cada una de estas posee, servicios que ofrezca, localización, número de estudiantes, docentes y directivos. • Instituciones de salud públicas y privadas y programas de salud en el municipio tanto en el área urbana como en el área rural, infraestructura que cada una de estas posea, servicios que ofrezca, localización, cobertura y porcentaje de la población en régimen subsidiado y contributivo. • Principales festividades del área urbana y el área rural desarrolladas en el municipio y sus características. • Estado y cobertura de los programas Familias en Acción, desayunos infantiles, protección social al adulto mayor, vivienda 	<p>En el oficio No SPI-130 relacionan lo siguiente:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Actividades económicas predominantes en el municipio, cultivos principales, hectáreas por cultivo, número de cabezas de ganado y especies menores, redes de comercialización, cadenas productivas, presencia de empresas del sector primario, secundario y terciario, tipo de mano de obra en la zona y características de la estructura de la propiedad (minifundio, mediana propiedad o gran propiedad). • Organizaciones productivas, gremios, comités económicos de carácter público y privado, su tiempo de permanencia en la zona, los programas y proyectos que se estén ejecutando y la población beneficiada que hagan presencia a nivel general del municipio. • Directorio del Consejos Municipal de Gestión del Riesgo de desastres del

INSTITUCIÓN	No. Y FECHA DE RADICADO	ASUNTO	RESPUESTA
		<p>rural y otros proyectos sociales que se estén llevando a cabo en el municipio.</p> <ul style="list-style-type: none"> Bienes inmuebles declarados de interés cultural en el municipio. 	Municipio y el acto administrativo que lo reglamente.
<p>ALCALDÍA MUNICIPAL DE ARMERO GUAYABAL – Oficina del SISBEN municipal</p>	10179 del 18/12/2023.	Base de datos del SISBEN del municipio.	<ul style="list-style-type: none"> La información del Sisbén se encuentra protegida por el Derecho de habeas Date, la cual es sujeta a reserva y se encuentra revestida de una protección constitucional y legal, por ello no es posible la entrega de las Bases de Datos del Sisbén como fue solicitada, será el Departamento Nacional de Planeación que es la entidad encargada de administrar la información.
<p>ALCALDÍA MUNICIPAL DE ARMERO GUAYABAL – secretaria de Desarrollo Agropecuario, Medio Ambiente y Gestión del Riesgo</p>	10177 del 18/12/2023	<ul style="list-style-type: none"> Actividades económicas predominantes en el municipio, cultivos principales, hectáreas por cultivo, número de cabezas de ganado y especies menores, redes de comercialización, cadenas productivas, presencia de empresas del sector primario, secundario y terciario, tipo de mano de obra en la zona y características de la estructura de la propiedad (minifundio, mediana propiedad o gran propiedad). Organizaciones productivas, Gremios, Comités Económicos de carácter público y privado, su tiempo de permanencia en la zona, los programas y proyectos que estén ejecutando y la población beneficiada que hagan presencia a nivel general en el municipio. Directorio del Consejo Municipal de Gestión del Riesgo de desastres del municipio y el acto administrativo que lo reglamente. 	Sin Respuesta por parte de la entidad
ALCALDIA MUNICIPAL DE	10180 del 18/12/2023	<ul style="list-style-type: none"> Presencia de acueductos veredales, sus fuentes de abastecimiento, número de 	Sin respuesta por parte de la entidad.

INSTITUCIÓN	No. Y FECHA DE RADICADO	ASUNTO	RESPUESTA
ARMERO GUAYABAL -Secretaría de Planeación e Infraestructura		<p>usuarios, costo del servicio y la infraestructura existente que se encuentre relacionadas con este sistema (plantas de tratamiento, bocatomas, redes, tanques, etc.) formas de tratamiento y almacenamiento del agua.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Infraestructura de transporte (vial, fluvial, aéreo) existente. • Proyectos y programas, sus características, cobertura y actores involucrados, que estén siendo actualmente adelantados por la administración municipal. • Certificado de las veredas, corregimientos y centros poblados definidos como unidad territorial que se encuentran dentro del área del proyecto se adjunta (KMZ y Shape) y cartografía oficial de la división política del municipio. • Certificación de la zonificación y los usos del suelo. • Existencia de áreas protegidas de carácter local o regional establecidos en el Ordenamiento territorial vigente. 	
ALCALDÍA MUNICIPAL DE ARMERO GUAYABAL – Personería Municipal	Diciembre 18 de 2023	<ul style="list-style-type: none"> • Tipos de conflictos presentes en el municipio, actores involucrados y formas de resolución. 	<p>En Armero Guayabal no hay presencia de grupos armados ilegales no hay cultivos ilícitos ni minas antipersona sin explotar. Pero por su ubicación geográfica, tiene tránsito de delincuencia común, venta de estupefacientes y gota a gota. Los conflictos que más se presentan son los originados por mala convivencia entre vecinos, los cuales son atendidos inicialmente por uniformados de la estación de policía, de ser necesaria audiencias de mediación y/o conciliación, estas pueden ser adelantadas por la inspección de Policía o la personería municipal</p>

INSTITUCIÓN	No. Y FECHA DE RADICADO	ASUNTO	RESPUESTA
EMPRESA DE SERVICIOS PÚBLICOS DEL ARMERO GUAYABAL	18 de diciembre de 2023	<ul style="list-style-type: none"> • Características del acueducto urbano y acueductos rurales, las fuentes de abastecimiento, número de usuarios, costos del servicio y la infraestructura relacionada con este sistema (plantas de tratamiento, bocatomas, redes, tanques, etc.). • Características del sistema de alcantarillado, infraestructura relacionada y número de usuarios. • Características del servicio de recolección de residuos sólidos, infraestructura o equipos para la prestación del servicio, sitios de recolección y disposición, frecuencia y número de usuarios en el área rural y urbana. 	Sin respuesta por parte de la entidad
ALCALDÍA MUNICIPAL DE FALAN – Secretaría de Gobierno	001528 del 18/12/2023	<ul style="list-style-type: none"> • información de Organizaciones Sociales, Juntas, Asociaciones, Gremios, Comités Económicos de carácter público y privado, tiempo de permanencia en la zona, programas y proyectos en ejecución y población beneficiada que hagan presencia a nivel general en el municipio y a nivel particular en las Veredas La Lajosa y San Antonio. • Presencia de comunidades étnicas organizadas en el territorio de Falan y reconocidas legalmente y su respectivo acto administrativo a través del cual fueron reconocidos. • Instancias, organizaciones, comités, instituciones y mecanismos presentes para la resolución de conflictos y la participación ciudadana. 	Sin respuesta por parte de la entidad
ALCALDÍA MUNICIPAL DE	001527 del 18/12/2023	<ul style="list-style-type: none"> • Infraestructura asociada a cultura y deporte en el municipio, grupos conformados, 	Sin respuesta por parte de la entidad.

INSTITUCIÓN	No. Y FECHA DE RADICADO	ASUNTO	RESPUESTA
FALAN – Gestora social		<p>actividades y/o cursos que se estén llevando a cabo actualmente.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Instituciones educativas públicas en el municipio, sus sedes, la infraestructura que cada una de estas posee, servicios que ofrezca, localización, número de estudiantes, docentes y directivos. • Instituciones de salud públicas y privadas y programas de salud en el municipio tanto en el área urbana como en el área rural, infraestructura que cada una de estas posea, servicios que ofrezca, localización, cobertura y porcentaje de la población en régimen subsidiado y contributivo. • Principales festividades del área urbana y el área rural desarrolladas en el municipio y sus características. • Estado y cobertura de los programas Familias en Acción, desayunos infantiles, protección social al adulto mayor, vivienda rural y otros proyectos sociales que se estén llevando a cabo en el municipio. • Bienes inmuebles declarados de interés cultural en el municipio. 	
ALCALDÍA MUNICIPAL DE FALAN – Oficina del SISBEN municipal	01529 del 18/12/2023	<ul style="list-style-type: none"> • Base de datos del SISBEN del municipio, de Falan Tolima. 	Sin respuesta por parte de la entidad
ALCALDÍA MUNICIPAL DE FALAN – Secretaria de Desarrollo Agropecuario, Medio	01526 del 18/12/2023	<ul style="list-style-type: none"> • Actividades económicas predominantes en el municipio, cultivos principales, hectáreas por cultivo, número de cabezas de ganado y especies menores, redes de comercialización, cadenas productivas, presencia de empresas del sector primario, secundario y terciario, tipo de mano de obra 	Sin respuesta por parte de la entidad

INSTITUCIÓN	No. Y FECHA DE RADICADO	ASUNTO	RESPUESTA
Ambiente y Gestión del Riesgo		<p>en la zona y características de la estructura de la propiedad (minifundio, mediana propiedad o gran propiedad).</p> <ul style="list-style-type: none"> • Organizaciones productivas, Gremios, Comités Económicos de carácter público y privado, su tiempo de permanencia en la zona, los programas y proyectos que estén ejecutando y la población beneficiada que hagan presencia a nivel general en el municipio. • Directorio del Consejo Municipal de Gestión del Riesgo de desastres del municipio y el acto administrativo que lo reglamente. 	
ALCALDÍA MUNICIPAL DE FALAN – Personería Municipal	18/12/2023	<ul style="list-style-type: none"> • Tipos de conflictos presentes en el municipio, actores involucrados y formas de resolución. 	Sin respuesta por parte de la entidad
EMPRESA DE SERVICIOS PÚBLICOS DEL FALAN	77 del 19/12/2023	<ul style="list-style-type: none"> • Características del acueducto urbano y acueductos rurales, las fuentes de abastecimiento, número de usuarios, costos del servicio y la infraestructura relacionada con este sistema (plantas de tratamiento, bocatomas, redes, tanques, etc.). • Características del sistema de alcantarillado, infraestructura relacionada y número de usuarios. • Características del servicio de recolección de residuos sólidos, infraestructura o equipos para la prestación del servicio, sitios de recolección y disposición, frecuencia y número de usuarios en el área rural y urbana. 	Sin respuesta por parte de la entidad

INSTITUCIÓN	No. Y FECHA DE RADICADO	ASUNTO	RESPUESTA
ALCALDÍA MUNICIPAL DE FALAN – Secretaria de Planeación e Infraestructura	001525 del 18/12/2023	<ul style="list-style-type: none"> Esquema de Ordenamiento territorial 2020-2031 con los respectivos Shapes cartográficos. Presencia de acueductos veredales, sus fuentes de abastecimiento, número de usuarios, costo de servicios y la infraestructura existente que se encuentre relacionada con este sistema (plantas de tratamiento, bocatomas, redes, tanques, etc.), formas de tratamiento y almacenamiento del agua. Infraestructura de transporte (vial, fluvial, aéreo) existente. Proyectos y programas, sus características, cobertura y actores involucrados, que estén siendo actualmente adelantados por la administración municipal. Certificado de las veredas, corregimientos y centros poblados definidos como unidad territorial que se enciendan dentro del área de influencia del proyecto (se adjunta KMZ y Shape y cartografía oficial de la división política del municipio). Certificación de la zonificación y los usos del suelo. Existencia de áreas protegidas de carácter local o regional establecidos en el Ordenamiento territorial vigente. 	Sin respuesta por parte de la entidad.

Fuente: SGS Colombia, 2024

2.1.4 Marco normativo

El licenciamiento ambiental del Proyecto Parque Solar Fotovoltaico Heliconia 60MW y su línea de transmisión eléctrica a 115 kV hacia la Subestación San Felipe, es de competencia de la Corporación Autónoma Regional del Tolima - CORTOLIMA, de acuerdo con su capacidad de generación (Potencia Nominal igual o mayor a diez (10) MW y menor de cien (100) MW) y el Artículo 2.2.2.3.2.2 del Decreto 1076 de 2015. En la **Tabla 2-2** se describe de manera general el marco normativo ambiental aplicable al Proyecto.

Tabla 2-2 Normatividad Ambiental aplicable a Estudio de Impacto Ambiental

NORMA	DESCRIPCIÓN
NORMAS GENERALES	
Constitución política de Colombia, 1991, artículo 79	Mecanismos e instrumentos de cumplimiento nacional.
Decreto 2811 del 18 de diciembre de 1974 (Presidencia de la República)	Por el cual se dicta el código nacional de recursos naturales renovables y de protección al medio ambiente
Decreto 1449 de 1997	Por el cual se reglamenta parcialmente el inciso 1 del numeral 5 del artículo 56 de la Ley número 135 de 1961 y el Decreto-Ley número 2811 de 1974.
Ley 9 de 1979	Dicta medidas sanitarias.
Ley 56 de 1981	Dicta normas sobre obras públicas de generación eléctrica, y acueductos, sistemas de regadío y otras y se regulan las expropiaciones y servidumbres de los bienes afectados por tales obras.
Ley 99 de 1993	Ley marco en materia ambiental, crea el Ministerio del Medio Ambiente entre otros. Crea los mecanismos para la estructuración de la legislación ambiental existente como el Sistema Nacional Ambiental (SINA) que reglamenta lo referente a sus competencias y funciones y define la estructura del ministerio y las corporaciones, así como las fuentes y recursos económicos para el manejo y la recuperación del medio ambiente
Decreto 1076 del 25 de mayo de 2015	Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible.
Resolución No 40117 del 02 de abril de 2024	Por cual se modifica el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas - RETIE
LICENCIAS AMBIENTALES	
Decreto 1076 de 2015.	Libro 2. Régimen reglamentario del sector ambiente; Parte 1. Disposiciones generales; Título 2. Gestión Ambiental, Cap14. Áreas de manejo especial; Sección 18 Capítulo 3. Licencias ambientales.
Ley 99 de 1993	Títulos vii y xii sobre licencias ambientales.
Resolución 1023 de 2005 (MAVDT):	Por la cual se adoptan guías ambientales como instrumento de autogestión y autorregulación.
Decreto 2041 de 2014 (MADS)*	Por el cual se reglamenta el título VIII de la ley 99 de 1.993 sobre licencias ambientales.
Decreto 783 de 2015*	Deroga el numeral 10 del artículo 24 del Decreto 2041 de 2014.

NORMA	DESCRIPCIÓN
Resolución 2182 del 23 de diciembre del 2016	Por la cual se modifica y consolida el Modelo de Almacenamiento Geográfico GDB Contenido en la Metodología General para presentación de Estudios Ambientales y en el Manual de seguimiento ambiental de proyectos.
Resolución 1402 de 25 de julio de 2018 (MADS) -	Por la cual se adopta la Metodología General para la Elaboración y Presentación de Estudios Ambientales y se toman otras determinaciones
Resolución 0629 de 31 de julio de 2020 (MADS)	Por la cual se modifica el artículo 5 de la resolución 1402 de 2018 y se dictan otras disposiciones
Resolución 1096 de 2000 - Derogado	Adopta el reglamento técnico para el sector de agua potable y saneamiento básico (RAS 2000).
Resolución 1050 de 2004	Adopta el manual de señalización vial para la regulación del tránsito en carreteras de Colombia.
Resolución 1552 de 2005	Adopta los manuales para evaluación de estudios ambientales y de seguimiento ambiental de proyectos.
Ley 1333 de 2009	Establece el procedimiento sancionatorio ambiental.
Ley 1383 de 2010	Reforma la Ley 769 de 2002 (Código Nacional de Tránsito).
Decreto 2372 de 2010	Reglamenta el Sistema Nacional de Áreas Protegidas, las categorías de manejo que lo conforman.
Resolución 2182 de 2016	Por la cual se modifica y actualiza el modelo de almacenamiento geográfico (Geodatabase) contenido en la Metodología General para la Presentación de Estudios Ambientales y el Manual de Seguimiento Ambiental de Proyectos.
Ley 1523 de 2012	Establece el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres.
Resolución 0188 de 2013	Actualiza el Manual de Seguimiento Ambiental de Proyectos.
Resolución 755 de 2013	Actividades consideradas modificaciones menores de Licencias Ambientales Sectores Hidrocarburos y Eléctrico.
Decreto 3016 de 2013	Por el cual se reglamenta el permiso de Estudios para la recolección de especímenes de especies silvestres de la diversidad biológica con fines de elaboración de Estudios ambientales.
Decreto 1376 de 2013	Por el cual se reglamenta el permiso de recolección de especies de la diversidad biológica con fines de investigación científica no comercial.
Decreto 2041 de 2014	Reglamenta el título VIII de la Ley 99 de 1993 sobre licencias ambientales.
Decreto 0783 de 2015	Por el cual se deroga el numeral 10 del artículo 24 del Decreto 2041 de 2014.
Resolución 0324 de 2015	Fija las tarifas para el cobro de los servicios de evaluación y seguimiento de licencias, permisos y autorizaciones.
Decreto 1076 de 2015	Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible.
Resolución No. 0330 de 2017	"Por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS y se derogan las resoluciones 1096 de 2000, 0424 de 2001, 0668 de 2003, 1459 de 2005 y 2320 de 2009"

NORMA	DESCRIPCIÓN
Resolución No. 0799 de 2021	Por la cual se modifica la Resolución 0330 de 2017
Ley 2327 de 2023	Por medio de la cual se establece la definición de pasivo ambiental, se fijan lineamientos para su gestión y se dictan otras disposiciones
AIRE Y RUIDO	
Resolución 8321 de 1983 (Ministerio de Salud)	Dicta 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.
Resolución 1792 de 1990	Adopta valores límites permisibles para la exposición ocupacional al ruido.
Decreto 948 de 1995 (Ministerio de Ambiente)	Reglamento de protección y control de la calidad del aire, mediante el cual se establecen las normas y principios generales para la protección atmosférica.
Decreto 1697 de 1997 (Ministerio de Ambiente)	Modifica parcialmente el decreto 948 de 1.995, que contiene el reglamento de protección y control de la calidad del aire.
Decreto 1552 de 2000 (Ministerio de Ambiente)	Regula las emisiones visibles en vehículos diésel. Modifica el artículo 38 del decreto 948 de 1995, modificado por el artículo 3° del decreto 2107 de 1.995.
Decreto 2107 de 1995	Modifica parcialmente el Decreto 948 de 1995.
Resolución 619 de 1997	Establece los factores a partir de los cuales se requiere permiso de emisión atmosférica para fuentes fijas.
Decreto 979 de 2006	Modifica parcialmente el Decreto 948 de 1995.
Resolución 0627 de 2006	Establece la norma nacional de emisión de ruido y ruido ambiental.
Resolución 601 de 2006	Establece la norma de calidad del aire o nivel de inmisión.
Resolución 610 de 2010	Modifica la resolución 601 del 4 de abril de 2006.
Resolución 909 de 2008	Establece las normas y estándares de emisión admisibles de contaminantes a la atmósfera por fuentes fijas.
Resolución 1309 de 2010	Por la cual se modifica la Resolución 909 de 05 de Junio de 2008 (MAVDT), en relación a las actividades industriales, equipos de combustión externa y equipos de combustión interna con capacidad de 1MW o más.
Resolución 910 de 2008	Reglamenta los niveles permisibles de emisión de contaminantes a la atmósfera por fuentes móviles terrestres.
Resolución 650 de 2010	Adopta el protocolo para el monitoreo y seguimiento de la calidad del aire.
Resolución 651 del 2010	Crea el subsistema de información sobre calidad del aire – SISAIRE"
Resolución 2154 de 2010	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.
Resolución 760 de 2010	Adopta el Protocolo para el Control y Vigilancia de la Contaminación Atmosférica Generada por Fuentes Fijas.
Resolución 5111 de 2011	Adopta el certificado de la revisión técnico-mecánica y de emisiones para vehículos.
Resolución 1111 de 2013	Modifica la Resolución 910 de 2008.

NORMA	DESCRIPCIÓN
Resolución 1541 de 2013	Niveles permisibles de calidad de aire o de inmisión de olores ofensivos.
Resolución 2254 de 2017	Por la cual se adopta la norma de calidad del aire ambiente y se dictan otras disposiciones.
AGUA	
Decreto ley 2811 de 1974: también denominado "Código de los recursos naturales renovables y de protección al medio ambiente.	Establece cuáles son los factores que deterioran el ambiente.
Decreto 1449 de 1977: 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.	Establece lo relativo a la conservación, protección y aprovechamiento de las aguas otorgando obligaciones a los propietarios de predios.
Decreto 1541 de 1978	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. Ordenar el recurso agua con el fin de evitar al máximo su deterioro y evitar conflictos sociales por la presión creciente sobre este recurso y sus cauces.
Decreto 1594 de 1984 (Derogado por Decreto 3930 de 2019 excepto Arto 20 y 21)	Reglamenta los usos del agua y los residuos líquidos.
Ley 373 de 1997	Establece el programa para el uso eficiente y ahorro del agua.
Decreto 1640 de 2002	Por el cual se reglamentan los instrumentos para la planificación, ordenación y manejo de las cuencas hidrográficas y acuíferos
Decreto 1729 de 2002	Por el cual se reglamenta la Parte XIII, Título 2, Capítulo III del Decreto-ley 2811 de 1974 sobre cuencas hidrográficas, parcialmente el numeral 12 del Artículo 5° de la Ley 99 de 1993 y se dictan otras disposiciones.
Decreto 4742 de 2005	Reglamenta la tasa por utilización del agua.
Decreto 1900 de 2006	Reglamenta la destinación del 1% de la Inversión para la conservación de la cuenca hidrográfica.
Decreto 1575 de 2007	Establece el Sistema para la protección y control de la calidad del agua para consumo humano.
Resolución 974 de 2007	Establece el porcentaje del que trata el literal a) del artículo 5° del Decreto 1900 de 2006, relacionado con la inversión del 1%
Resolución 2115 de 2007	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.
Decreto 3930 de 2010	Reglamenta los usos del agua y los residuos líquidos.
Decreto 4728 de 2010	Por el cual se modifica parcialmente el Decreto 3930 de 2010, en sus Artículos 28, 35, 52, 61, 77 y 78.
Resolución 1514 de 2012	Adopta los Términos de Referencia para la Elaboración del Plan de Gestión del Riesgo para el Manejo de Vertimientos.

NORMA	DESCRIPCIÓN
Decreto 2667 de 2012	Reglamenta la tasa retributiva por la utilización del agua como receptor de los vertimientos.
Resolución 0631 de 2015	Por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones.
Decreto 2099 de 2016	Por el cual se modifica el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible, Decreto 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 1155 de 2017	Por el cual se modifican los artículos 2.2.9.6, 1.9" 2.2.9.6.1, 10. Y 2.2.9.6.1, 12. Del Libro 2, Parte 2, Título 9, Capítulo 6, Sección 1, del Decreto 1076 de 2015, Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible, en lo relacionado con la Tasa por Utilización de Aguas y se dictan otras disposiciones.
Resolución 0330 de 2017	Por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS y se derogan las resoluciones 1096 de 2000, 0424 de 2001, 0668 de 2003, 1459 de 2005, 1447 de 2005 y 2320 de 2009.
Decreto 50 de 2018	Por el cual se modifica parcialmente el Decreto 1076 de 2015, Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible en relación con los Consejos Ambientales Regionales de la Macrocuenca (CARMAC), el Ordenamiento del Recurso Hídrico y Vertimientos y se dictan otras disposiciones.
SUELO	
Ley 388 de 1997	Establece los Instrumentos de Ordenamiento Territorial.
Resolución 472 del 28 de febrero de 2017 (modificada por la Resolución 1257 de 2021)	Regula el cargue, descargue, transporte, almacenamiento y disposición final de escombros.
Decreto 2201 de 2003	Por el cual se reglamenta el artículo 10 de la Ley 388 de 1997.
RESIDUOS SÓLIDOS Y PELIGROSOS	
Decreto 2811 de 1974. Código nacional de los recursos naturales renovables y protección del medio ambiente	Artículo 35., reglamenta el manejo y disposición de residuos sólidos, establece los requerimientos para obtener el permiso de disposición de residuos sólidos.
Ley 9 de 1979	Establece restricciones para el almacenamiento, manipulación, transporte y disposición final de residuos sólidos y residuos peligrosos.
Resolución 2309 de 1986 (Ministerio de Salud)	Reglamenta la ley 9 de 1.979 y el decreto 2811 de 1974 sobre el tema de residuos especiales.
Resolución 472 del 28 de febrero de 2017 (modificada por la Resolución 1257 de 2021)	Regula el cargue, descargue, transporte, almacenamiento y disposición final de escombros, materiales, elementos, concretos y agregados sueltos, de construcción, de demolición y capa orgánica, suelo y subsuelo de excavación.

NORMA	DESCRIPCIÓN
Ley 253 de 1996 Congreso de Colombia	Se aprueba el Convenio de Basilea sobre el control de los movimientos transfronterizos de los desechos peligrosos y su eliminación, hecho en Basilea el 22 de marzo de 1989.
Decreto 0321 de 1999	Por el cual se adopta el Plan Nacional de Contingencia contra derrames de Hidrocarburos, Derivados y Sustancias Nocivas.
Decreto 2676 de 2000	Por el cual se reglamenta la gestión integral de los residuos hospitalarios y similares.
Decreto 1609 de 2002	Reglamenta el manejo y transporte terrestre automotor de mercancías peligrosas por carretera.
Resolución 1045 de 2003	Adopta la metodología para la elaboración de los planes de gestión integral de residuos sólidos – PGIRS.
Decreto 838 de 2005	Establece la norma para la disposición final de residuos.
Decreto 4741 de 2005	Reglamenta la Prevención y Manejo de Residuos Peligrosos.
Resolución 1362 de 2007	Establece los Requisitos y el Procedimiento para el Registro de Generadores de Residuos Peligrosos.
Resolución 1652 de 2007	Por la cual se prohíbe la fabricación e importación de equipos y productos que contengan o requieran para su producción u operación las sustancias agotadoras de la capa de ozono listado en los anexos a y b del protocolo de Montreal, y se adoptan otras determinaciones.
Ley 1252 de 2008	Dicta normas prohibitivas en materia ambiental, referentes a los residuos y desechos peligrosos.
Ley 1259 de 2008	Instaura en el territorio nacional la aplicación del comparendo ambiental a los infractores de las normas de aseo, limpieza y recolección de escombros.
Resolución 0371 de 2009	Por la cual se establecen Planes de Gestión de Productos Posconsumo de Fármacos y Medicamentos Vencidos.
Resolución 0372 de 2009	Por la cual se establecen Planes de Gestión de Productos Posconsumo de Baterías Usadas Plomo – Ácido.
Decreto 3695 de 2009	Reglamenta la Ley 1259 de 2008.
Resolución 1297 de 2010	Establece los Sistemas de Recolección Selectiva de Pilas y otros acumuladores.
Resolución 1457 de 2010	Establece los Sistemas de Recolección Selectiva de Llantas usadas.
Resolución 1511 de 2010	Establece los Sistemas de Recolección Selectiva de residuos de Bombillas.
Resolución 1512 de 2010	Establece los Sistemas de Recolección Selectiva de residuos de Computadores.
Ley 1672 de 2013	Establece los lineamientos para la adopción de una política pública de gestión de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE).
Decreto 2981 de 2013	Reglamenta la prestación del servicio público de aseo.
Resolución 1326 de 2017	Por la cual se establecen los Sistemas de Recolección Selectiva y Gestión Ambiental de Llantas Usadas y se dictan otras disposiciones.
Resolución 2184 de 2019	Por la cual se modifica la resolución 668 de 2016 sobre el uso de bolsas plásticas y se adoptan otras disposiciones

NORMA	DESCRIPCIÓN
RESIDUOS LÍQUIDOS, COMBUSTIBLES, ACEITES Y SUSTANCIAS PELIGROSAS	
Resolución 1705 de 1991 Ministerio de Transporte	Registro de transporte de combustible.
Resolución 415 de 1999 (Ministerio de Ambiente)	Establece los casos en los cuales se permite la combustión de los aceites de desecho y las condiciones técnicas para ello.
Decreto 1609 de 2002. Ministerio de Transporte	Reglamenta el manejo y transporte terrestre automotor de mercancías peligrosas por carretera. Tiene por objeto establecer los requisitos técnicos y de seguridad para el manejo y transporte de mercancías peligrosas por carretera en vehículos automotores en todo el territorio nacional, con el fin de minimizar los riesgos, garantizar la seguridad y proteger la vida y el ambiente.
Resolución 43 de 2007 (IDEAM)	Establece los estándares generales para el acopio de datos, procesamiento, transmisión y difusión de información para el registro de generadores de residuos o desechos peligrosos.
Ley 1252 de 2008. Congreso de Colombia.	Dicta normas prohibitivas en materia ambiental, referentes a los residuos y desechos peligrosos y se dictan otras disposiciones.
Ley 1252 de 2018, Congreso de la República de Colombia	Por la cual se dictan normas prohibitivas en materia ambiental, referentes a los residuos y desechos peligrosos y se dictan otras disposiciones
FAUNA	
Decreto 1608 de 1978	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 1681 de 1978	Reglamenta la Protección de Recursos Hidrobiológicos.
Ley 84 de 1989	Adopta el Estatuto nacional de protección a los animales.
Ley 165 de 1994	Aprueba el Convenio de Diversidad Biológica y lo incorpora a la legislación Nacional.
Decreto 309 de 2000	Reglamenta la investigación científica sobre diversidad biológica.
Ley 611 de 2000	Dicta normas para el manejo de especies de fauna silvestre y acuática.
Decreto 3016 de 2013	Por el cual se reglamenta el permiso de estudio para a recolección de especímenes de especies silvestres de la diversidad biológica con fines de elaboración de estudios ambientales.
Resolución 0192 de 2014	Declaran las especies silvestres que se encuentran amenazadas en el territorio nacional y se toman otras determinaciones.
FLORA	
Decreto 1383 de 1940	Adopta medidas para la defensa y aprovechamiento de bosques.
Ley 2 de 1959	Sobre economía Forestal de la Nación y Conservación de los Recursos Naturales Renovables.
Resolución 316 de 1974	Establece vedas para algunas especies forestales maderables.
Decreto 877 de 1976	Sobre Usos del recurso forestal.
Resolución 0213 de 1977	Establece en todo el territorio nacional la veda de musgos, líquenes, lamas, parásitas y orquídeas.

NORMA	DESCRIPCIÓN
Decreto 1715 del 4 de agosto de 1978.	Se reglamenta parcialmente el decreto - ley 2811 de 1974, la ley 23 de 1.973 y el decreto - ley 154 de 1976, en cuanto a protección del paisaje.
Ley 79 de 1986	Declara las áreas de reserva forestal protectora para la conservación y preservación del agua.
Ley 299 de 1996	Establece la protección de la flora colombiana y reglamenta los jardines botánicos.
Decreto 1791 de 1996	Establece el Régimen de Aprovechamiento Forestal.
Resolución 0801 de 1977	Establece en todo el territorio nacional, la veda de la Palma boba (Familias: Cyatheaceae y Dicksoniaceae).
Resolución 096 de 2006	Establece en todo el territorio nacional y por tiempo indefinido, la veda para el aprovechamiento forestal de la especie Roble (Quercus humboldtii).
Decreto 2372 del 2010	Reglamenta el Sistema Nacional de Áreas Protegidas y las categorías de manejo que la conforman.
Resolución 1526 de 2012	Establece el procedimiento para la sustracción de áreas en reservas forestales nacionales y regionales.
Resolución 1517 de 2012	Por la cual se adopta el Manual para la Asignación de Compensaciones por Pérdida de Biodiversidad.
Resolución 0256 de 2018	Adopta el manual de asignación de compensaciones por pérdida de biodiversidad.
Resolución 1428 de 2018	Modifica parcialmente la Resolución 0256 de 2018, en sus artículos 9, 10 y 12.
Resolución 3349 de 2017	Por medio de la cual se adoptan transitoriamente los lineamientos para establecer las medidas de compensación por pérdida de biodiversidad para los trámites ambientales de competencias de CORTOLIMA
Resolución 2272 de 2017	Por medio de la cual se adopta el portafolio de áreas prioritarias para la conservación de la biodiversidad como herramienta para la asignación de compensaciones ambientales obligatorias en el Departamento de Tolima
Resolución 0851 de 2022	Por la cual se desarrollan los artículos 2.2.7A.1.3, 2.2.7A.2.1, el numeral 3.1 del artículo 2.2.7A.2.2, el numeral 3 del artículo 2.2.7A.2.4, el artículo 2.2.7A.4.2 y el artículo 2.2.7A.4.4 del Título 7A del Decreto 1076 de 2015 - Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible sobre la gestión de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE) y se dictan otras disposiciones.
Resolución 0126 de 2024	Por la cual se establece el listado oficial de las especies silvestres amenazadas de la diversidad biológica colombiana continental y marino costera, se actualiza el comité Coordinador de Categorización de las Especies Silvestres Amenazadas en el territorio nacional y se dictan otras disposiciones
SOCIAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL	
Ley 163 de 1959	Por la cual se dictan medidas sobre defensa y conservación del patrimonio histórico, artístico y monumentos públicos de la Nación.
Decreto 264 de 1963	Por la cual se reglamenta la Ley 163 de 1959 y se aumenta el inventario de elementos considerados.

NORMA	DESCRIPCIÓN
Decreto 1715 de 1978	Reglamenta el Decreto-Ley 2811 de 1974, la Ley 23 de 1973 y el Decreto-Ley 154 de 1976, en cuanto a la protección del paisaje.
Ley 45 de 1983	Aprueba y suscribe el Convenio para la protección del patrimonio mundial, cultural y natural.
Ley 21 de 1991	Aprueba el Convenio número 169 sobre pueblos indígenas y tribales en países independientes.
Ley 70 de 1993	Derecho de las minorías negras.
Ley 134 de 1994	Dicta normas sobre mecanismos de participación ciudadana.
Ley 136 de 1994	Establece el régimen de la gestión municipal y de los planes de desarrollo local.
Decreto 1745 de 1995	Adopta el procedimiento para el reconocimiento del derecho a la propiedad colectiva de las Tierras de las Comunidades Negras.
Ley 397 de 1997	Dicta normas sobre patrimonio cultural, fomentos y estímulos a la cultura, crea el Ministerio de la Cultura.
Ley 388 de 1997	Desarrolla los preceptos constitucionales y legales, dando al ordenamiento territorial municipal las bases legales para su aplicación.
Ley 472 de 1998	Sobre Acciones Populares.
Decreto 1320 de 1998	Reglamenta la consulta previa con las comunidades indígenas y negras para la explotación de los recursos naturales dentro de su territorio.
Decreto 1996 de 1999 (Ministerio del medio ambiente)	Por el cual se reglamentan los artículos 109 y 110 de la Ley 99 de 1993 sobre Reservas de la sociedad civil.
Decreto 1686 de 2000.	Reglamenta los planes de ordenamiento territorial (POT).
Decreto 833 de 2002	Reglamenta parcialmente la Ley 397 de 1997 en materia del patrimonio arqueológico nacional.
Decreto 2350 de 2003	Reglamenta la Ley 743 de 2002.
Decreto 2201 de 2003	Reglamenta el artículo 10 de la Ley 388 de 1997; se decreta que los proyectos, obras o actividades considerados de utilidad pública e interés social se podrán adelantar en todo el territorio nacional, previo cumplimiento de requisitos de licenciamiento o instrumento administrativo de manejo y control ambiental por parte de la autoridad ambiental correspondiente.
Ley 850 de 2003	Reglamenta las veedurías ciudadanas.
Decreto 330 de 2007 (MAVDT)	Se reglamentan las audiencias públicas ambientales y se deroga el Decreto 2762 de 2005.
Ley 1185 de 2008	Modifica y adiciona la Ley 397 de 1997 – Ley General de Cultura. ley general de cultura- y se dictan otras disposiciones. Artículo. 6 y 7, numeral 1.4 plan de manejo arqueológico. El cual establece que, para los proyectos de construcción de redes de transporte de hidrocarburos, minería, embalses, infraestructura vial, así como en los demás proyectos y obras que requieran licencia ambiental, como requisito previo a su otorgamiento deberá elaborarse un programa de arqueología preventiva y deberá presentarse al instituto colombiano de antropología e historia un plan de manejo arqueológico.

NORMA	DESCRIPCIÓN
Decreto 763 de 2009	Reglamenta parcialmente las Leyes 814 de 2003 y 397 de 1997 modificada por medio de la Ley 1185 de 2008, en lo correspondiente al Patrimonio Cultural de la Nación de naturaleza material.
Decreto 2372 de 2010	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.
Conpes 3680 de 2010	Lineamientos para la consolidación del Sistema Nacional de Áreas Protegidas.
Decreto 2041 de 2014	Artículo 15°. Participación de las comunidades. Se debe informar a las comunidades el alcance del proyecto y valorar e incorporar en el estudio de impacto ambiental, cuando se consideren pertinentes, los aportes recibidos durante este proceso. En los casos que se requiera se debe adelantar el proceso de consulta previa con comunidades indígenas y negras tradicionales.
Decreto 138 de 2019	Por el cual se modifica la Parte VI "Patrimonio Arqueológico" del Decreto 1080 de 2015, Decreto Único Reglamentario del Sector Cultura. Documento soporte a la licencia con el que se da alcance al Parágrafo 1°. El acto administrativo que aprueba el registro de un Programa de Arqueología Preventiva es el único documento que da cumplimiento al numeral 8 del artículo 2.2.2.3.6.2. del Decreto 1076 del 2015.
MANEJO DE ESCOMBROS, MATERIAL REUTILIZABLE, MATERIAL RECICLABLE Y BASURAS	
Resolución 472 del 28 de febrero de 2017 (modificada por la Resolución 1257 de 2021)	Regula el cargue, descargue, transporte, almacenamiento y disposición final de escombros, materiales, elementos, concretos y agregados sueltos, de construcción, de demolición y capa orgánica, suelo y subsuelo de excavación.
Decreto 4741 de 2005 (Ministerio de Ambiente)	Reglamenta parcialmente la prevención y manejo de los residuos o desechos peligrosos generados en el marco de la gestión integral. Tiene por objeto prevenir la generación de residuos peligrosos, así como regular el manejo de los residuos generados con el fin de proteger la salud humana y el ambiente.
MANEJO DE OBRAS DE CONCRETO Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN	
Ley 685 de 2001. Código de minas	Define como materiales de construcción, los productos pétreos explotados en minas y canteras.
MANEJO DE LA SEÑALIZACIÓN, TRÁFICO Y VÍAS	
Resolución 5246 de 1985 (Ministerio de Transporte)	Dicta el manual de dispositivos para la regulación del tránsito en calles y carreteras.
Resolución 1050 de mayo de 2004 (Ministerio de Transporte)	Adopta el manual de señalización vial – dispositivos para la regulación del tránsito en calles, carreteras y ciclorutas de Colombia, de conformidad con los artículos 5°, 113, 115 y el parágrafo del artículo 101 de la ley 769 del 6 de agosto de 2002.
RIESGOS Y ATENCIÓN DE DESASTRES	
Decreto 321 de 1999 (Ministerio de Interior)	Adopta el plan nacional de contingencias contra derrames de hidrocarburos, derivados de sustancias nocivas en aguas marinas fluviales y lacustres.

Fuente: SGS Colombia S.A.S, 2024

2.2 ALCANCES

2.2.1 Alcance Técnico

La zona del proyecto se encuentra dentro del municipio de Armero (Guayabal) corregimiento de Guayabal

El proyecto consiste en la implantación de un "Parque solar fotovoltaico Heliconia de 60 MW y su línea de transmisión eléctrica a 115 kV hacia la Subestación San Felipe"

El Proyecto es promovido por iniciativa privada como parte del modelo de negocios de VOLTALIA, sociedad comercial con domicilio principal en la ciudad de Bogotá, D.C. que hace parte del Grupo Global VOLTALIA, empresa francesa fundada en 2005, generadora de energía y proveedora de servicios para la producción de electricidad a partir de fuentes no convencionales de energía renovable, a saber: energía solar, eólica, hidráulica y biomasa.

El proyecto Planta Solar Heliconia tomó como referencia estudios de datos de radiación y temperatura provenientes de la base de datos meteorológicos incluida en el software PVsyst, que justifican buenas condiciones de recurso para la transformación en energía eléctrica. La energía generada en la Planta Solar será transportada hacia la subestación San Felipe a través de una línea de media tensión 115 kV de una longitud aproximada de 7,380 km que conectará la planta de generación al Sistema de Transmisión Nacional (STN).

El proyecto se concibe como un proyecto de generación mediante el uso de Fuentes No Convencionales de Energía Renovable (FNCR) incentivado por el gobierno colombiano a través de la Ley 1715 de 2014¹, la Ley 2099 de 2021² y demás normas del ordenamiento jurídico nacional que promueven la utilización de FNCR para generación de energía, como parte de las estrategias de política pública para la reducción de gases de efecto invernadero y en el marco de la transición energética de nuestro país. Los elementos de diseño claves para el desarrollo del proyecto son la topografía de la zona y el recurso solar disponible.

- **Parque solar fotovoltaico Heliconia 60 MW**

El proyecto "parque solar fotovoltaico Heliconia 60 MW" consiste en la instalación y operación de aproximadamente 114.143 módulos fotovoltaicos para generar energía eléctrica a través del uso de energía solar, con una potencia pico instalada de 72,28 MWp (DC Power) equivalente a una potencia nominal final de 60 MW (Potencia AC), una subestación elevadora y sus respectivas obras complementarias.

El área del predio donde se proyecta construir el parque Solar Heliconia de 60 MW es de aproximadamente 175,95 ha que corresponden a la Hacienda El Coco, ubicado en la vereda Nuevo Horizonte del municipio de Armero (Guayabal), Tolima y tendrá una subestación elevadora en la cual se realizará la transformación de la tensión de 34,5 kV a 115 kV. Es importante resaltar que de las 175,95 ha correspondientes al predio, se

¹ Por medio de la cual se regula la integración de las energías renovables no convencionales al Sistema Energético Nacional.

² Por medio de la cual se dictan disposiciones para la transición energética, la dinamización del mercado energético, la reactivación económica del país y se dictan otras disposiciones.

pretende intervenir por el proyecto un total de 102,36 ha para implantación de paneles, centros de transformación, cerramiento entre otros.

- **Métodos constructivos**

- **Replanteo topográfico y demarcación**

Previo a las actividades de obra civiles, se deben realizar los trabajos de topografía para georreferenciar y materializar por medio de estacas los puntos de cortes y rellenos, y las áreas que únicamente se deben intervenir para el parque solar.

- **Remoción de la cobertura vegetal y descapote**

Esta actividad corresponde al desmonte y descapote del terreno natural en el caso de que se requiera. Esta actividad incluye la remoción de la capa vegetal y de materiales blandos sobre los sitios que ameriten, dentro de lo autorizado por la licencia ambiental.

- **Movimiento de tierras (excavación, cortes y rellenos)**

Los procesos de excavaciones, cortes y rellenos se realizan para llegar al nivel del terreno requerido en el diseño del Parque Solar.

- **Adecuación de obras de drenaje**

Consiste en la construcción de cunetas u otro tipo de obra, que se requiera para el manejo de las aguas de escorrentía, durante las obras civiles que se realicen en el área de intervención del parque solar.

- **Excavación, cimentación, relleno y compactación de materiales**

Los procesos de excavaciones, cortes y rellenos compensados se realizan para llegar al nivel del terreno requerido en el diseño de las áreas, para la instalación de los paneles e instalaciones de apoyo del Parque Solar.

- **Montaje de estructura de soporte de módulos fotovoltaicos**

Corresponde a la instalación de los módulos solares, instalación de paneles, inversores y centros de transformación. Los inversores se instalan de forma modular. Estos son alimentados de los paneles fotovoltaicos y se conectan a la red directamente, con el fin de no generar ningún tipo de acumulación.

- **Instalación conexión eléctrica (cableado, puesta a tierra, protecciones)**

Corresponde a la instalación de la conexiones eléctricas de baja y media tensión de orden soterrado, las cuales conectarán los paneles solares con los inversores y centros de transformación.

- **Subestación Elevadora (S/E)**

Los conductores que transportan la corriente eléctrica proveniente de los centros de transformación se canalizan de forma subterránea hasta la Subestación elevadora del Parque Solar Fotovoltaico Heliconia. La red de media tensión que conecta los centros de transformación a la subestación elevadora opera a 34,5 kV.

La Subestación elevadora será tipo AIS, estará compuesta por una posición de transformador de línea con una capacidad de 60 MW y transformará los niveles de tensión de 34,5 kV (salida de los centros de transformación) a 115 kV (línea de transmisión para conexión en la subestación San Felipe).

Esta subestación estará formada por un parque de intermedia 34.5/115 kV con configuración de línea – transformador, un tren de celdas interior a nivel de 34,5 kV y servicios auxiliares.

- **Infraestructura de transmisión eléctrica**

La ingeniería de la Línea de Transmisión del Parque Solar Fotovoltaico Heliconia se conectará a la subestación San Felipe en 115 kV. La línea de conexión tendrá una longitud aproximada de 7,42 km y será en circuito sencillo.

El proyecto contempla la conexión a la Subestación San Felipe mediante una línea de transmisión de aproximadamente 7,42 km con un derecho de vía de 20 m discurrendo por las veredas de Sector San Felipe la ceiba (Armero), La Lajosa (municipio de Falan), Fundadores (Armero), paraíso/fundadores (Armero) y La Esperanza – Santa Cecilia (Armero).

- **Tipo de estructuras y cantidad**

La Línea de Transmisión se construirá con un total de veintinueve (29) estructuras metálicas tipo "caregato" y "delta" para circuito sencillo en todo el trayecto; serán en celosía autosoportadas, sin incluir los pórticos de llegada a las subestaciones elevadora del proyecto Heliconias y de San Felipe a 115 kV. Las estructuras tendrán forma tronco piramidal, fabricadas con perfiles de acero resistentes a la corrosión, apemados entre sí, de alta resistencia, de acuerdo con el diseño estructural de las mismas.

Se dispondrá de un área máxima de 10 m x 10 m para cada una de las torres a instalar en el proyecto.

Para el desarrollo del proyecto se adecuarán sitios donde se localizarán las áreas de trabajo temporal durante la etapa de construcción, que corresponden principalmente a las siguientes infraestructuras: dos (2) plazas de tendido, una zona de acopio para la línea de transmisión, para el área del parque solar se tiene previstos tres (3) centros de acopio y un campamento

- **Cimentaciones**

La excavación para las cimentaciones de las torres debe ser mecánica debido a los grandes volúmenes de tierra que se debe mover, el cual resulta excesivo para realizarse de forma manual y el material sobrante debe colocarse al menos a 3 metros de distancia del borde de la excavación para evitar derrumbes de tierra.

La excavación en limos, arcillas o suelos húmedos en los cuales exista el riesgo de deslizamiento, deberán dejarse abiertas el menor tiempo posible y adicionalmente se entibarán a partir de una profundidad superior a 1,5 m. Cuando sea necesario, toda la excavación debe protegerse por cercas o taparse con cubiertas fuertes removibles según sea el caso.

Para la construcción de las cimentaciones en zonas con nivel freático alto, se debe contar con el equipo de bombeo suficiente y adecuado para conservar secas las excavaciones durante estas operaciones. Se deberán tomar las medidas preventivas del caso para evitar que el agua desalojada cause erosión.

Se separará el material apto para rellenos y lo acumulará a un lado de la excavación a una distancia no menor a 3 metros del borde excavado. Los materiales sobrantes o de desecho, deberán esparcirse uniformemente alrededor del sitio de estructura y de tal forma que no se obstruya el drenaje natural, ni se afecten las áreas adyacentes a causa de su mala disposición mientras son llevados a los depósitos de materiales designados.

El cemento deberá cumplir con los requisitos de las especificaciones para cemento Portland ASTM C150, tipo I con la exigencia adicional de que el contenido de álcalis no debe exceder al 0,60% medido como óxido de sodio equivalente. Tanto en el transporte, como en la bodega y sitio de la obra debe protegerse adecuadamente de la humedad y de la contaminación. No podrá usarse en el trabajo cemento regenerado o cemento que contenga terrones, o que presente falso fraguado.

Las partículas de arena y gravas deberán estar compuestas por fragmentos de roca dura, densa, durable, libres de cantidades objetables de polvo, materia orgánica, álcalis, mica, pizarra o partículas de tamaño mayor que el especificado.

- **Adecuación de sitios de estructuras (remoción, descapote, explanación y excavación)**

Contempla la ejecución de acciones que permitan despejar las coberturas vegetales existentes en los sitios de torres, esto comprende la remoción de la capa superficial, la extracción de todas las raíces, troncos y demás, así como explanación y excavación para cimentaciones en el sitio de la estructura de acuerdo con las especificaciones técnicas del diseño. Esta actividad traerá consigo la generación de residuos, como sobrantes de excavación y material vegetal.

- **Cimentación, relleno y compactación en sitios de estructuras**

Incluye la instalación de acero de refuerzo, fundición de concreto, relleno y conformación final del sitio de instalación de cada uno de los apoyos de la estructura, de acuerdo con la cimentación seleccionada para cada sitio de estructura.

Se realizará el relleno y reconfiguración del terreno. De acuerdo con las recomendaciones geotécnicas del diseño detallado se reincorporará el material excavado si cumple con las condiciones requeridas para su uso.

- **Construcción de fundaciones, edificaciones, obras de infraestructura**

Comprende la construcción de las fundaciones para: Los pórticos que reciben los conductores de las líneas de transmisión eléctrica; los soportes para los equipos de los patios de potencia, y los requeridos para la casa de control donde estarán alojados los equipos de control y protecciones para las bahías de línea.

- **Montaje de torres**

El montaje de las torres se realiza en cada uno de los sitios a intervenir mediante el ensamblaje de elementos y secciones en el piso para posteriormente llevar a cabo el armado en sentido ascendente con ayuda de grúas, malacates, plumas y poleas.

- **Despeje de servidumbre, patios o plazas de tendido**

Hace referencia al despeje de la vegetación a lo largo de la línea en un ancho, faja o trocha que permita realizar las labores de tendido e izado del conductor y cable de guarda. Así mismo se realizará aprovechamiento forestal de aquella vegetación que genere riesgo a la línea debido a que no cumple con las distancias de seguridad definidas, hecho que depende de la configuración en planta y en perfil del proyecto, de la topografía y del tipo y altura de la vegetación.

- **Tendido e izado del conductor (Obras Eléctricas)**

Corresponde al tendido de conductores y cable de guarda a lo largo de la línea de transmisión, apoyándolo sobre las estructuras previamente instaladas. Se instalarán los aisladores de retención y las poleas temporales para tensionar los cables conductores y de guarda para la posterior instalación de los aisladores de suspensión.

- **Desmonte de instalaciones en áreas de uso temporal**

Se procede a retirar todos los elementos e instalaciones transitorias que sirvieron de apoyo al proceso constructivo. Es la última actividad que se realiza en la etapa de construcción y consiste en adelantar las acciones necesarias para recuperar los sitios de torre y zonas intervenidas durante la construcción y en dejar las instalaciones usadas como plazas de tendido y accesos en condiciones similares a las iniciales.

- **Construcción de obras de protección y estabilización**

Consiste inicialmente en la identificación de sitios de torre o zonas aledañas que requieren obras de protección o estabilidad geotécnica. Una vez identificados, se lleva a cabo el diseño y construcción de obras y acciones destinadas a proteger y mantener estables los sitios de torre, así como prevenir y controlar posibles procesos erosivos alrededor de las

áreas intervenidas. Los tipos de obra serán los recomendados en los estudios geotécnicos según el análisis y necesidades cada zona en particular.

2.2.2 Alcance del EIA

El presente estudio proporciona la información necesaria para identificar y evaluar los impactos socio-ambientales generados por el proyecto Parque Solar Fotovoltaico, con capacidad instalada de 60 MW y su línea de transmisión eléctrica de 115 kV hacia la Subestación San Felipe ubicado en el municipio de Armero Guayabal y Falan, en el departamento del Tolima; con el fin de aportar los elementos requeridos para que la Corporación Autónoma Regional del Tolima - CORTOLIMA, otorgue la licencia ambiental y poder iniciar las actividades de construcción del proyecto, evitando o minimizando los riesgos, efectos e impactos negativos y potenciando los efectos positivos que genera la construcción del mismo.

Siguiendo los lineamientos que establecen los Términos de Referencia Específicos para la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental para el proyecto Parque Solar Heliconia 60 MW y su línea de transmisión eléctrica de 115 kV se ha realizado con información recopilada en diversas visitas técnicas de reconocimiento realizadas a la zona del proyecto por parte de un equipo interdisciplinario de profesionales.

Los aspectos que se tuvieron en cuenta hacen referencia al entorno geográfico, el uso de recursos naturales, sociales y culturales, las características de las obras, las medidas de manejo, mitigación, control y/o compensación para cada uno de los impactos socioambientales identificados con sus estrategias y medidas de manejo, seguimiento y control y un plan de gestión y mitigación de riesgos que puedan ocurrir asociados a las operaciones del proyecto en el área de influencia definida para el mismo.

De acuerdo con lo anterior, en la **Tabla 2-3** se presenta la estructura del presente Estudio de Impacto Ambiental.

Tabla 2-3 Estructura del EIA para el proyecto Parque Solar Fotovoltaico Heliconia 60 MW y su línea de transmisión eléctrica a 115 kV hacia la Subestación San Felipe

CAPÍTULOS EIA		
ITEM	IDENTIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN
Resumen ejecutivo	Resumen Ejecutivo	En este resumen se presenta una síntesis general del Estudio de Impacto Ambiental para el proyecto, en el cual 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 socioeconómicos 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 gestión del riesgo, de desmantelamiento y abandono y de compensación por pérdida de biodiversidad.
Capítulo 1	Objetivos	Se describen los objetivos generales y específicos del EIA y del proyecto Parque Solar Fotovoltaico Heliconia 60 MW y su línea

CAPÍTULOS EIA		
ITEM	IDENTIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN
		de transmisión eléctrica a 115 kV hacia la Subestación San Felipe.
Capítulo 2	Generalidades	Contiene la presentación de los antecedentes del proyecto, incluyendo la justificación, las actuaciones ante las entidades y autoridades competentes, la identificación de áreas ambientalmente sensibles y estratégicas en el área de influencia del proyecto. Los alcances del estudio, así como la estructura y contenido del documento. Se especifican los mecanismos y métodos de recolección, procesamiento y análisis de la información, el grado de incertidumbre de esta y las fechas en las que se llevó a cabo el estudio especificado por cada uno de los medios biótico, abiótico y socioeconómico.
Capítulo 3	Descripción del proyecto	Contiene la localización y descripción de las actividades asociadas al desarrollo del proyecto Parque Solar Fotovoltaico Heliconia 60 MW y su línea de transmisión eléctrica a 115 kV hacia la Subestación San Felipe. Se presentan las características de la infraestructura existente, las fases y actividades del proyecto, así como las especificaciones de la infraestructura a construir. Adicionalmente se presentan los costos, y cronograma del proyecto y la estructura organizacional para la ejecución del proyecto.
Capítulo 4	Área de Influencia	En este capítulo se identifican y definen las áreas de influencia para los medios abiótico, biótico y socioeconómico, así como el área de influencia general del proyecto, teniendo en cuenta los alcances del proyecto y la trascendencia de los impactos significativos sobre cada uno de los componentes que conforman los medios biótico, abiótico y socioeconómico.
Capítulo 5	Caracterización del área de influencia del proyecto: medios abiótico, biótico y socioeconómico	En este capítulo se presenta la descripción y caracterización del estado actual de los medios abiótico, biótico y socioeconómico, mediante la aportación de información cualitativa y cuantitativa tomada de fuentes primarias y secundarias. El objetivo de la caracterización es poder realizar una adecuada comparación de las variaciones de las características de los medios durante el desarrollo de las actividades del proyecto.
Capítulo 6	Zonificación ambiental	Se realiza un análisis integral con base en la información de la caracterización ambiental y la normatividad ambiental vigente, para realizar una zonificación ambiental del área de influencia en función de las actividades identificadas sin proyecto, de acuerdo con las condiciones de sensibilidad de los medios abiótico, biótico y socioeconómico, y susceptibilidad ante los fenómenos naturales y antrópicos.
Capítulo 7	Demanda, uso, aprovechamiento y/o afectación de recursos naturales	En este capítulo se establecen los requerimientos y afectaciones de uso y aprovechamiento de los recursos naturales para el desarrollo del proyecto de acuerdo con su proyección y las características técnicas.
Capítulo 8	Evaluación ambiental	Contiene la identificación y evaluación de los impactos con base en la caracterización ambiental del área de influencia del proyecto, analizando las condiciones generales sin los efectos del proyecto, lo cual constituye la base para analizar como el proyecto las modificará. Por tanto, se determinan y evalúan los impactos en dos escenarios: sin proyecto y con proyecto. En este

CAPÍTULOS EIA		
ITEM	IDENTIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN
		capítulo se incluye la valoración económica de los impactos, es decir el análisis costo beneficio, el cual corresponde a una estimación del valor económico de los beneficios y costos ambientales que potencialmente generará la ejecución del proyecto, a partir de la cuantificación monetaria de los impactos ambientales (positivos y negativos) significativos o relevantes en el contexto ambiental y social del área de influencia.
Capítulo 9	Zonificación de manejo ambiental de proyecto	Contiene la determinación de la zonificación de manejo ambiental del proyecto, a partir de la zonificación ambiental y la evaluación de impactos, con lo cual se establecen las áreas que no pueden ser intervenidas por las actividades del proyecto (áreas de exclusión), las áreas donde se pueden desarrollar las actividades del proyecto con manejos especiales o ciertas restricciones (Áreas de intervención con restricciones), y las áreas donde se puede desarrollar el proyecto con un manejo ambiental acorde a las actividades (áreas de intervención).
Capítulo 10	Planes y programas	Se presentan: Plan de Manejo Ambiental con los programas de manejo ambiental orientados a la prevención, control, mitigación y compensación de los potenciales impactos derivados de las actividades relacionadas con el desarrollo del proyecto. Plan de Seguimiento y Monitoreo con las acciones y mecanismos a desarrollar y emplear con el objetivo de controlar y monitorear la ejecución, cumplimiento y correcto desarrollo de las medidas del Plan de Manejo y conocer la tendencia de alteración del medio. Plan de Gestión del Riesgo que contiene el análisis de riesgos frente a emergencias ambientales, y los lineamientos para prevenir, atender, y controlar adecuada y eficazmente la emergencia. Plan de Desmantelamiento y Abandono donde se presentan las actividades necesarias para realizar el abandono, desmantelamiento, y restauración de obras temporales del proyecto, así como las propuestas de uso final del suelo de las áreas intervenidas, con el fin de incorporarlas nuevamente al medio circundante. Plan de Compensación del medio biótico el cual contiene el cálculo de las áreas de ecosistemas a afectar por el proyecto, el factor de compensación y el área total a compensar.
Bibliografía		Se incluyen los documentos y las fuentes de información secundaria que fueron consultadas para el desarrollo del estudio.

Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024

2.2.3 Limitaciones y/o Restricciones del EIA

Para la realización del presente Estudio de Impacto Ambiental - EIA no presentó ningún tipo de limitación y/o restricción en cuanto al levantamiento de información primaria y/o secundaria, tampoco en la consolidación del documento.

2.2.4 Superposición y coexistencia de proyectos

El análisis de superposición y coexistencia del proyecto "Parque Solar Fotovoltaico Heliconia 60 MW y su línea de transmisión eléctrica a 115 kV hacia la Subestación San Felipe", corresponde a lo establecido en el Decreto 1076 de 2015, Capítulo 3 Licencias Ambientales, sección 6 Trámite para la obtención de la licencia ambiental, artículo 2.2.2.3.6.4 Superposición de proyectos, con el fin de identificar y determinar la coexistencia de los proyectos existentes que presenten superposición, asimismo analizar los impactos ambientales generados por el proyecto y los proyectos que presentan superposición (ver Anexos\Anexo7EvaluacionAmbienta\7.2Superposicion /).

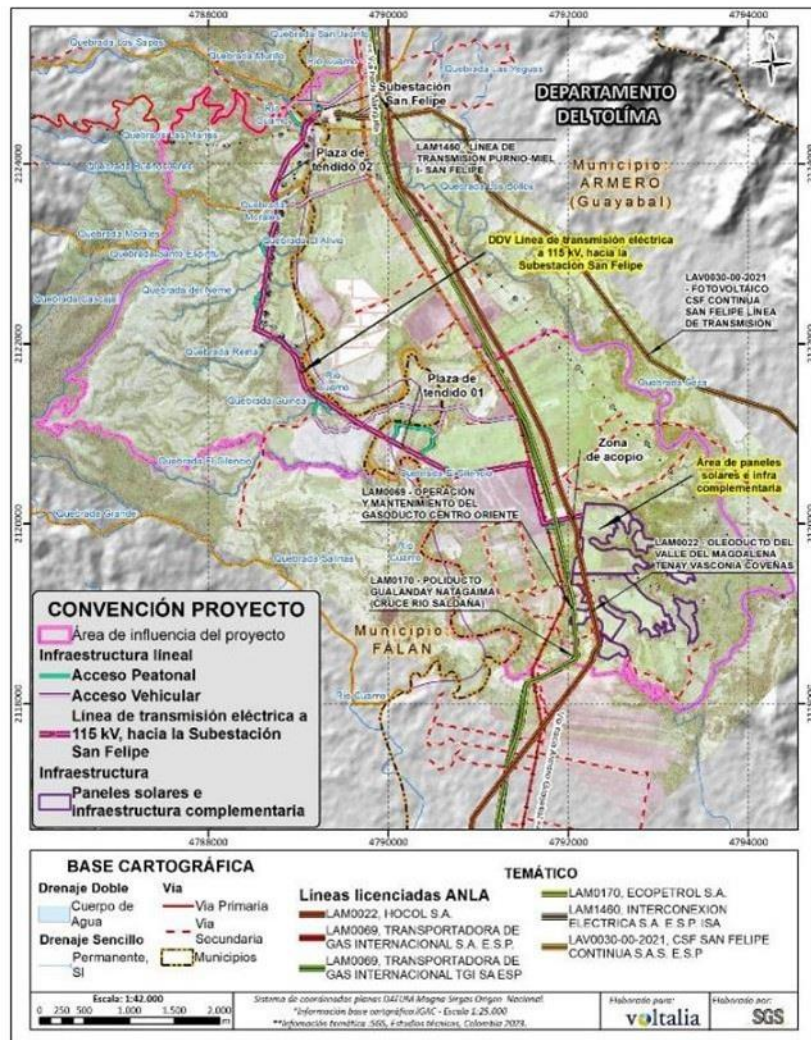
En la **Tabla 2-4** y la **Figura 2-1** se presentan los proyectos en superposición con el área de influencia del proyecto en mención.

Tabla 2-4 Proyectos en superposición con el área de influencia del proyecto

Expediente	Sector	Titular	Proyecto	Acto Administrativo	Fecha
LAM0069	Hidrocarburos	TRANSPORTADORA DE GAS INTERNACIONAL TGI SA ESP	OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL GASODUCTO CENTRO ORIENTE	778	1995-07-25
LAM0022	Hidrocarburos	HOCOL S.A.	OLEODUCTO DEL VALLE DEL MAGDALENA TENAY VASCONIA COVEÑAS	136	1989-02-02
LAM0170	Hidrocarburos	CENIT TRANSPORTE Y LOGISTICA DE HIDROCARBUROS S.A.S	POLIDUCTO GUALANDAY NATAGAIMA (CRUCE RIO SALDAÑA)	284	1994-09-07
LAM1460	Energía	INTERCONEXION ELECTRICA S.A. E.S.P. ISA	LÍNEA DE TRANSMISIÓN PURNIO-MIEL I- SAN FELIPE	1005	2000-10-05
LAV0030-00-2021	Energía	CSF SAN FELIPE CONTINUA S.A.S. E.S.P.	FOTOVOLTAICO CSF CONTINUA SAN FELIPE LÍNEA DE TRANSMISIÓN	2168	2021-11-30

Fuente: a partir de(Autoridad Nacional de Licencias Ambientales-ANLA, 2023) , SGS Colombia S.A.S.,2024

Figura 2-1 Localización proyectos en superposición presentes en el área de influencia



DDV: Servidumbre del proyecto
Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024

2.3 METODOLOGIA

2.3.1 Definición, Identificación y Delimitación del Área de Influencia

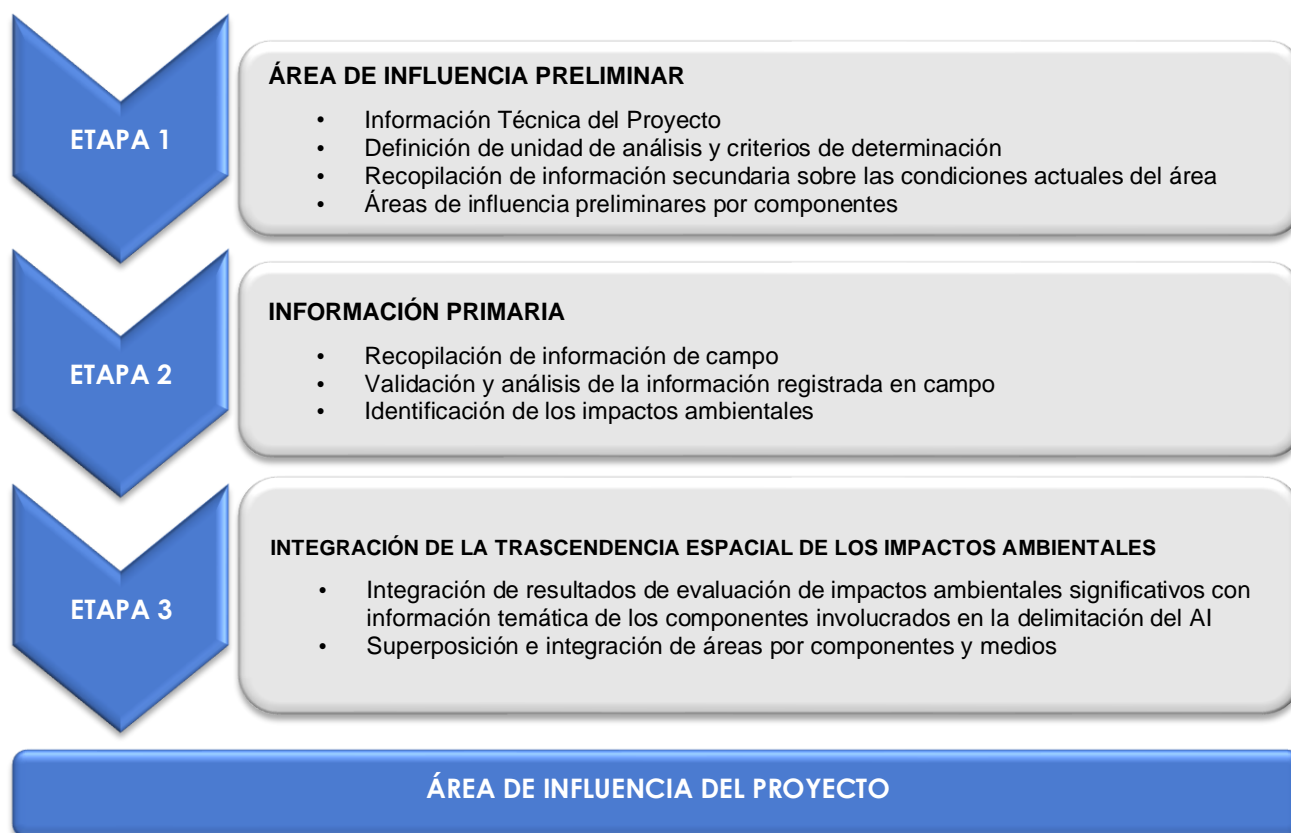
La definición de Área de Influencia para el proyecto se realizó a partir de un proceso iterativo de acuerdo con lo establecido en la Guía para la definición, identificación y delimitación del área de influencia emitidos por la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales, 2018, y los Términos de Referencia Específicos para la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental para el proyecto Parque Solar Fotovoltaico Heliconia 60 MW y su línea de transmisión

eléctrica de 115kV hacia la Subestación San Felipe emitidos por la Corporación Autónoma Regional del Tolima CORTOLIMA.

Para la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental – EIA del Proyecto, se definió un procedimiento que permitió establecer áreas de influencia preliminares para cada uno de los medios de acuerdo con los potenciales impactos significativos del proyecto, que se manifiestan sobre los diferentes componentes que los conforman y, con base a la caracterización ambiental del territorio se desarrolla la evaluación ambiental para posteriormente, validar los impactos con carácter significativo que determinan la delimitación definitiva del área de influencia del proyecto.

El contexto general del proceso que se llevó a cabo para la definición y delimitación del Área de Influencia Preliminar y Definitiva del Proyecto se presenta en la **Figura 2-2**, teniendo en cuenta que ésta determina el marco espacio-territorial de investigación, descripción y análisis para el estudio:

Figura 2-2 Proceso General de definición y delimitación del Área de influencia del proyecto



Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024.

2.3.1.1 Etapa 1: Área de influencia preliminar

Esta etapa se inició con la recopilación de información existente relacionada con cada uno de los medios (Abiótico, biótico y Socioeconómico), así como el uso y aprovechamiento de recursos naturales previstos en la ejecución del proyecto, posteriormente, se procede a delimitar el área de cada componente de acuerdo con las áreas de intervención del proyecto, las unidades de análisis de cada uno de ellos y la información secundaria relacionada, para establecer criterios de delimitación, tales como buffer, límites naturales, límites artificiales, actividades e infraestructura existente, entre otros.

Las áreas de influencia preliminares delimitadas por cada componente son superpuestas y la integración de estas generan en primera instancia el área de influencia preliminar de cada medio y así mismo, se superponen áreas por medio para obtener el área de influencia preliminar del proyecto.

2.3.1.2 Etapa 2: Información primaria

Con base en los hallazgos generados en la etapa de campo, se procesó la información que permitió tener un mayor detalle en cuanto a las características de los elementos ambientales que podrían ser afectados durante el desarrollo y operación del proyecto. El procesamiento de información otorga la posibilidad de predecir con una mayor exactitud los cambios en cada componente, y esto a su vez, permitió realizar una adecuada calificación en la matriz de impactos ambientales, la cual fue elaborada considerando aspectos como, las características del medio, las actividades del proyecto y los posibles cambios ocasionados; con base en lo anterior, se realizó un ajuste a las áreas preliminares de los componentes ambientales y así se obtuvo las áreas de influencia finales por cada medio y/o componente.

2.3.1.3 Etapa 3: Integración de la transcendencia de los impactos ambientales

A partir de los resultados obtenidos en la evaluación ambiental (capítulo 8) y de la información obtenida en campo (pos-campo) se identificaron los impactos que presentan interacciones (actividad e impacto) de alta significancia, los cuales representan especial importancia, puesto que, sobre ellos se realiza los análisis y se definen los criterios que permiten la definición y delimitación de área de influencia definitiva, mediante el ajuste o validación de las áreas preliminares.

Luego de establecer las áreas de influencia definitivas por componente, se realizó la unión o superposición de estas, con la finalidad de obtener un área definitiva por medio y finalmente un área de influencia definitiva del proyecto. En el capítulo 4 – Área de influencia, se describen a profundidad, los detalles del proceso llevado a cabo para la determinación de las áreas de influencia preliminares y definitivas.

2.3.2 Caracterización del Área de Influencia

2.3.2.1 Medio Abiótico

2.3.2.1.1 Geología

El módulo de geología tiene como objetivo describir las características de los materiales que constituyen el terreno del área de influencia. La caracterización del componente geológico para la estructuración de la línea base del Estudio de Impacto Ambiental, viene direccionada por la "Metodología General para la Presentación de Estudios Ambientales" del Ministerio de Ambiente del año 2018 y los "Términos de referencia específicos para la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental para el Proyecto Parque Solar Heliconia 60 MW y su Línea de Transmisión Eléctrica De 115 kV y metodologías específicas del componente, resultando en las siguientes etapas y actividades.

La geología servirá de base para caracterización de otros componentes como la geomorfología, las amenazas naturales, la estabilidad geotécnica e hidrogeología. El componente geológico se desarrollará en tres fases: la fase pre campo, la fase de campo y una fase post campo, las cuales se describen a continuación

- **Fase Pre-Campo**

La recolección de información para la caracterización del área de estudio comprende los ámbitos desde nivel regional a local direccionado por la delimitación geográfica del área de influencia a partir de sus coordenadas proyectadas; se parte de información de base abierta al público que permita definir los criterios de búsqueda específicos del componente, planos y memorias explicativas, también lineamientos clave como vías de acceso. El objetivo de esta fase es caracterizar la zona de interés a nivel de geología regional y el planteamiento de los puntos relevantes desde la percepción técnica a visitar durante la caracterización primaria en la fase posterior, comprender la evolución de la cuenca en la que se encuentra el área o su geología histórica y planear la movilización en campo; a nivel general esta etapa comprende las siguientes actividades:

- Acotamiento geográfico del área de interés para la consulta de información existente, por medio del estudio de cartografía base, imágenes satelitales y fotografías aéreas en software de Sistemas de Información Geográfica (SIG).
- Recopilación de información oficial por parte de las entidades líderes en el módulo como lo son el Servicio Geológico Colombiano (SGC) y Corporaciones Autónomas Regionales (CORTOLIMA); así mismo, información secundaria como estudios antecedentes y académicos.

La **Tabla 2-5** relaciona las fuentes de información consultadas para el componente geológico.

Tabla 2-5 Recopilación de información geológica

INFORMACIÓN CONSULTADA	AUTOR Y AÑO
Geología de la Plancha 207 Honda. Escala 1:100.000	Ingeominas, 1976
Geología del Departamento del Tolima. Escala 1:300.000	Ingeominas, 1999
Geología y geomorfología de la zona hidrográfica del Río Totare	Cortolima, 2017
Fase de diagnóstico POMCA-RR&V (CÓDIGO 2125-01)	Corcuencas, 2014
Campaña de exploración geotécnica planta solar Tolima 60 MW- Predio Heliconia-Guayabal, Tolima	Suelos&Geotecnia, 2023
Sensores Remotos	Sensor EarthScanner-JL-1KF01
Modelo de Elevación Digital	Modelo de elevación digital de Terreno (DTM) de 12 m de resolución

Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024

- Descripción de las unidades geológicas regionales a partir del planteamiento de la secuencia estratigráfica, correlación con otras unidades en diferentes regiones, litología, edad, origen, espesor y tipo de contactos entre unidades.
- Exposición de la cartografía geológica regional referente al área de interés.
- Planteamiento de puntos de interés para caracterización primaria en campo.

Con esa información se procedió a la planeación de la fase de campo, ubicando cincuenta y cinco (55) puntos de interés desde el punto de vista geológico en la fase de campo. Estos puntos se definen teniendo en cuenta: los principales contactos geológicos identificados en el mapa geológico preliminar, afloramientos detectados en las imágenes satelitales, contrastes topográficos por posibles estructuras tectónicas, zonas con poca densidad de información, y la infraestructura vial y facilidades de acceso (**Figura 2-3 y Tabla 2-6**).

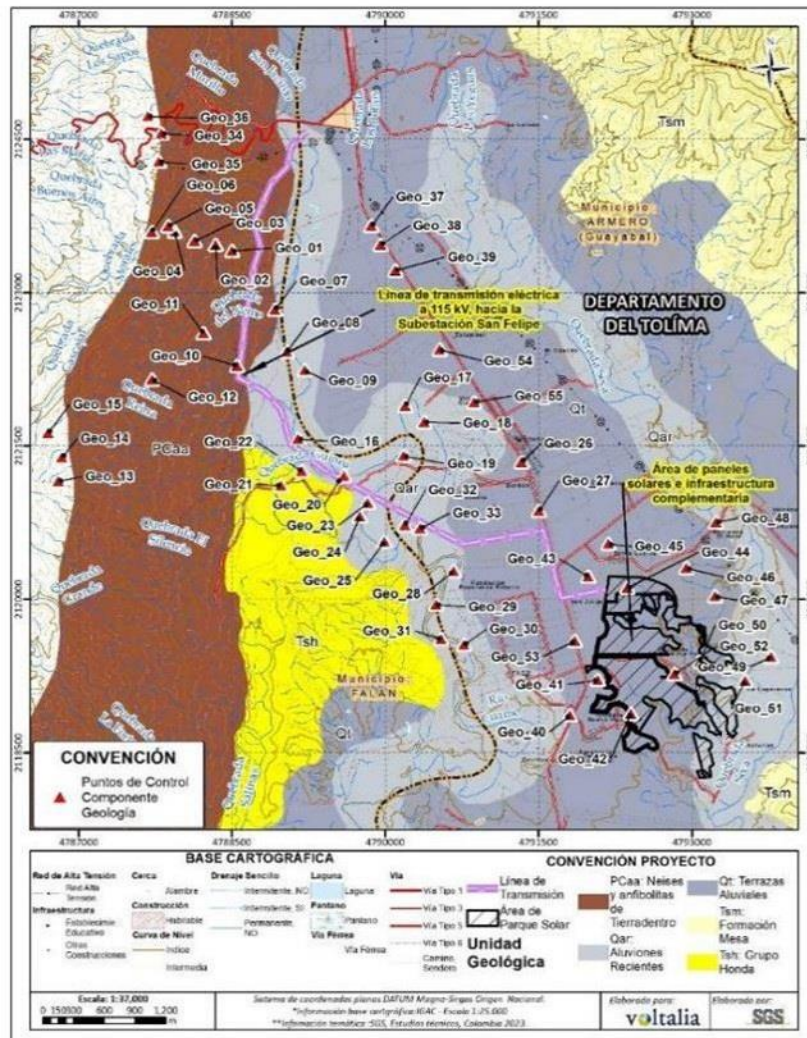
Tabla 2-6 Puntos geológicos propuestos.

ID	Coordenadas Magna Sirgas Origen Nacional		ID	Coordenadas Magna Sirgas Origen Nacional	
	Este	Norte		Este	Norte
GEO-01	4.788.499,51	2.123.405,47	GEO-28	4.790.667,64	2.120.271,48
GEO-02	4.788.339,70	2.123.465,79	GEO-29	4.790.495,76	2.119.946,35
GEO-03	4.788.134,91	2.123.501,78	GEO-30	4.790.769,99	2.119.550,36
GEO-04	4.787.938,06	2.123.592,79	GEO-31	4.790.546,47	2.119.607,51
GEO-05	4.787.875,62	2.123.646,77	GEO-32	4.790.191,05	2.120.724,58

ID	Coordenadas Magna Sirgas Origen Nacional		ID	Coordenadas Magna Sirgas Origen Nacional	
	Este	Norte		Este	Norte
GEO-06	4.787.716,87	2.123.591,73	GEO-33	4.790.340,91	2.120.689,02
GEO-07	4.788.920,03	2.122.828,21	GEO-34	4.787.810,23	2.124.556,25
GEO-08	4.789.035,39	2.122.419,69	GEO-35	4.787.786,53	2.124.278,54
GEO-09	4.789.210,01	2.122.238,72	GEO-36	4.787.679,42	2.124.723,18
GEO-10	4.788.548,76	2.122.279,99	GEO-37	4.789.863,83	2.123.650,45
GEO-11	4.788.222,37	2.122.601,30	GEO-38	4.789.953,57	2.123.464,19
GEO-12	4.787.719,03	2.122.150,45	GEO-39	4.790.097,51	2.123.215,27
GEO-13	4.786.799,97	2.121.151,17	GEO-40	4.791.805,40	2.118.862,90
GEO-14	4.786.835,53	2.121.384,00	GEO-41	4.792.078,45	2.119.205,80
GEO-15	4.786.701,76	2.121.621,92	GEO-42	4.792.402,30	2.118.878,77
GEO-16	4.789.14,38	2.121.567,03	GEO-43	4.791.986,37	2.120.219,90
GEO-17	4.790.196,94	2.121.889,55	GEO-44	4.792.367,37	2.120.108,77
GEO-18	4.790.382,15	2.121.732,92	GEO-45	4.792.183,22	2.120.537,40
GEO-19	4.790.181,07	2.121.401,66	GEO-46	4.792.945,22	2.120.302,45
GEO-20	4.789.596,87	2.121.203,75	GEO-47	4.793.227,80	2.120.026,22
GEO-21	4.788.979,77	2.121.109,71	GEO-48	4.793.237,32	2.120.750,12
GEO-22	4.789.183,61	2.121.250,04	GEO-49	4.793.773,90	2.119.432,49
GEO-23	4.789.828,65	2.120.940,17	GEO-50	4.793.075,40	2.119.384,87
GEO-24	4.789.750,76	2.120.806,40	GEO-51	4.793.519,90	2.119.200,72
GEO-25	4.789.991,21	2.120.560,86	GEO-52	4.792.827,75	2.119.264,22
GEO-26	4.791.333,12	2.121.341,95	GEO-53	4.791.853,02	2.119.591,24
GEO-27	4.791.501,60	2.120.861,04	GEO-54	4.790.531,23	2.122.440,64

Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024

Figura 2-3 Mapa geológico preliminar y puntos de control propuestos



Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024

• Fase de Campo

Esta etapa consistió en el levantamiento de información geológica directa, se realizó el recorrido de toda el área de influencia entre los días de enero de 2024, y se visitaron los puntos proyectados en la fase anterior comprobando la información planteada en principio.

El objetivo principal de esta fase fue verificar la presencia de las unidades geológicas y su disposición y comportamiento estratigráfico en afloramientos naturales existentes o depósitos asociados; se direccionó por las siguientes actividades:

- Corroboración de la información obtenida en la etapa previa por medio de recorridos in situ del área de influencia preliminar definida en el Capítulo 4 Área de influencia del presente estudio, complemento y detalle de las características planteadas y

descarte de aquellas que no tienen relevancia. En la **Tabla 2-8** se presenta el formato de levantamiento de información primaria.

- Identificación litológica macroscópica de unidades geológicas aflorantes, cualidades como composición, dureza, color, grado de alteración física y/o química, patrones texturales y a nivel general su disposición y continuidad estratigráfica.
- Registro fotográfico de los afloramientos con escala de referencia macro y más a detalle en caso de que sea posible descripción granulométrica, cada fotografía georreferenciada.

Las actividades de campo estarán encaminadas a realizar observaciones directas en afloramientos, tomando puntos de control geológico georreferenciados con un GPS 62S marca Garmin (que presenta un margen de error en la horizontal de ± 5 m y en vertical de ± 10 pies), en los que se realizan descripciones litológicas detalladas considerando tamaño de los clastos, forma-esfericidad, redondez, porosidad, permeabilidad, color, textura, matriz, composición y estructuras usando las siguientes clasificaciones y tablas comparativas:

- **Tamaño de grano:** Es el elemento descriptivo básico de las rocas y los depósitos detríticos, utilizado para la clasificación de estos. Se describen de acuerdo con la clasificación granulométrica representada en la escala de Udden-Wentworth (1922)³ (Ver **Tabla 2-7**).

³ Universidad de Oviedo, Prácticas de Petrología Sedimentaria, p. 1. Práctica A-3. 2009

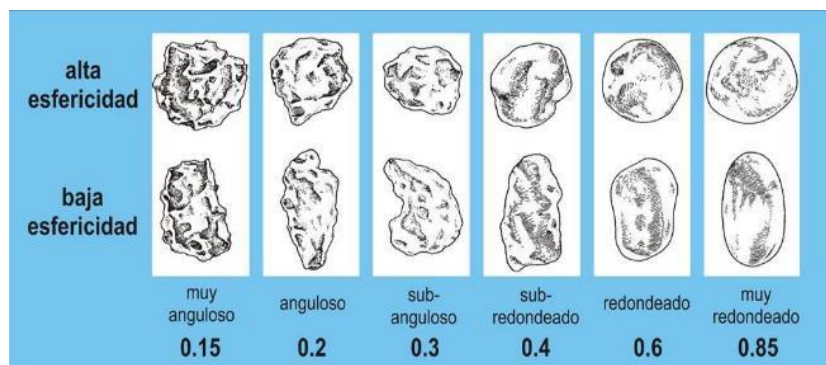
Tabla 2-7 Clasificación de tamaño de grano (Escala de Udden-Wentworth, 1922)

mm	phi	Elemento		Sedimento		Roca sedimentaria	
		Bloque		Grava	gruesa	Rudita: Conglomerado Brecha	
256	-8 ➤						
128	-7 ➤	Canto			media		
64	-6 ➤						
322	-5 ➤	Guijarro					
16	-4 ➤						
8	-3 ➤						
4	-2 ➤						
2	-1 ➤	Gránulo		Gravilla	fin		
1	0 ➤	Arena	muy gruesa	Arena	muy gruesa	Arenisca	
0,5	1 ➤		gruesa		gruesa		
0,25	2 ➤		media		media		
0,125	3 ➤		fin		fin		
0,062	4 ➤		muy fina		muy fina		
0,031	5 ➤	Limo	grueso	Limo	grueso	Lutita	Limonita
0,016	6 ➤		medio		medio		
0,008	7 ➤		fino		fino		
0,004	8 ➤		muy fino		muy fino		
0,002	9 ➤	Arcilla		Arcilla			Arcillita
0,001	10 ➤						

- Fuente: Universidad de Oviedo, 2009

- **Forma-Esfericidad-Redondez:** La forma es la relación entre las dimensiones de los ejes de un sistema triaxial ortogonal en el clasto. La esfericidad es un índice de la forma que mide la proximidad de un clasto a la forma de una esfera y la redondez, es un índice que expresa suavidad de los contornos de clastos y es independiente de la forma. La descripción de estos factores se realiza de acuerdo con la clasificación presentada en la **Figura 2-4**.

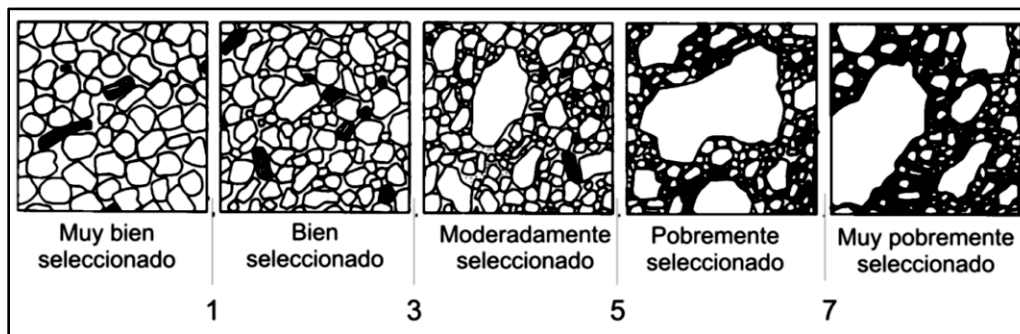
Figura 2-4 Clasificación de esfericidad y redondez.



Fuente: Modificado de Powers, 1953

- **Selección:** Es un índice estadístico sobre la distribución de tamaños de los clastos del esqueleto que expresa la cantidad de clases clastométricas presentadas en una roca o depósito y se clasifica como se presenta en la **Figura 2-5**.

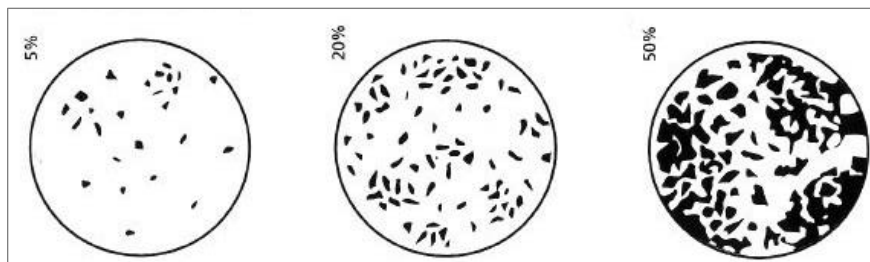
Figura 2-5 Clasificación de selección



Fuente: Modificado de Folk, 1968

- **Matriz:** Todas las rocas sedimentarias detríticas presentan, además de clastos (fragmentos de minerales y/o rocas erosionadas), una matriz de grano más fino y un cemento que dan cohesión al sedimento. Esta se puede determinar en porcentaje, comparativamente como se muestra en la **Figura 2-6**.

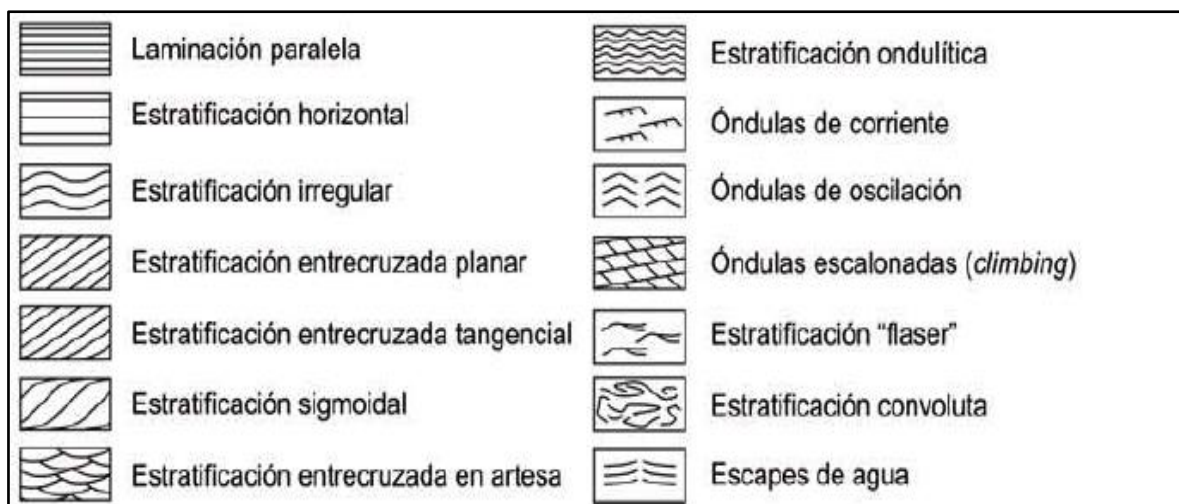
Figura 2-6 Porcentaje de matriz.



Fuente: Modificado de Folk, 1968

- **Estratificación:** En la descripción de las rocas y depósitos se expone la estructura relacionada con el tipo de estratificación observado. En la **Figura 2-7** se presentan los tipos más conocidos.



Figura 2-7 Tipos de estratificación.



Fuente: Universidad Nacional de La Plata, 2015.

Durante el desarrollo del reconocimiento geológico en campo se utilizan implementos como: mapa pre-campo, martillo geológico, lupa, brújula, tablas comparativas de texturas, escalas y flexómetro. La georreferenciación y descripción de cada estación, se registra en el formato que se muestra en la **Tabla 2-8** para la recolección de información geológica. También se realiza registro fotográfico en cada punto de control geológico.

Tabla 2-8 Formato de campo para la caracterización geológica.

					
FORMATO DE CONTROL DE CAMPO - GEOLOGÍA					
NOMBRE DEL PROYECTO:					ESTACIÓN #:
FECHA:		COORDENADAS:	ESTE		
			NORTE		
MUNICIPIO:			VEREDA:	PREDIO:	
ELABORADO POR:					
CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL					
AFLORAMIENTO	ROCA SEDIMENTARIA		ESQUEMA DEL AFLORAMIENTO Y DESCRIPCIÓN GENERAL		
	ROCA IGNEA				
	ROCA METAMÓRFICA				
	SUELO				
	DEPÓSITO				
DIACLASAS Y FRACTURAS	ÁNGULO				
	DISCONTINUIDAD				
	SEPARACIÓN				
	DENSIDAD DE FACTURA M2				
	CIRCULACIÓN DE AGUA				
ROCAS SEDIMENTARIAS Y SEDIMENTOS			ROCAS IGNEAS		
ESPESOR DEL AFLORAMIENTO:			VOLCÁNICA:		
ESPESOR DE LA CAPA:			HIPOABISAL:		
RUMBO:			PLUTÓNICA:		
BUZAMIENTO:			ULTRABÁSICA:		
CONTACTO:			BÁSICA:		
TIPO DE ESTRATIFICACIÓN:			INTERMEDIA:		
CARACTERÍSTICAS TEXTURALES			ÁCIDA:		
COLOR:			CLASIFICACIÓN EN MUESTRA DE MANO:		
TAMAÑO DE GRANO:					
SELECCIÓN:			FORMACIÓN:		
ESFERICIDAD:			ROCAS METAMÓRFICAS		
MATRIZ %: 5 20 50			FILITAS:		
CEMENTO VISIBLE:			ESQUISTOS:		
POROSIDAD: Visible No visible			NEIS:		
PERMEABILIDAD: Baja x Media Alta			CUARCITAS:		
PLASTICIDAD: Alta			MÁRMOL:		
CLASIFICACIÓN EN MUESTRA DE MANO:			CLASIFICACIÓN EN MUESTRA DE MANO:		
FORMACIÓN:			FORMACIÓN:		
METEORIZACIÓN					
NINGUNA		POCA		MODERADA	
				ALTA	
ESPESOR DE SUELO METEORIZADO			ESTADO DE DEGRADACIÓN		
DUREZA					
EXTRA FUERTE	MUY FUERTE	FUERTE	BLANDA	MUY BLANDA	EXTREMADAMENTE BLANDA

Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024.

• Fase Pos-campo

En la etapa pos-campo se procesó y correlacionó la información primaria y secundaria, y se procedió a la elaboración del documento técnico en donde se exponen las características geológicas del área de influencia detalladamente, actualizando la información de la fase inicial y concluyendo en los parámetros más significativos según el objetivo del EIA. El resultado se expresó en productos cartográficos y demás constituyentes, la descripción

composicional de los materiales de las unidades geológicas; se resaltan en general las actividades enunciadas a continuación:

- Planteamiento de las propiedades geológicas relevantes y pertinentes a los objetivos del estudio, detalladas con el control de campo de la fase anterior.
- Cartografía geológica de las unidades a escala local (1:25000 o menor), por medio de SIG, respetando la nomenclatura estipulada por el SGC o planteando un sistema de fácil entendimiento en caso de no tenerla; el manejo de la paleta de colores de las unidades cartografiadas también acorde a la autoridad geológica nacional según las edades de las unidades descritas y en afinidad a la cartografía regional; en la tabla de atributos del mapa se diligenciarán los campos requeridos por la GDB de la ANLA.

La nomenclatura de las unidades estratigráficas se asigna de acuerdo con lo establecido en la Metodología General para la Presentación de Estudios Ambientales (2018), la cual recomienda la Carta Estratigráfica Internacional (2000) de la IUGS (Internacional Unión of Geological Sciences), cuya codificación es utilizada oficialmente en Colombia por el SGC en el Atlas Geológico de Colombia (2002). Se genera el mapa geológico, su respectiva leyenda y memoria técnica. También se elabora un corte geológico que muestra la distribución y relaciones de las unidades presentes en el AI.

De acuerdo con la metodología ya mencionada, el documento del componente geológico tiene además de las descripciones litológicas y estructurales de las formaciones geológicas, la siguiente información:

- **Amenaza sísmica:** Con base en la información secundaria del Mapa de Amenaza Sísmica de Colombia (zonas con diferente aceleración del terreno (PGA)), de la información de eventos sísmicos de la Red Sismológica Nacional Colombia RSNC y del mapa de fallas activas de Colombia, se elabora mapas de Amenaza sísmica para el área del proyecto. De igual manera se registran los sismos a partir del registro histórico de SGC para saber cuál es el contexto sísmico, directamente a la zona de estudio

2.3.2.1.2 Unidades geológicas superficiales (UGS)

La caracterización de las Unidades Geológicas Superficiales - UGS intenta capturar el comportamiento geomecánico de las rocas y suelos, el cual está determinado principalmente por propiedades físicas como origen, litología, composición mineralógica, textura, dureza, condición estructural, grado de fracturamiento y de meteorización, granulometría, humedad y consistencia.

La clasificación de rocas y suelos está basada en el principio de que las propiedades físicas de dichos materiales en su estado actual, los cuales dependen de la combinación de otros factores como el origen, diagénesis, historia tectónica, metamorfismo y los procesos de

meteorización; los cuales gobiernan el comportamiento mecánico de dichos materiales (INGEOMINAS, 2004⁴).

A continuación, se detallan las etapas necesarias para la generación del mapa de UGS:

- **Fase pre-campo.**

Como este tipo de estudios es relativamente reciente en el país, es poca la información específica del tema elaborada por entidades oficiales que tenga cubrimiento en las diferentes regiones, por tanto, al carecer la zona de este tipo de cartografía se analizó la información temática para definir las UGS en el sitio, relacionada con los elementos de geología, geomorfología y pendientes y con los mapas preliminares elaborados de los mismos; inicialmente los puntos de control para este componente son equivalentes a los de geología y geomorfología (**Tabla 2-6;Tabla 2-18**).

- **Fase de campo**

Las actividades de campo estarán encaminadas a la recolección de información de suelos y del macizo rocoso, teniendo en cuenta cinco parámetros fundamentales: génesis, litología, propiedades ingenieriles, clasificación geomecánica, grado de meteorización y rasgos estructurales. Estas características serán obtenidas por medio de la descripción de afloramientos rocosos, pruebas índices de campo e información de las calicatas elaboradas para el componente de suelos.

- **Génesis:** Corresponde al origen del material, es decir a la formación geológica o depósito cuaternario del cual deriva la UGS.
- **Litología:** Es la descripción de la textura y composición mineralógica de rocas y suelos. Para el tamaño de grano, descripción de la forma, selección, porcentaje de matriz y estratificación se usan las clasificaciones y tablas comparativas presentadas previamente en la metodología del componente de geología, sin embargo, para la clasificación de las rocas con relación a su textura y estructura se usa el **Tabla 2-9**.

⁴ Propuesta metodológica para el Desarrollo de la Cartografía Geológica para Ingeniería. Volumen II. INGEOMINAS. Diciembre, 2004.

Tabla 2-9 Clasificación de las rocas en general según textura/estructura.

Textura fábrica	Tipo genético			Características
	Ígneas	Sedimentarias	Metamórficas	
Cristalina Masiva	Ígneas plutónicas y volcánicas de cualquier litología y composición	Sedimentarias químicas como la caliza o el chert	Metamórficas masivas, como cuarcita, mármol o neis con poca mica	Las rocas de este grupo son las más resistentes y menos deformables, independientemente de su origen y estas propiedades no están afectadas por direccionalidad
Cristalina Foliada			Metamórficas foliadas, como pizarra, esquistos, filita y neis con bastante mica	Estas rocas son resistentes, algo menos que las anteriores, y sus propiedades están direccionadas por los planos de esquistosidad y foliación
Clástica Consolidada		Clásticas de granulometría fina, que abarca las lutitas		Estas rocas presentan un comportamiento variable esfuerzo-deformación, y poseen direccionalidad de sus propiedades mecánicas. Las más resistentes son las variedades shale y argilita. De estas, las cementadas con sílice y carbonato de calcio son las más durables.
Clástica Cementada		Clásticas de granulometría gruesa, que abarca las areniscas y los conglomerados		
Rocas de falla o Brecha de falla	Cualquier litología afectada por fallamiento intenso			Presencia de brecha (fragmentos visibles > 30% de masa de roca); gouche (fragmentos visibles < 30% de masa de roca) y brechas trituradas (con fragmentos de roca entre > 0,5 cm y < 0,1 cm)

Fuente: SGC (2017)⁵

- **Propiedades ingenieriles:** son propiedades directamente relacionadas con el origen y composición y, en consecuencia, con el comportamiento geomecánico del material cuando se encuentra expuesto en superficie. Incluye: dureza o resistencia

⁵ Guía metodológica para la zonificación de amenaza por movimientos en masa escala 1:25.000. 2017, SGC, Bogotá, Anexo 3.2.2.

(Tabla 2-10), consistencia (Tabla 2-11), humedad (Tabla 2-12), plasticidad (Tabla 2-13), densidad relativa y compacidad (Tabla 2-14).

Tabla 2-10 Índices de campo para determinar la resistencia o dureza a la compresión.

Descripción	Identificación de campo
Suelo muy blando	El puño penetra fácilmente varios cm.
Suelo blando	El dedo penetra fácilmente varios cm.
Suelo firme	Se necesita una pequeña presión para hincar el dedo.
Suelo rígido	Se necesita una fuerte presión para hincar el dedo.
Suelo muy rígido	Con cierta presión puede marcarse con la uña.
Suelo duro	Se marca con dificultad al presionar con la uña.
Roca extremadamente blanda	Se puede marcar con la uña.
Roca muy blanda	Al golpear con la punta del martillo la roca se desmenuza. Con la navaja se talla fácilmente.
Roca blanda	Al golpear con la punta del martillo se producen ligeras marcas. Con la navaja se talla con dificultad.
Roca moderadamente dura	Con un golpe fuerte del martillo puede fracturarse. Con la navaja no puede tallarse.
Roca dura	Se requiere más de un golpe del martillo para fracturarla.
Roca muy dura	Se requiere muchos golpes del martillo para fracturarla.
Roca extremadamente dura	Al golpear con el martillo solo saltan esquirlas.

Fuente: Tomada y modificada del SGC (2017)⁶

Tabla 2-11 Terminología utilizada para describir la consistencia de un suelo.

Término	Prueba de campo
Muy blanda	Se escurre entre los dedos al apretarse en la mano
Blanda	Se puede penetrar fácilmente con el dedo pulgar y se puede moldear mediante ligera presión de los dedos
Media	El pulgar penetra con esfuerzo y puede ser moldeado con una presión fuerte de los dedos
LAIta	El pulgar deja solo una marca y no puede ser moldeado entre los dedos
Muy alta	Se puede marcar con la uña del pulgar y el cuchillo penetra cerca de 15 mm
Dura	No puede ser marcado con la uña del pulgar

Fuente: SGC (2017)

⁶ Guía metodológica para la zonificación de amenaza por movimientos en masa escala 1:25.000. 2017, SGC, Bogotá, Anexo 3.2.2.

Tabla 2-12 Terminología para describir la humedad en campo.

Término	Descripción
Seco	No hay humedad visible.
Húmedo	Contiene algo de humedad, pero no se observa agua libre; el material se puede comportar plásticamente pero no fluye.
Mojado	Contiene humedad suficiente para comportarse en parte como un líquido, pero este no fluye
Muy mojado	El agua fluye de la pasta de suelo

Fuente: SGC (2017)

Tabla 2-13 Criterios para describir la plasticidad.

Nombre	Descripción
No plástico	No pueden formarse rollos con ningún contenido de humedad
Ligeramente plástico (baja)	Se forma el cordón, pero se rompe inmediatamente si se le curva en forma de aro; la masa de suelo se deforma por una fuerza muy ligera
Plástico (Media)	Se forma el cordón, pero se rompe al doblarlo en forma de aro; se requiere una fuerza ligera a moderada para deformar la masa de suelo
Muy plástico (Alta)	Se forma el cordón y se puede doblar en forma de aro; se requiere una fuerza moderadamente fuerte a muy fuerte para deformar la masa de suelo

Fuente: SGC (2017)

Tabla 2-14 Terminología para describir la densidad relativas de los suelos

Término	Prueba de campo
Muy suelta	Puede ser excavado con la mano.
Suelta	Puede ser excavado con pala. Se puede introducir fácilmente una puntilla de 50 mm. Fácilmente triturado entre los dedos.
Densa	Se requiere pica para ser excavado. Una puntilla de 50mm es introducida con dificultad. Se puede triturar entre los dedos con una presión fuerte.
Muy densa	Con la pica se remueven terrones que pueden ser desintegrados.

Fuente: SGC (2017)

- **Grado de meteorización:** Categoriza los cambios o transformaciones que han sufrido las rocas sólidas o los depósitos debido a la desintegración física y descomposición química que se presenta en la superficie del terreno o muy cerca de ella, como oxidación, reducción, hidrólisis, carbonatación, actividad tectónica, o cambios de temperatura (gelifracción). En el **Tabla 2-15** se presenta el perfil de meteorización que se usará en campo y basado en este, es que se les suministrará nombre a las UGS cartografiadas.

Tabla 2-15 Perfil de meteorización según Dearman (1974-1991).

Zona	Descripción de las características en campo
Suelo residual (Sr)	<ul style="list-style-type: none"> Las capas superiores, ricas en materia orgánica, contienen humus y restos de raíces de plantas; generalmente de color gris oscuro. Todo el material rocoso es convertido a suelo. La macro fábrica y la estructura original es destruida. Característicamente arcillo-limoso. Suelo sin estructuras heredadas.
Roca completamente meteorizada (Rcm)	<ul style="list-style-type: none"> Roca decolorada pasando generalmente a colores variados. Macizo rocoso completamente descompuesto y/o desintegrado a suelo, pero aun conservando algo de la macro fábrica original. Las estructuras heredadas (planos de estratificación, foliación, diaclasas y fallas) se conservan. Presencia de fragmentos rocosos entre 10 y 35%, fácilmente excávale y desmenuzable, aun sin ayuda del martillo. Ocasionalmente pueden recobrase núcleos. Suelos con estructuras heredadas.
Roca altamente meteorizada (Ram)	<ul style="list-style-type: none"> Roca decolorada y altamente alterada, en la cual más del 50% del material rocoso está descompuesto o desintegrado a suelo. Fragmentos rocosos rompibles y desmenuzables sin ayuda del martillo. Las estructuras heredadas (planos de estratificación, foliación, diaclasas y fallas) se mantienen, en general se presentan oxidadas, abiertas, con o sin relleno. Saprolito con fragmentos pequeños de roca. Las estructuras heredadas (planos de estratificación, foliación, diaclasas y fallas) se conservan. Las estructuras heredadas (planos de estratificación, foliación, diaclasas y fallas) se conservan. La meteorización esferoidal es común. Presencia de fragmentos de roca sin meteorizar entre 35 y 70%.
Roca moderadamente meteorizada (Rmm)	<ul style="list-style-type: none"> La roca se presenta altamente decolorada con notable meteorización, en la cual menos del 50% del material rocoso está descompuesto o desintegrado a suelo. Material rocoso rompible y excavable con ayuda del martillo y otras herramientas. Las discontinuidades pueden estar oxidadas y abiertas, con o sin relleno. Bloques de roca sin entramamiento.
Roca débilmente meteorizada (Rdm)	<ul style="list-style-type: none"> Macizo rocoso débilmente decolorado. La roca puede estar decolorada en las superficies de las discontinuidades, las cuales pueden estar abiertas y oxidadas; la roca es dura resistente, excavable con ayuda de otras herramientas. Bloques de roca sin entramamiento.
Roca no meteorizada (fresca) (Rf)	<ul style="list-style-type: none"> Roca fresca sin signos visibles de meteorización. Las discontinuidades mayores pueden presentar ocasionalmente decoloración y oxidación.

Fuente: Tomado y modificado del SGC (2017).

- **Rasgos estructurales:** Se refiere a la identificación de pliegues y familias de discontinuidades (diaclasas, planos de falla, foliación, etc.), así como la orientación y estado de estas. En el caso de los suelos, las discontinuidades están representadas por fisuras, grietas y estructuras relictas heredadas de la roca parental.

La información recolectada será registrada en los formatos de campo elaborados por el Servicio Geológico Colombiano – SGC, 2017, presentados a continuación, los cuales recopilan los datos de las tablas anteriores, se usa un formato para las unidades de suelo (Figura 2-8) y otro para las de roca, (Figura 2-9).

Figura 2-8 Caracterización macizo rocoso.

SERVICIO GEOLOGICO COLOMBIANO		CARACTERIZACIÓN DE MACIZO ROCOSO																																																																																									
MAPAS DE UNIDADES GEOLÓGICAS SUPERFICIALES - GEOLOGÍA PARA INGENIERÍA		FORMATO DE CAMPO																																																																																									
INFORMACIÓN GENERAL		CLASE DE AFLORAMIENTO																																																																																									
PROYECTO: _____ Departamento: _____ Municipio: _____ Vereda: _____		Natural <input type="checkbox"/> Corte superficial <input type="checkbox"/> Excavación subterránea <input type="checkbox"/> Trinchera, Apique <input type="checkbox"/>																																																																																									
Latitud: _____ Longitud: _____ Altitud: _____		Nombre: _____ Fecha: _____ N°. De Estación: _____																																																																																									
SECUENCIA ESTRATIGRÁFICA		CARACTERIZACIÓN DE LA UGS																																																																																									
Depósito de Gravedad: _____ Suelo Transportado: _____ Suelo Residual: _____ Roca: _____		Unidad Geológica Superficial: _____ N° litologías asociadas a la UGS: _____ 1 <input type="checkbox"/> Espesor (m) _____ 2 <input type="checkbox"/> Espesor (m) _____																																																																																									
CARACTERÍSTICAS DE LA UGS																																																																																											
FÁBRICA	HUMEDAD NATURAL:	PERMEABILIDAD CUALITATIVA:	COMPOSICIÓN																																																																																								
1 2 Cristalina Masiva <input type="checkbox"/> Cristalina foliada <input type="checkbox"/> Clástica cementada <input type="checkbox"/> Clástica consolidada <input type="checkbox"/>	1 2 Seco <input type="checkbox"/> Húmedo <input type="checkbox"/> Con flujo <input type="checkbox"/>	1 2 Baja <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/>	1 2 Muy Dura <input type="checkbox"/> Dura <input type="checkbox"/> Moderada <input type="checkbox"/> Blanda <input type="checkbox"/> Muy blanda <input type="checkbox"/>																																																																																								
LEVANTAMIENTO DE DISCONTINUIDADES																																																																																											
DISTANCIA ENTRE DIACLASAS	TIPO	DIRECCIÓN BUZAMIENTO	BUZAMIENTO																																																																																								
PERSISTENCIA	ANCHO DE ABERTURA	TIPO DE RELLENO	RUGOSIDAD SUPERFICIAL																																																																																								
FORMA DE LA SUPERFICIE	HUMEDAD EN DIACLASAS	ESPACIAMIENTO	OBSERVACIONES																																																																																								
<table border="1"> <thead> <tr> <th>TIPO</th> <th>PERSISTENCIA</th> <th>ANCHO DE ABERTURA</th> <th>TIPO DE RELLENO</th> <th>RUGOSIDAD DE LA SUPERFICIE</th> <th>FORMA DE LA SUPERFICIE</th> <th>HUMEDAD EN DIACLASAS</th> <th>ESPACIAMIENTO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0. Zona de falla</td> <td>1. Muy baja (<1 m)</td> <td>1. Muy estrecha (<0,1 mm)</td> <td>1. Limpia</td> <td>1. Rugosidad</td> <td>1. Escalonada</td> <td>0. No hay posibilidad de flujo de agua</td> <td>1. Extremadamente espac (>0,20 mm)</td> </tr> <tr> <td>1. Falla</td> <td>2. Baja (1 a 3 m)</td> <td>2. Estrecha (0,1 a 0,25 mm)</td> <td>2. Superficie texturizada</td> <td>2. Suave</td> <td>2. Ondulada</td> <td>1. Discontinuidad seca sin evidencia de flujo de agua</td> <td>2. Muy cerrado (20 a 60 mm)</td> </tr> <tr> <td>2. Diaclasa</td> <td>3. Media (3 a 10 m)</td> <td>3. Parcialmente abierta (0,25 a 0,5 mm)</td> <td>3. No cohesivo</td> <td>3. Pulida</td> <td>3. Planar</td> <td>2. Discontinuidad seca con manchas de óxido</td> <td>3. Cerrado (60 a 200 mm)</td> </tr> <tr> <td>3. Clivaje</td> <td>4. Alta (10 a 20 m)</td> <td>4. Abierta (0,5 a 2,5 mm)</td> <td>4. Matriz arcillosa inactiva</td> <td>4. Estrías de falla</td> <td></td> <td>3. Discontinuidad húmeda sin flujo de agua presente</td> <td>4. Moderado (200 a 600 mm)</td> </tr> <tr> <td>4. Esquistosidad</td> <td>5. Muy alta (>20 m)</td> <td>5. Moderadamente abierta (2,5 a 10,0 mm)</td> <td>5. Matriz arcillosa expansiva</td> <td></td> <td></td> <td>4. Discontinuidad que muestra goteo, sin flujo de agua</td> <td>5. Amplio (600 a 2000 mm)</td> </tr> <tr> <td>5. Cizalla</td> <td></td> <td>6. Ancha (>10 mm)</td> <td>6. Cementada</td> <td></td> <td></td> <td>5. Discontinuidad con flujo continuo de agua</td> <td>6. Muy amplio (2000 a 6000 mm)</td> </tr> <tr> <td>6. Fisura</td> <td></td> <td>7. Muy amplia (1-10 cm)</td> <td>7. Clorita, talco o yeso</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>7. Extremadamente espac (>6000 mm)</td> </tr> <tr> <td>7. Grieta de tensión</td> <td></td> <td></td> <td>8. Otra</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>8. Foliación</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>9. Estratificación</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>				TIPO	PERSISTENCIA	ANCHO DE ABERTURA	TIPO DE RELLENO	RUGOSIDAD DE LA SUPERFICIE	FORMA DE LA SUPERFICIE	HUMEDAD EN DIACLASAS	ESPACIAMIENTO	0. Zona de falla	1. Muy baja (<1 m)	1. Muy estrecha (<0,1 mm)	1. Limpia	1. Rugosidad	1. Escalonada	0. No hay posibilidad de flujo de agua	1. Extremadamente espac (>0,20 mm)	1. Falla	2. Baja (1 a 3 m)	2. Estrecha (0,1 a 0,25 mm)	2. Superficie texturizada	2. Suave	2. Ondulada	1. Discontinuidad seca sin evidencia de flujo de agua	2. Muy cerrado (20 a 60 mm)	2. Diaclasa	3. Media (3 a 10 m)	3. Parcialmente abierta (0,25 a 0,5 mm)	3. No cohesivo	3. Pulida	3. Planar	2. Discontinuidad seca con manchas de óxido	3. Cerrado (60 a 200 mm)	3. Clivaje	4. Alta (10 a 20 m)	4. Abierta (0,5 a 2,5 mm)	4. Matriz arcillosa inactiva	4. Estrías de falla		3. Discontinuidad húmeda sin flujo de agua presente	4. Moderado (200 a 600 mm)	4. Esquistosidad	5. Muy alta (>20 m)	5. Moderadamente abierta (2,5 a 10,0 mm)	5. Matriz arcillosa expansiva			4. Discontinuidad que muestra goteo, sin flujo de agua	5. Amplio (600 a 2000 mm)	5. Cizalla		6. Ancha (>10 mm)	6. Cementada			5. Discontinuidad con flujo continuo de agua	6. Muy amplio (2000 a 6000 mm)	6. Fisura		7. Muy amplia (1-10 cm)	7. Clorita, talco o yeso				7. Extremadamente espac (>6000 mm)	7. Grieta de tensión			8. Otra					8. Foliación								9. Estratificación							
TIPO	PERSISTENCIA	ANCHO DE ABERTURA	TIPO DE RELLENO	RUGOSIDAD DE LA SUPERFICIE	FORMA DE LA SUPERFICIE	HUMEDAD EN DIACLASAS	ESPACIAMIENTO																																																																																				
0. Zona de falla	1. Muy baja (<1 m)	1. Muy estrecha (<0,1 mm)	1. Limpia	1. Rugosidad	1. Escalonada	0. No hay posibilidad de flujo de agua	1. Extremadamente espac (>0,20 mm)																																																																																				
1. Falla	2. Baja (1 a 3 m)	2. Estrecha (0,1 a 0,25 mm)	2. Superficie texturizada	2. Suave	2. Ondulada	1. Discontinuidad seca sin evidencia de flujo de agua	2. Muy cerrado (20 a 60 mm)																																																																																				
2. Diaclasa	3. Media (3 a 10 m)	3. Parcialmente abierta (0,25 a 0,5 mm)	3. No cohesivo	3. Pulida	3. Planar	2. Discontinuidad seca con manchas de óxido	3. Cerrado (60 a 200 mm)																																																																																				
3. Clivaje	4. Alta (10 a 20 m)	4. Abierta (0,5 a 2,5 mm)	4. Matriz arcillosa inactiva	4. Estrías de falla		3. Discontinuidad húmeda sin flujo de agua presente	4. Moderado (200 a 600 mm)																																																																																				
4. Esquistosidad	5. Muy alta (>20 m)	5. Moderadamente abierta (2,5 a 10,0 mm)	5. Matriz arcillosa expansiva			4. Discontinuidad que muestra goteo, sin flujo de agua	5. Amplio (600 a 2000 mm)																																																																																				
5. Cizalla		6. Ancha (>10 mm)	6. Cementada			5. Discontinuidad con flujo continuo de agua	6. Muy amplio (2000 a 6000 mm)																																																																																				
6. Fisura		7. Muy amplia (1-10 cm)	7. Clorita, talco o yeso				7. Extremadamente espac (>6000 mm)																																																																																				
7. Grieta de tensión			8. Otra																																																																																								
8. Foliación																																																																																											
9. Estratificación																																																																																											
ANEXOS DEL FORMATO																																																																																											
FOTOGRAFÍAS		FOTOGRAFÍAS																																																																																									
Foto <input type="checkbox"/>	Descripción _____	Foto <input type="checkbox"/>	Descripción _____																																																																																								
Foto <input type="checkbox"/>	Descripción _____	Foto <input type="checkbox"/>	Descripción _____																																																																																								
Foto <input type="checkbox"/>	Descripción _____	Foto <input type="checkbox"/>	Descripción _____																																																																																								
Foto <input type="checkbox"/>	Descripción _____	Foto <input type="checkbox"/>	Descripción _____																																																																																								
OBSERVACIONES																																																																																											
<div style="border: 1px solid black; height: 40px; width: 100%;"></div>																																																																																											

Fuente: Tomado y modificado del SGC (2017)

2-15), en el cual se dividen las rocas en completamente, altamente, moderadamente, débilmente meteorizada y fresca; asimismo, el nombre de cada unidad geológica superficial identificada contendrá el material principal que compone dicha unidad (arcillolitas, arenitas, esquistos, granitos, etc.), así como, la unidad geológica de la que proviene. Respecto a la nomenclatura de las unidades correspondientes a los suelos transportados, el nombre incluirá el origen de los depósitos que originaron estos suelos (fluvial, coluvial, lagunar, etc.).

2.3.2.1.3 Geología Estructural / Tectónica

Las características geológicas estructurales pretenden exponer la afectación de los materiales que componen el subsuelo, por lineamientos de origen tectónico o producto de la dinámica interna de la tierra. Las fases mencionadas a continuación extraen las actividades para cumplir tal objetivo.

- **Fase Pre-campo**

Esta fase inició con la delimitación geográfica del área de influencia a partir de coordenadas proyectadas con el fin de sintetizar la búsqueda de información pertinente. Consistió en la consulta de fuentes que brindaron datos de lineamientos tectónicos a nivel regional y local, se apoyó en fotointerpretación de imágenes como un factor que puede generar trazos de patrones visibles planimétrica mente y a su vez resaltaron los puntos de interés para una caracterización primaria in situ. Las actividades generales de esta etapa fueron:

- Acotamiento geográfico del área de interés para la consulta de información existente, por medio del estudio de cartografía base, imágenes satelitales y fotografías aéreas en software de Sistemas de Información Geográfica (SIG).
- Recopilación de información oficial por parte de las entidades líderes en el módulo como lo son el Servicio Geológico Colombiano (SGC) y Corporaciones Autónomas Regionales (CORTOLIMA); así mismo, información secundaria como estudios antecedentes y académicos.
- Descripción del comportamiento estructural regional a través de la exposición de los terrenos geológicos o bloques tectónicos del país.
- Acotamiento de la información regional a nivel geológico estructural con la descripción de lineamientos más puntuales como fallas y pliegues.
- Fotointerpretación de lineamientos estructurales, de ser existentes, con su descripción de las direcciones predominantes y densidad de estos.
- Planteamiento de puntos de interés para caracterización primaria en campo.

- **Fase Campo**

Esta etapa registró toda la información respectiva a la geología netamente estructural del área de interés entre los días de enero de 2024, se apoyó en la verificación de información preliminar con la clasificación y las medidas de datos de rumbo y buzamiento de estratos en afloramientos existentes, fallas y diaclasas que hagan parte del área de estudio; las actividades enunciadas a continuación representan la esencia de esta fase:

- Corroboración de la información obtenida en la etapa previa por medio de recorridos in situ del área de influencia preliminar, complemento y detalle de las características planteadas y descarte de aquellas que no tienen relevancia.
- Medición de datos estructurales de afloramientos, si los hay, como dirección e inclinación de flancos de pliegues, fallas y diaclasas.
- Registro fotográfico de los pliegues y fracturas con escala de referencia macro, cada fotografía georreferenciada.

- **Fase Pos-Campo**

A partir del análisis de la información secundaria y su correlación y corroboración con la información primaria se procedió a la estructuración del capítulo técnico de geología estructural y tectónica es la finalidad de esta fase; se organizó con los datos levantados en la etapa de campo para concluir la relevancia del componente con los objetivos específicos del EIA. El resultado del trabajo para esta etapa es el complemento de la cartografía geológica con el trazo de los lineamientos que influyan en el área, de ser necesario al tener una cantidad considerable de estos, la presentación de cartografía es individual, también hace parte de los resultados el análisis de los planos de fallas y diaclasas representativos conforme existan en el área de interés. Las actividades a continuación exponen la formación de este periodo:

- Planteamiento de las propiedades geológicas estructurales relevantes y pertinentes a los objetivos del estudio, detalladas con el control de campo de la fase anterior.

Complemento de la cartografía geológica con el trazo de los lineamientos de fallas sobre las unidades estratigráficas afectadas, a su vez, los datos de rumbo y buzamiento corroborados en la fase de campo en concordancia con la simbología propuesta por el SGC para estos efectos; en la tabla de atributos del mapa se diligenciarán los campos requeridos por la GDB de la Resolución 2182 del MADS.

2.3.2.1.4 Sismicidad

El componente sísmico se estructuró de principio a fin con la información disponible por las autoridades competentes (SGC) y su orientación hacia los objetivos del proyecto, se complementa interdisciplinariamente con el componente de geología estructural y tectónica. El propósito de esta única fase es plantear las características de la amenaza natural sísmica en el área de influencia del proyecto; a pesar de que los sismos no son predecibles, su influencia en caso de ocurrencia puede ser zonificada por niveles gracias a la relación de parámetros

como la tectónica y la disposición fisiográfica de la Tierra. Las siguientes actividades se resaltaron durante el desarrollo de la caracterización sísmica:

- Acotamiento geográfico del área de interés para la consulta de información existente, por medio del estudio de cartografía base, imágenes satelitales y fotografías aéreas en software de Sistemas de Información Geográfica (SIG).
- Recopilación de información oficial dispuesta por la entidad nacional encargada en el módulo, el Servicio Geológico Colombiano (SGC) y la Red Sismológica Nacional de Colombia (RSNC).
- Análisis de la sismicidad histórica local y su relación con la generación de inestabilidad, según la cercanía de los epicentros.
- Presentación de la localización geográfica del área de influencia con respecto a la zonificación de amenaza sísmica nacional tenida en cuenta por la Norma Colombiana de Construcción Sismo Resistente (NSR-10).
- Descripción de la zona de amenaza sísmica sobre la que se encuentra el área de influencia como un detonante en la generación de procesos de remoción en masa e intensidades registradas.
- Asociación de la actividad sísmica con los lineamientos geológicos estructurales.

2.3.2.1.5 Geomorfología

El componente geomorfológico tiene como finalidad definir los patrones de forma o relieve del terreno, a partir de cualidades geométricas y exposición de agentes modeladores que originen tales geoformas, procesos dinámicos o erosivos.

La estructuración de la línea base de geomorfología del presente EIA, viene direccionada por la "Metodología General para la Presentación de Estudios Ambientales" del Ministerio de Ambiente del año 2018, los "Términos de referencia específicos para la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental para el Proyecto Parque Solar Heliconia 60 MW y su Línea de Transmisión Eléctrica De 115 kV" Expedidos por Cortolimay metodologías específicas del componente, resultando en las siguientes etapas y actividades.

Por tanto, el mapa geomorfológico es una herramienta útil para evaluar el comportamiento de los terrenos en diferentes aplicaciones, como amenazas por inundaciones, fenómenos de remoción en masa y susceptibilidad a la erosión. El desarrollo del elemento geomorfológico para las fases pre-campo y campo se realiza en las etapas que se describen a continuación.

El componente geomorfológico se desarrolla en tres etapas de pre-campo, campo y postcampo, descritas a continuación.

- **Fase Pre-Campo**

La fase de fuentes de información para el componente geomorfológico, consistió en el filtro de lo general a lo particular para aterrizar información oficial y secundaria al área de interés; abarcó la descripción de cómo la fisiografía nacional influye directamente en el área de

estudio, restringida por la localización geográfica desde coordenadas proyectadas, los factores que definen el relieve colectivamente dejan patrones visibles en bases cartográficas como la topografía e imágenes satelitales, a su vez, develando puntos de interés para levantamiento de información primaria y permitiendo el planteamiento de una jerarquía geomorfológica.

Para generar la cartografía cartográfica pre-campo y en fases posteriores, se seguirá la metodología propuesta por Carvajal Perico en SGC, 2012⁷ la cual parte de los métodos desarrollados por el ITC de los Países Bajos. En esta metodología las geoformas se caracterizan a partir de características morfogenéticas, morfográficas, morfodinámicas y morfoestructurales. Adicionalmente, la propuesta del SGC establece una jerarquización geomorfológica basada en las escalas de detalle cartográfico. (**Figura 2-10**).

- Acotamiento geográfico del área de interés para la consulta de información existente, por medio del estudio de cartografía base, imágenes satelitales y fotografías aéreas en software de Sistemas de Información Geográfica (SIG).
- Recopilación de información oficial por parte de las entidades líderes en el módulo como lo son el Servicio Geológico Colombiano (SGC), el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) y Corporaciones Autónomas Regionales (CORTOLIMA); así mismo, información secundaria como estudios antecedentes y académicos. En la **Tabla 2-16** y la **Tabla 2-17** relaciona las fuentes de información consultadas para el componente geomorfológico.
- Descripción fisiográfica regional.
- Fotointerpretación de la disposición natural del relieve influyente en el área de interés y los agentes modeladores.
- Selección de puntos de interés para caracterización primaria en campo.

Planteamiento de la jerarquización geomorfológica con base en la "Propuesta de estandarización de la cartografía geomorfológica en Colombia" establecida por Carvajal (2012) como insumo del SGC. Esta clasificación permite definir componentes, unidades o subunidades geomorfológicas según la escala cartográfica de trabajo que se lleve a cabo y a partir de sus características morfogenéticas, morfométricas y morfodinámicas.

- Descripción de las geomorfoestructuras y provincias geomorfológicas que por la ubicación geográfica del proyecto influyeron en la caracterización.

Tabla 2-16 Recopilación de información geomorfológica.

INFORMACIÓN CONSULTADA	AUTOR Y AÑO
Mapa Geomorfológico aplicado a movimientos en masa. Plancha 207 Escala 1:100.000	SGC, 2012
Geología y geomorfología de la zona hidrográfica del Río Totare	Cortolima, 2017
Fase de diagnóstico POMCA-RR&V (CÓDIGO 2125-01)	Corcuencas, 2014
Campaña de exploración geotécnica planta solar Tolima 60 MW- Predio Heliconia-Guayabal, Tolima	Suelos&Geotecnia, 2023
Geología y geomorfología de la zona hidrográfica del Río Totare	Cortolima, 2017

⁷ INGEOMINAS. Propuesta de Estandarización de la Cartografía Geomorfológica en Colombia. Bogotá, 2011.

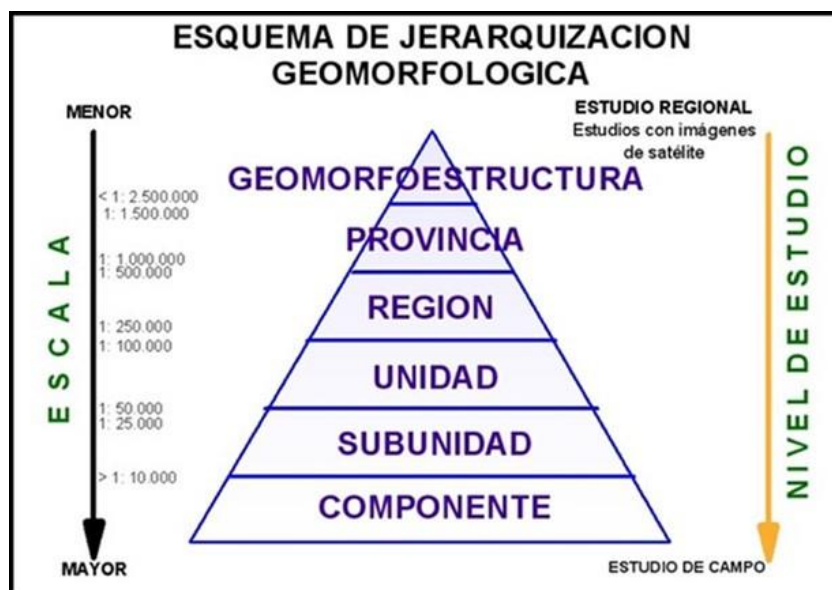
Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024.

Tabla 2-17 Información de sensores remotos y modelos de elevación

Clase	Nombre	
Sensores Remotos	Imágenes satelitales Word View 2 Tipo pancromática Sharpered color natural.	Sensor EarthScanner-JL-1KF01
	Capa cartográfica GoogleEarth	2022
	Capa cartográfica Bing	2022
Modelo de Elevación Digital	Modelo de elevación digital de terreno (DTM) de 12 m de resolución	
Modelo de Elevación Digital del terreno y Ortofotomosaico	Ortofotomosaico, DTM: Modelo digital del terreno (DTM) de 1 metro. Curvas cada 25 cm , a partir de DRON, con aeronave UAV.	

Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024.

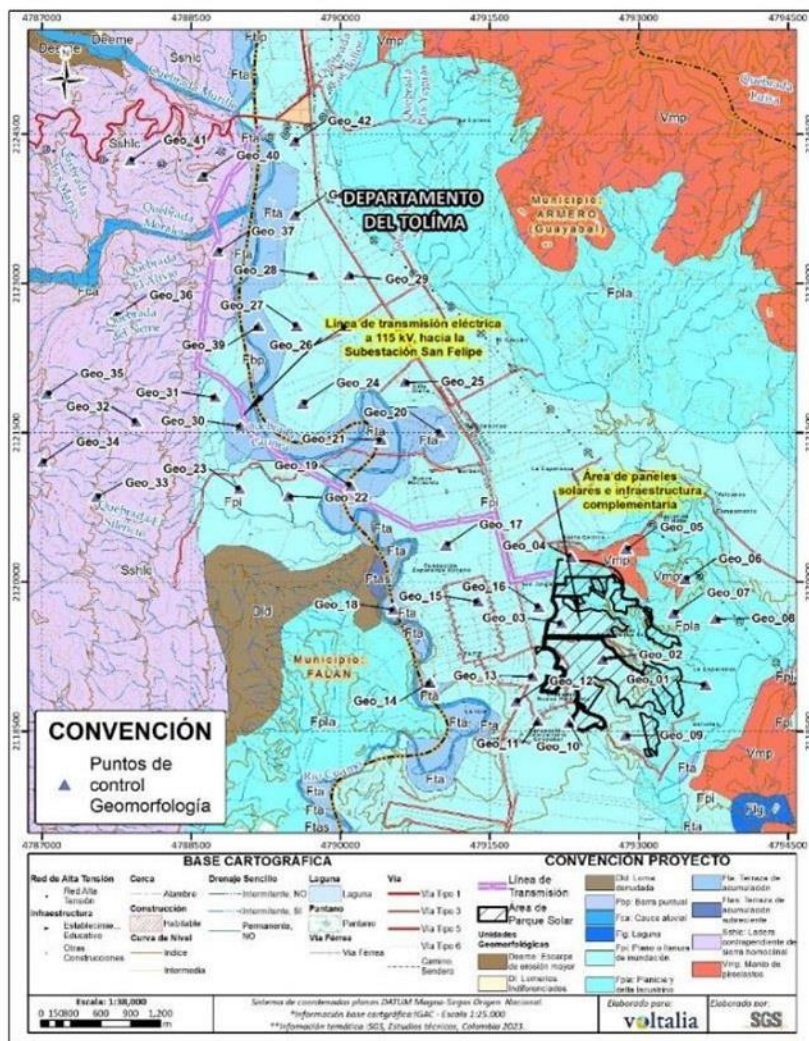
Figura 2-10 Jerarquización Geomorfológica.



Fuente: Carvajal et al., (2012)

En la **Figura 2-11** se muestra la cartografía geomorfológica preliminar con base en la interpretación de imágenes satelitales. En la zona fueron cartografiadas geoformas de originadas por la dinámica fluvial, además de geoformas de origen antrópico; estas incluyen cuatro subunidades geomorfológicas. Adicionalmente, se realiza una cartografía preliminar de procesos morfodinámicos degradacionales; entre estos se hallan la erosión laminar de origen antrópico y las cárcavas por erosión profunda del suelo (Ver **Tabla 2-18**)

Figura 2-11 Cartografía geomorfológica preliminar y puntos de control propuestos.



Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024.

Tabla 2-18 Puntos geomorfológicas propuestos.

ID	Coordenadas Magna Sirgas Origen Nacional		ID	Coordenadas Magna Sirgas Origen Nacional	
	Este	Norte		Este	Norte
GEOM-01	4.793.670,33	2.118.965,01	GEOM-22	4.789.479,32	2.120.861,54
GEOM-02	4.792.637,39	2.119.219,01	GEOM-23	4.788.988,25	2.120.929,28
GEOM-03	4.792.222,52	2.119.583,07	GEOM-24	4.789.623,25	2.121.792,88
GEOM-04	4.792.315,66	2.120.251,94	GEOM-25	4.790.647,72	2.122.004,54
GEOM-05	4.792.874,46	2.120.328,14	GEOM-26	4.790.055,05	2.122.571,81
GEOM-06	4.793.465,07	2.120.026,84	GEOM-27	4.789.563,98	2.122.571,81

ID	Coordenadas Magna Sirgas Origen Nacional		ID	Coordenadas Magna Sirgas Origen Nacional	
	Este	Norte		Este	Norte
GEOM-07	4.793.348,59	2.119.684,67	GEOM-28	4.789.724,85	2.123.079,81
GEOM-08	4.793.771,93	2.119.625,41	GEOM-29	4.790.088,92	2.123.079,81
GEOM-09	4.792.865,99	2.118.457,00	GEOM-30	4.788.998,41	2.121.564,28
GEOM-10	4.792.298,72	2.118.584,00	GEOM-31	4.788.744,41	2.121.852,14
GEOM-11	4.791.985,46	2.118.600,94	GEOM-32	4.787.948,54	2.121.606,61
GEOM-12	4.791.765,32	2.118.795,67	GEOM-33	4.787.550,61	2.120.853,08
GEOM-13	4.791.934,66	2.119.049,67	GEOM-34	4.787.008,74	2.121.200,21
GEOM-14	4.790.901,33	2.118.993,60	GEOM-35	4.787.051,07	2.121.886,01
GEOM-15	4.791.384,32	2.119.803,21	GEOM-36	4.787.745,34	2.122.673,41
GEOM-16	4.791.993,92	2.119.743,94	GEOM-37	4.788.769,81	2.123.316,88
GEOM-17	4.791.062,59	2.120.370,47	GEOM-38	4.789.546,09	2.123.683,52
GEOM-18	4.790.537,65	2.119.718,54	GEOM-39	4.789.176,21	2.122.571,81
GEOM-19	4.790.105,85	2.120.963,14	GEOM-40	4.788.617,41	2.124.078,88
GEOM-20	4.791.003,32	2.121.496,54	GEOM-41	4.787.889,27	2.124.231,28
GEOM-21	4.790.410,65	2.121.428,81	GEOM-42	4.789.540,28	2.124.426,02



Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024

• Fase de Campo

La fase de campo consistió en el levantamiento de información geomorfológica directa, recopilada durante el recorrido *in situ*, llevado a cabo entre los días de enero de 2024, en la extensión del área de influencia definida. El componente geomorfológico viene de la mano del componente geológico ya que cada unidad de este último tiene características geométricas que influyen en la disposición natural del terreno, las geoformas obedecen a la interacción dinámica de factores litológicos y tectónicos. La determinación de información en esta etapa se ciñó por tres criterios, morfogénesis, morfometría y morfodinámica, que se centraron respectivamente en el origen, dimensiones y agentes modeladores de una geoforma; las actividades enunciadas a continuación representaron el desarrollo de la fase de campo:

- Corroboración de la información obtenida en la etapa previa por medio de recorridos in situ del área de influencia preliminar, complemento y detalle de las características planteadas y descarte de aquellas que no tienen relevancia. En la **Figura 2-12** se presenta el formato de levantamiento de información primaria.

Figura 2-12 Formato de campo para la caracterización geomorfológico.

								
FORMATO DE CONTROL DE CAMPO - GEOMORFOLOGÍA								
NOMBRE DEL PROYECTO:						ESTACIÓN #		
AMBIENTE MORFOGENÉTICO				UNIDAD GEOMORFOLÓGICA				
LOCALIZACIÓN								
ESTACIÓN	FECHA	MUNICIPIO	VEREDA	PREDIO	COORDENADAS		ALTITUD	
					NORTE	ESTE		
PENDIENTE DE LA GEOFORMA					DENSIDAD DRENAJE			
PLANA (0 a 3)	PLANA A SUAVE (3 A 10)	MODERADA (11 A 20)	MODERADA (11 A 20)	ABRUPTA (20 A 45)	ESCARPADA >DE 45	BAJA (<0,5 Km/km2)	MODERADA (0,5 a 1 Km/km2)	ALTA >1km/km2
TIPO DE MATERIAL				GRADO METEORIZACIÓN ROCA				
ROCA	MATERIAL INTERMEDIO	SUELO	DEPÓSITOS ALUVIALES	FRESCA	DÉBIL	MODERADA	ALTA	DESCOMPUESTA
DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA (ROCA)				DESCRIPCIÓN DE MATERIALES DE DEPÓSITOS				
EROSIÓN				GRADO DE EROSIÓN				
LAMINAR	SURCOS	CÁRCAVAS	SOCACCIÓN	TERRACETAS	BAJA	MODERADA	ALTA	MUY ALTA
FORMATO DE CONTROL DE CAMPO - GEOMORFOLOGÍA								
GRADO DE INCISIÓN DE LOS DRENAJES				FORMA DEL VALLE		U	V	ARTESA
EVIDENCIAS DE PROCESOS DE REMOCIÓN EN MASA								
TIPO DE MOVIMIENTO					ACTIVIDAD			
REPTAMIENTO	DESPLAZAMIENTO	FLUJO	CAÍDA	MOVIMIENTO COMPLEJO	OTRO (indicar)	ACTIVO	POCO ACTIVO	INACTIVO
ESQUEMA GENERAL				ANEXO FOTOGRÁFICO				

Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024.

- Relación de las unidades geológicas con unidades geomorfológicas por sus características de forma, extensión y disposición en el área de influencia.
- Evidencia del ambiente de origen de las diferentes geoformas en la zona de interés.
- Inventario de procesos morfodinámicos, si los hay.
- Registro fotográfico panorámico que permita visualizar la expresión del relieve del área, cada fotografía georreferenciada y orientada con respecto al Norte.

- **Fase Pos-Campo**

La redacción técnica para el componente de geomorfología incluyó la conclusión de cada criterio descriptivo de las geoformas, morfogénesis, morfometría y morfodinámica (**Figura 2-13**), apoyándose de recursos cartográficos detallados de cada ámbito mencionado (**Tabla 2-19**). La descripción de la evolución de las geoformas en el tiempo también hace parte de la caracterización, especialmente en la exposición de los agentes modeladores; se enlistan las actividades para desarrollar esta fase de estudio.

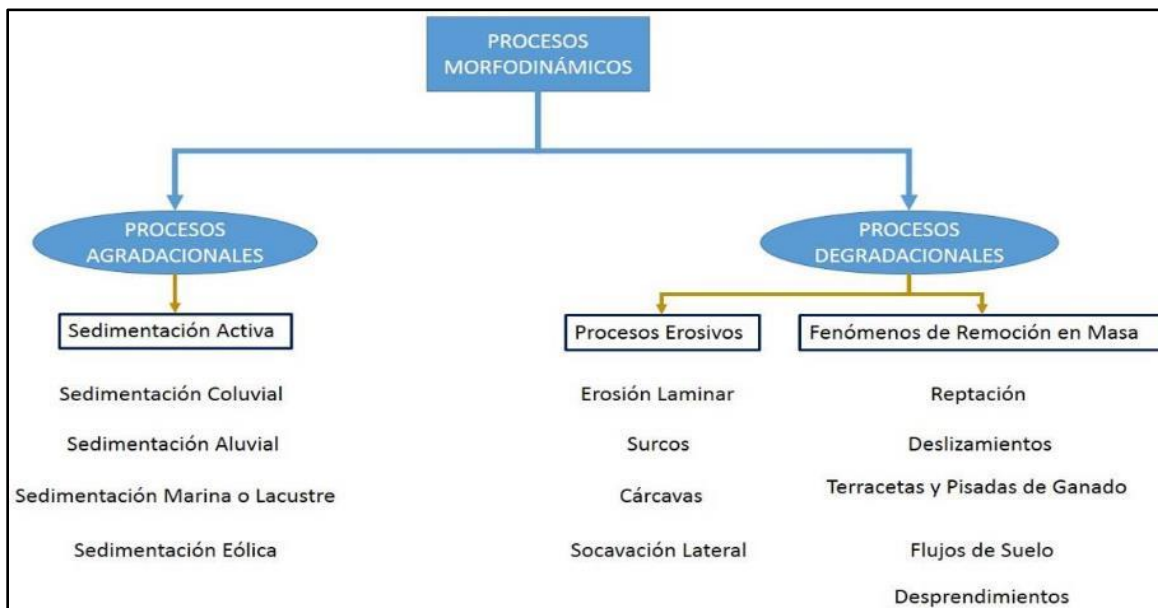
- Descripción y presentación gráfica de las regiones geomorfológicas como un patrón de origen de las unidades (Morfogénesis).
- Referencia de las unidades geomorfológicas acordes a las expresiones del relieve de las unidades geológicas.
- Cartografía geomorfológica de las unidades a escala local por medio de SIG, respetando la nomenclatura estipulada por el SGC; el manejo de la paleta de colores de las unidades cartografiadas también acorde a la autoridad geológica nacional, según los ambientes morfogenéticos de las unidades descritas; en la tabla de atributos del mapa se diligenciaron los campos requeridos por la GDB de la ANLA.
- Análisis multitemporal como insumo para la caracterización morfodinámica a partir de la fotointerpretación de fotografías aéreas e imágenes satelitales antiguas y recientes, haciendo la respectiva superposición para concluir variaciones en el relieve.
- Generación del mapa de pendientes del terreno por medio de procesamiento digital del modelo de elevación con ayuda de SIG y su verificación con lo caracterizado en campo.
- Si existen procesos morfodinámicos significativos se presentarán fichas de caracterización puntual para cada proceso que describan su geometría, composición material, tipo, medio de generación, temporalidad, entre otras.
- Generación del mapa de los procesos morfodinámicos existentes descritos, a escala detallada (1:10000 o menor) sobre la base topográfica o una imagen de buena resolución del área de influencia.

Tabla 2-19 Atributos morfográficos de las geoformas.

Tipo de relieve		Relieve relativo	
Tipo	Elevación (m)	Descripción	Elevación (m)
Montañoso	> 500	Muy bajo	< 29
Colina	201- 499	Bajo	30- 74
Loma	50- 200	Moderado	75- 149
Planicie - Montículos	0- 49	Alto	150- 249
		Muy alto	250- 499
		Extremadamente Alto	>500
Patrón de drenaje		Pendientes	
Clase		Pendiente (%)	Descripción
Paralelo		0 - 1%	A Nivel
Subparalelo		1 -3%	Ligeramente plana
Dendrítico		3 - 7%	Ligeramente Inclínada
Subdendrítico		7 - 12%	Moderadamente Inclínada
Pinado		12 - 25%	Fuertemente Inclínada
Rectangular		25 - 50%	Ligeramente Escarpada
Radial		50 - 75%	Moderadamente Escarpada
Anular		75 - 100%	Fuertemente Escarpada
Multicuenca		>100%	Totalmente escarpada
Contorsionado			
Formas de ladera		Longitud de ladera	
Clase		Longitud (m)	Descripción
Recta		< 50	Muy Corta
Cóncava		51-250	Corta
Convexa		251-500	Moderada
Irregular		501-1000	Larga
Compleja		1001-2500	Muy Larga
		> 2500	Extremadamente Larga
Forma de cresta		Formas de valle	
Tipo		Tipo	
Aguda		Artesa	
Redondeada		Forma de "V"	
Convexa amplia		Forma de "U"	
Convexa plana			
Plana Disectada			
Plana			

Fuente: Tomado y modificado de INGEOMINAS, 2011.

Figura 2-13 Clasificación de procesos morfodinámicos



Fuente: Tomado y modificado de IGAC, 2005⁸

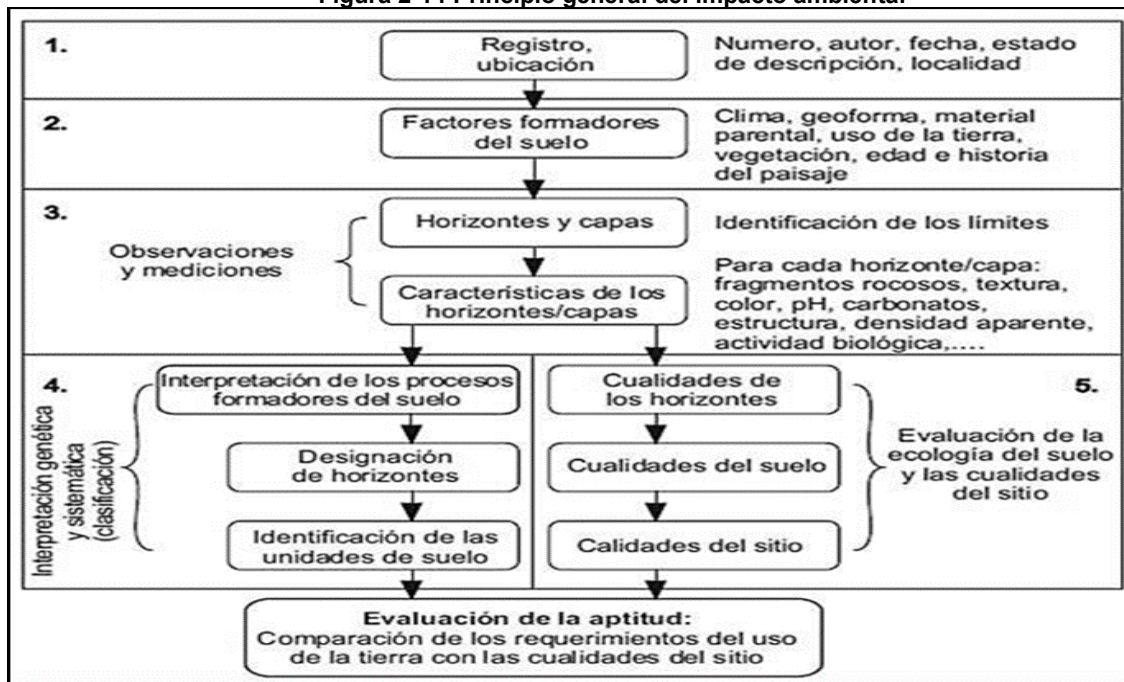
2.3.2.1.6 Suelos y uso de la tierra

El componente de suelos y uso de la tierra fue elaborado dentro de tres fases: fase de precampo, fase de campo y fase de postcampo. Cada una de estas fases cumple con las metodologías propuestas por el IGAC y el Ministerio de Agricultura para la evaluación y zonificación de tierras a escala 1:25.000.

El objetivo principal de la investigación en la ciencia del suelo es la comprensión de la naturaleza, propiedades, dinámicas y funciones del suelo como parte del paisaje y los ecosistemas. La **Figura 2-14**, muestra el papel de la descripción de suelos como paso inicial en la clasificación de suelos y la evaluación de la aptitud de uso.

⁸ IGAC. Geomorfología Aplicada a Levantamientos Edafológicos y Zonificación Física de Tierras. Bogotá D.C. 2005.

Figura 2-14 Principio general del impacto ambiental



Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024

• Fase precampo suelos

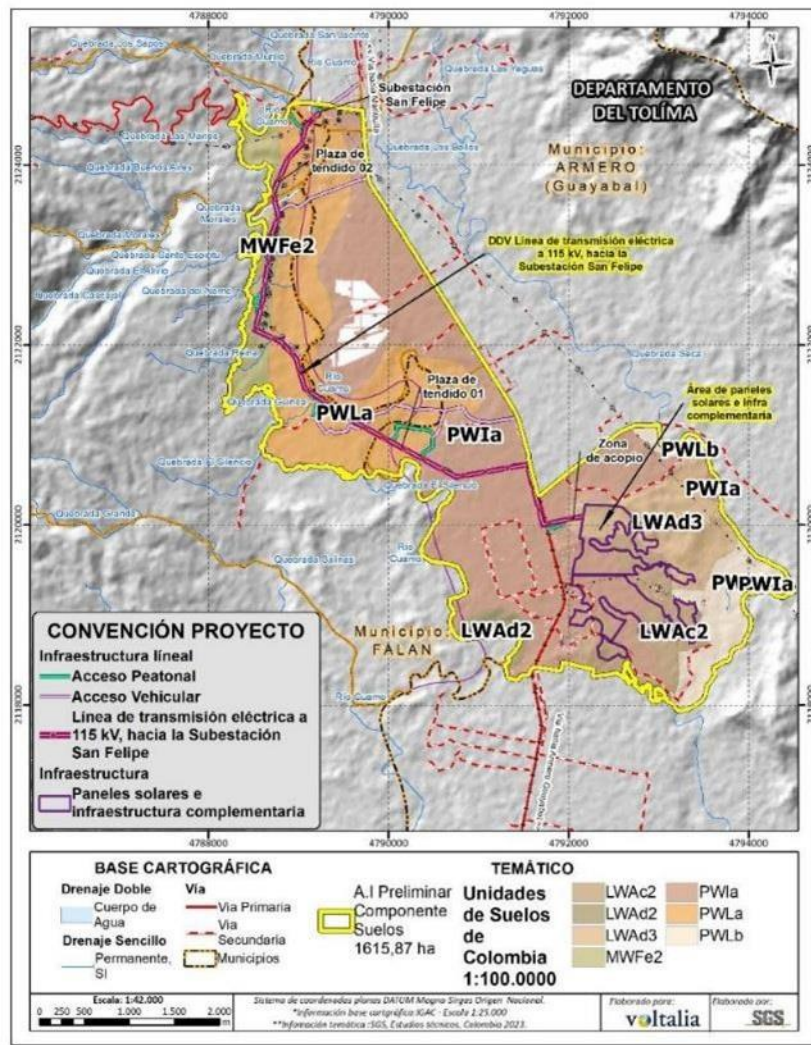
El trabajo de precampo para el componente de suelos, se encuentra orientado hacia la identificación inicial por medio de la imagen satelital del proyecto, el uso actual, potencial y la clasificación agrícola. Esta información es complementada con la definición a partir del mapa de suelos del departamento del Tolima de las unidades cartográficas de suelo que afloran dentro del área de estudio. La información secundaria obtenida del IGAC, reúne aspectos sobre:

- Aspectos cartográficos de la distribución de las unidades de suelo a nivel departamental, referidas con la nomenclatura reconocida a nivel internacional, basada en los componentes geomorfológicos, climáticos y edafológicos que definen a cada una de las unidades de suelo existentes en el ámbito estudiado. Ejemplo: Unidad LWA (unidad localizada en paisaje de lomerío, con clima cálido seco y con componente pedológico tipo A).
- Descripción taxonómica de los componentes pedológicos asociados, a cada unidad de suelo, que la definen como asociación, Consociación o complejo, según la proporción en que la integran.
- Clasificación agrológica de las unidades de suelo, basada en su potencialidad de uso, según sistema USDA.
- Descripción generalizada de los usos agropecuarios que fueron detectados durante la época del estudio.

Adicional se tuvo en cuenta la información suministrada por los Planes de Ordenamiento Territorial (POT) vigentes de los municipios asociados al Proyecto, Estudio General de Suelo y Zonificación de Tierras del Departamento del Tolima (IGAC, 2013); diagnósticos y estudios en entidades del estado como el Servicio Geológico Colombiano (SGC), Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) e informes existentes en la compañía y/o realizados por otras, que ofrecen una información más detallada del área de estudio.

Recopilada la información secundaria, se planearon las actividades de campo, orientadas a la verificación y ajuste de la información secundaria mediante observaciones directas. Se obtuvo la cartografía preliminar para el área de influencia definida para el desarrollo del estudio ambiental del proyecto, insumo fundamental para el desarrollo del trabajo de campo (Figura 2-15).

Figura 2-15 Mapa precampo área de estudio



DDV: Servidumbre del proyecto
Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024

- **Fase campo suelos**

El trabajo de campo para el componente de suelos tuvo en cuenta actividades como reconocimiento del área, levantamiento de información edafológica; el muestreo de suelos identificados, caracterización de perfiles (horizontes del suelo); así como un monitoreo de las características fisicoquímicas de las unidades cartográficas de suelo.

- Tipo de observación

Esta actividad corresponde a la apertura de calicatas, con el fin de identificar los horizontes de suelo y sus características. Para el área de estudio, fueron realizadas cinco (5) calicatas de 1,0 metros de profundidad, las cuales permiten evidenciar las propiedades y características de cada una de las unidades de suelo presentes en el área de estudio.

- Pendiente

La pendiente del terreno se presenta como un valor en porcentaje (%), en la **Tabla 2-20**, se presentan los rangos que definen las clases de pendiente.

Tabla 2-20 Rangos para clases de pendientes

CÓDIGO	CLASES DE PENDIENTES
a	Pendiente 0-3%, relieve plano o ligeramente plano.
b	Pendiente 3-7%, relieve ligeramente inclinado.
c	Pendiente 7-12%, relieve moderadamente inclinado.
d	Pendiente 12-25%, relieve fuertemente inclinado.
e	Pendiente 25-50%, relieve ligeramente escarpado.
f	Pendiente 50-75%, relieve moderadamente escarpado.
g	Pendiente > del 75%, relieve fuertemente escarpado.

Fuente: Mapa de suelos de Colombia; adaptado por SGS Colombia S.A.S., 2023

- Clase texturales

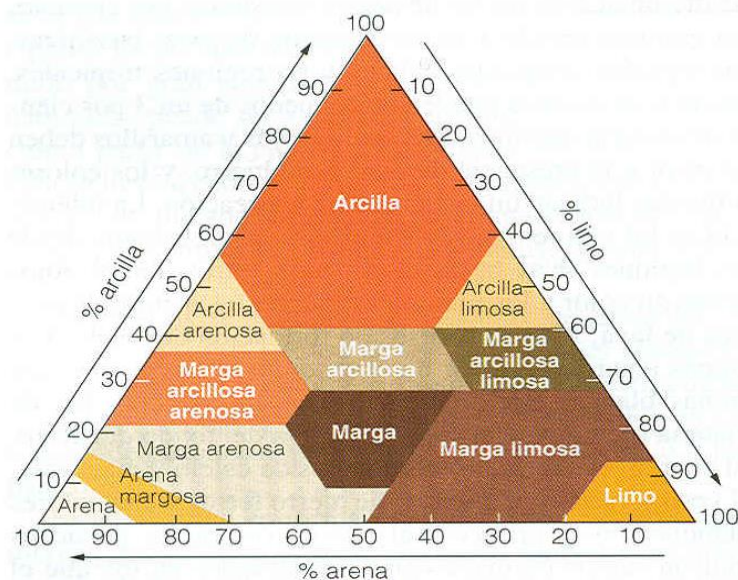
La textura indica el contenido relativo de partículas de tamaño arena, limo y arcilla, en una muestra o cantidad de suelos determinada. La textura tiene que ver con la facilidad con que se puede trabajar el suelo, la cantidad de agua y aire que retiene y la velocidad con que el agua penetra a través del perfil del suelo. Para la clasificación de la textura según los porcentajes (%) se utiliza los grupos indicados en la Tabla 2-21 y **Figura 2-16**.

Tabla 2-21 Clases texturales del suelo

GRUPOS TEXTURALES	CÓDIGO	CLASES TEXTURALES
Gruesas	G	Arenosa, Arenosa franca y Franco arenosa.
Medias	M	Franca, Franco limosa, Limosa.
Finas	F	Franco arcillosa, arcillosa, arcillo-limosa.
Finas a medias	H	Franco-arcillo-arenosa.
Medias a Gruesas	L	Franco-arcillo –limosa.
Medias a finas	N	Arcillo-arenosa.

Fuente: IGAC, 2014; adaptado por SGS Colombia S.A.S., 2023

Figura 2-16 Triangulo de la clasificación textural de los suelos



Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024

○ Drenaje del suelo

El drenaje natural del suelo es la mayor o menor rapidez o facilidad para evacuar el agua por escurrimiento superficial y por infiltración profunda. Esta propiedad del suelo se determina según lo indicado en la **Tabla 2-22**.

Tabla 2-22 Tipo de drenaje natural

CÓDIGO	CLASES	CARACTERÍSTICAS
1	Excesivamente drenado	El agua se retira del suelo muy rápidamente.
2	Moderadamente excesivo	El agua se retira del suelo con rapidez.
3	Bien drenados	El agua se retira del suelo con facilidad, pero no con rapidez.
4	Moderadamente bien drenado	El perfil del suelo permanece saturado por períodos cortos.
5	Imperfectamente drenados	El agua es removida del suelo con lentitud. El nivel freático se localiza a media profundidad del perfil del suelo.
6	Pobremente drenados	El nivel freático se encuentra muy cerca de la superficie la mayor parte del año.
7	Muy pobremente drenado	El nivel freático alcanza hasta la superficie o permanece sobre ella la mayor parte del año.
8	Moderadamente bien drenado a pobremente drenados	El agua se retira del suelo con rapidez y el nivel freático se mantiene cerca de superficie.
9	Bien drenados a excesivamente drenados	El agua se retira del suelo muy rápidamente y se infiltra al subsuelo rápidamente.

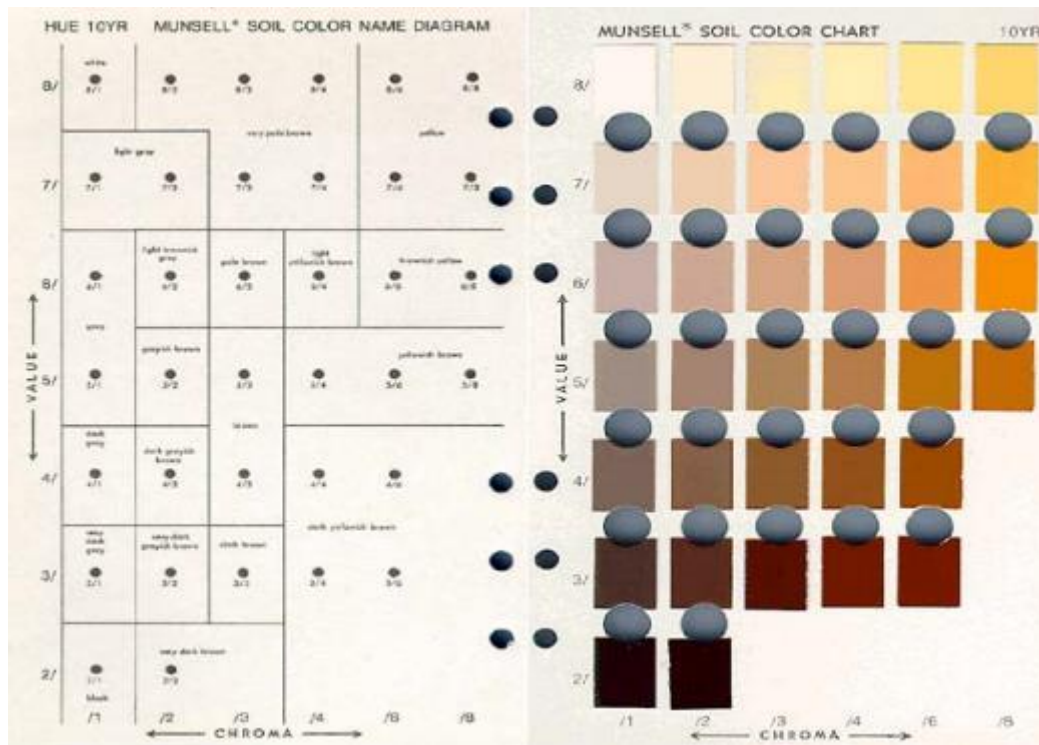
Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024.

○ Color del suelo

El color del suelo es una de las características físicas más importantes utilizado para separar los horizontes, identificando de esta manera las distintas clases de suelo. Para esto se emplea la tabla de colores Munsell (Munsell, 1980). Estas tablas incluyen todos los matices del rango visible del espectro electromagnético, se utilizan para describir el color de rocas, suelos, plantas, entre otros. En suelos se utiliza sólo alrededor de la quinta parte del rango total de matices. La tabla Munsell está compuesta de hojas, representando cada una de ellas un matiz (Hue) específico que aparece en la parte superior derecha de dicha página. Cada hoja presenta una serie plaquitas o "chips" diferentemente coloreados y sistemáticamente arreglados en la hoja, que representan la claridad (Value) y la pureza (Chroma). Las divisiones de claridad (Value) se presentan en sentido vertical, incrementando su valor (haciéndose más claro) de abajo hacia arriba; las divisiones de pureza (Chroma) se presentan en sentido horizontal, en la parte inferior de la hoja, incrementándose de izquierda a derecha.

El matiz (Hue) se expresa en una escala angular con un arco de 3,6° para cada hoja, se basa en cinco matices básicos: rojo (R), amarillo (Y), verde (G), azul (B) y púrpura (P); así como los cinco matices combinados de los anteriores (YR, GY, BG, PB y RP), cada uno de los matices tiene diferentes tonalidades que se especifican mediante números entre cero (0) y diez (10) colocados antes de la letra correspondiente (**Figura 2-17**). La claridad (Value) y pureza (Chroma) se expresan en una escala lineal con una relación de 2,5:1 entre ellos.

Figura 2-17 Tabla MUNSELL para la determinación en muestras de suelo

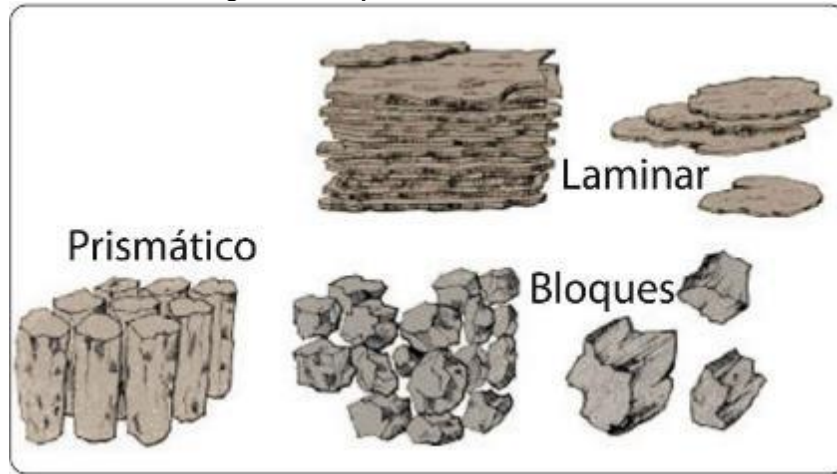


Fuente: MUNSELL Soil Color Book, SGS Colombia S.A.S., 2023

○ Estructura del suelo

La estructura del suelo se define por la forma en que se agrupan u organizan las partículas individuales de arena, limo y arcilla. Cuando las partículas individuales se agrupan, toman el aspecto de partículas mayores y se denominan agregados. En la **Figura 2-18**, se muestra los tipos de estructura de suelos, los cuales se comparan cuando se levanta una muestra en campo.

Figura 2-18 Tipo de estructura del suelo



Fuente: UNLM, adaptada por, SGS Colombia S.A.S., 2023

○ Erosión del suelo

Se define como la pérdida gradual de los materiales que forman el suelo, originada por procesos que involucran a agentes geológicos como el viento y el agua que arrastran y transportan las partículas hasta originar la degradación total o parcial de sus horizontes o capas. (**Tabla 2-23**).

Tabla 2-23 Erosión del suelo

CLASE POR GRADO DE EROSIÓN	CÓDIGO
Ligera	1
Moderada	2
Severa	3

Fuente: IGAC, 2014; adaptado por SGS Colombia S.A.S., 2023

○ Pedregosidad

La pedregosidad hace referencia a la cantidad de fragmentos rocosos presentes en la superficie del suelo y que pueden afectar procesos a nivel de mecanización del suelo. Dichos fragmentos se clasifican de acuerdo con su tamaño que pueden ir desde grava fina (0.2 a 2 cm) hasta pedregones (> 60 cm).

○ Descripción de perfiles de suelos

Con la información obtenida en las calicatas, cajuelas y perfiles, se logró el conocimiento de las características morfológicas y físicas de los suelos. Esta información fue complementada

con la descripción de parámetros como pendiente, textura del suelo, drenaje del suelo, color del suelo, estructura del suelo, erosión, pedregosidad.

Los parámetros analizados por el laboratorio se muestran en la **Tabla 2-24**.

Tabla 2-24. Parámetros evaluados para muestreo de suelo

PARÁMETRO	METODOLOGÍA
ALUMINIO INTERCAMBIABLE	NTC 5263:2017 - Volumétrico - NA - A
ARSENICO, AS - ICP/MS	EPA 3051 A - EPA 200.8 - ICP/MS - 1.5 mg As/Kg - A
BALANCE DE HUMEDAD EN SUELOS DR. CALDERON –SUBCONTRATADO	SUBCONTRATADO - B
BARIO, BA - ICP/MS	EPA 3051 A - EPA 200.8 - ICP/MS - 45 mg Ba/Kg - A
CADMIO, CD - ICP/MS	EPA 3051 A - EPA 200.8 - ICP/MS - 1.5 mg Cd/Kg - A
CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO (CIC)	NTC 5268:2014 - Extracción acetato de amonio 1N, pH 7.0 - NA –A
CARBONO ORGANICO TOTAL	ISO 10694 1995-03-01 Primera Edición - Combustión seca -infrarrojo - 200 g C/Kg - A
COLOR EN SUELOS	NORM-021 - NA - NA
CONDUCTIVIDAD – SUBCONTRATADO	NTC 5596:2008PASTA DE SATURACION – CHEMILAB -A
CROMO, CR - ICP/MS	EPA 3051 A - EPA 200.8 - ICP/MS - 1.5 mg Cr/Kg - A
DENSIDAD APARANTE	IGAC, 6ta edición, 2006 - Método del Cilindro - NA - A
DENSIDAD REAL	NORM-021 SEMARNAT 2000, Diario oficial Segunda Sección, AS - 04 - Método del Picnómetro - NA - A
ESTABILIDAD ESTRUCTURAL - SUBCONTRATADO	LABORATORIO NACIONAL DE SUELOS 6 EDICION 2006YODER, GRAVIMETRIA - CHEMILAB –A
FOSFORO DISPONIBLE – SUBCONTRATADO	NTC 5350 BRAY II – CHEMILAB -A
GRASAS Y ACEITES - EXTRACCION ULTRASONICA / PARTICIONINFRARROJO	Método propio EHS-LAB-P-147:2019 - Ultrasonido / Infrarrojo - 20mg/Kg - A
HIDROCARBUROS - PARTICION / INFRARROJO	Método propio EHS-LAB-P-148:2019 - Ultrasonido / Infrarrojo - 2mg/Kg - A
HUMEDAD	NTC 1495 - ND - B
MATERIA ORGANICA – SUBCONTRATADO	NTC 5403 DIGESTION – CHEMILAB -A
MERCURIO, HG - ICP/MS	EPA 3051 A - EPA 200.8 - ICP/MS - 0.15 mg Hg/Kg - A
PH – POTENCIOMETRICO	EPA 9045 D - Potenciométrico - NA - A
PLOMO, PB - ICP/MS	EPA 3051 A - EPA 200.8 - ICP/MS - 1.5 mg Pb/Kg - A
POROSIDAD	Cálculo a partir de la densidad real y la densidad aparente; Lourdes Flores Delgadillo y Jorge René Alcalá Martínez, Manualde procedimientos analíticos, México, Universidad Nacional Autónoma de México. Numeral 4.3. Porosidad del suelo y términos relacionados - NA- A

PARÁMETRO	METODOLOGÍA
POTENCIAL REDOX – SUBCONTRATADO	ASTM G 200 -9 CHEMILAB –A
SATURACION DE ALUMINIO - SUBCONTRATADO	Kellog Soil Survey Laboratory Methods Manual. Soil Survey Investigations Report N°42. Versión 5,0. Methods code 4B4d. 2014 - NA - A
SATURACIÓN DE BASES - SUBCONTRATADO	NORM -021-RECNAT -2000 CALCULO – CHEMILAB -A
SELENIO, SE - ICP/MS	EPA 3051 A - EPA 200.8 - ICP/MS - 1.5 mg Se/Kg - A
SODIO DE CAMBIO - ICP/MS	MÉTODO DEL ACETATO DE AMONIO 1M pH 7.0 EN SUELOSNTC 5349, 2016 - 0.020 mg/Kg - B
TEMPERATURA AMBIENTE – CAMPO	CAMPO – B
TEXTURA	NTC 6299:2018 Modificado - Bouyoucos - NA - A

Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024

Para la descripción de las calicatas y cajuelas realizadas dentro del área de estudio, se contó con un formato de campo. Este formato, contiene información referente a paisaje, clima, tipo de relieve, taxonomía, características y la correspondiente unidad de suelo (**Figura 2-19**).

Figura 2-19. Formato de campo para suelos, características y propiedades

voltalia		NOMBRE DEL PROYECTO		SGS	
DESCRIPCIÓN DE SUELOS FORMULARIO DE CAMPO					
Fecha:		Día:	Mes:	Año:	
		Departamento:			Municipio:
		Vereda:			Uso actual:
		Clase agrológica:			Paisaje
		Clima Ambiental:			Época de descripción:
		Presencia de inundaciones:			Duración/frecuencia inundación:
Coordenadas (Origen Único Nacional):		Este:		Norte:	
MUESTREO:					
		Calicata	<input type="checkbox"/>	Cajuela	<input type="checkbox"/>
		Talud de carretera <input type="checkbox"/>			
Litología					
Geomorfología		Paisaje:	Montaña <input type="checkbox"/>	Altillanura <input type="checkbox"/>	Origen:
			Lomerío <input type="checkbox"/>	Penillanura <input type="checkbox"/>	Estructural <input type="checkbox"/>
			Piedemonte <input type="checkbox"/>	Planicie <input type="checkbox"/>	Volcánico <input type="checkbox"/>
			Valle <input type="checkbox"/>	Otro <input type="checkbox"/>	Coluvial <input type="checkbox"/>
		Tipo relieve:	Forma terreno:		
Pendiente		Gradiente:	Longitud:	Forma:	
Erosión		Clase:	No aparente <input type="checkbox"/>	Tipo:	Laminar <input type="checkbox"/>
			Eólica <input type="checkbox"/>		Surcos <input type="checkbox"/>
			Hídrica <input type="checkbox"/>		Cárcavas <input type="checkbox"/>
			Diferencial <input type="checkbox"/>		
		Evidencias:			
Movimientos en masa		Tipo:	Reptación <input type="checkbox"/>	Flujos <input type="checkbox"/>	Sofusión <input type="checkbox"/>
			Soliflucción <input type="checkbox"/>	Desliz planar <input type="checkbox"/>	Zurales <input type="checkbox"/>
			Terraceo <input type="checkbox"/>	Desliz rotac <input type="checkbox"/>	Otros <input type="checkbox"/>
		Evidencias:			
Pedregosidad Superficial		Clase:	No hay <input type="checkbox"/>	Superficie:	< 0,1 % <input type="checkbox"/>
			Pocos <input type="checkbox"/>		0,1 - 3,0 % <input type="checkbox"/>
			Medianos <input type="checkbox"/>		3,0 - 15,0 % <input type="checkbox"/>
			Abundantes <input type="checkbox"/>		15,0 - 40,0 % <input type="checkbox"/>
			Muy abund. <input type="checkbox"/>		40,0 - 70,0 % <input type="checkbox"/>
			Miscelánea <input type="checkbox"/>		> 70,0 % <input type="checkbox"/>
			Pedregosa <input type="checkbox"/>	Tamaño (cm.):	
				Tipo:	Gravilla <input type="checkbox"/>
					Cascajo <input type="checkbox"/>
					Gujarro <input type="checkbox"/>
					Laja <input type="checkbox"/>
					Piedra <input type="checkbox"/>
					Pedregón <input type="checkbox"/>

Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024

El criterio de selección de localización de las calicatas se basa principalmente en la identificación y caracterización de todas las unidades de suelo por lo que se selecciona una

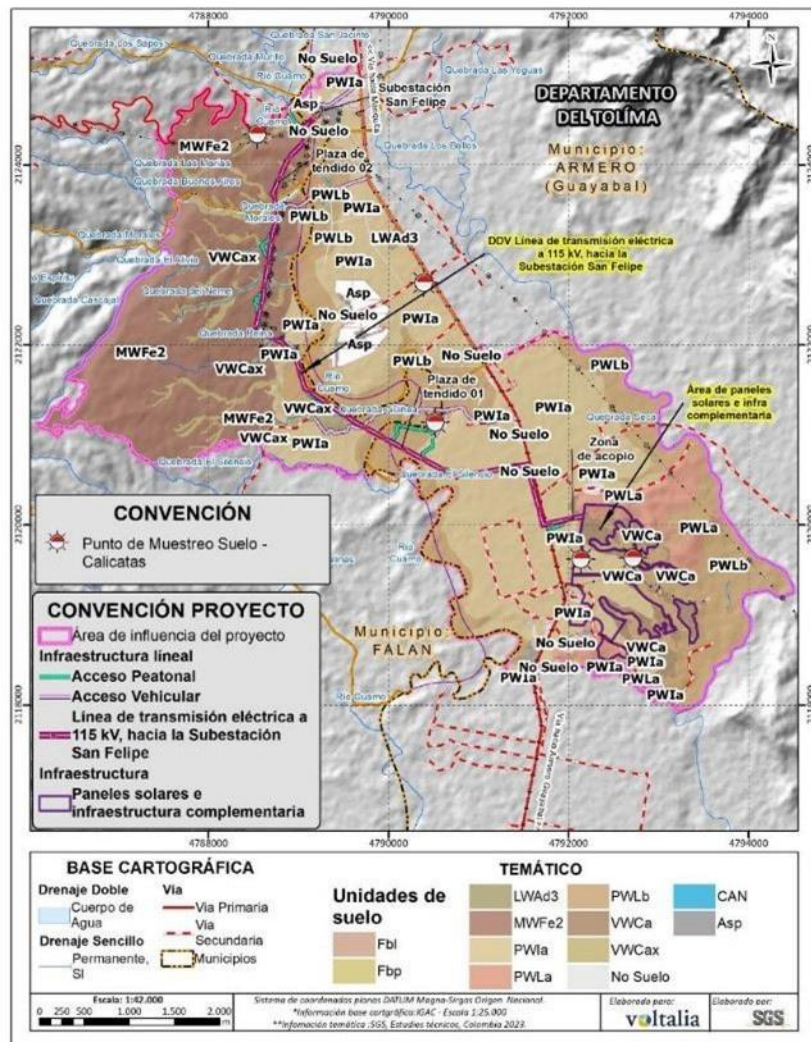
calicata por unidad de suelo identificado. Con el fin de conocer las características edafológicas de las unidades cartográficas de suelo del área de estudio, fueron elaboradas 5 calicatas, dentro de las unidades cartográficas de suelo presentes. Estas se hicieron de un 1,0 metros de profundidad. Adicional para la caracterización se realizó la apertura de 14 cajuelas de 50 centímetros de profundidad (**Tabla 2-25, Figura 2-20, Fotografía 2-1 y Fotografía 2-2**).

Tabla 2-25. Puntos de control suelos área de estudio

Nomenclatura Punto	Coordenadas Magnas Sirgas Origen Nacional	
	ESTE	NORTE
Cajuela 01	4792807,51	2119367,80
Cajuela 02	4792395,86	2119421,18
Cajuela 03	4789537,04	2121051,29
Cajuela 04	4792957,82	2118296,34
Cajuela 05	4792680,47	2118495,97
Cajuela 06	4792663,82	2121023,95
Cajuela 07	4789083,22	2124450,62
Cajuela 08	4789402,89	2124262,59
Cajuela 09	4788693,25	2120842,99
Cajuela 10	4788696,52	2123255,05
Cajuela 11	4788632,07	2122997,65
Cajuela 12	4788672,6	2122891,52
Cajuela 13	4788640,43	2122681,03
Cajuela 14	4788577,75	2122483,52
Heliconia-01	4792143,12	2119627,47
Heliconia-02	4792723,33	2119639,07
Heliconia-03	4790526,2	2121145,55
Heliconia-04	4790399,48	2122697,44
Heliconia-05	4788548,85	2124348,62

Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024.

Figura 2-20. Localización puntos de control componente suelos



Fotografía 2-1 Apertura de calicatas



Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024

Fotografía 2-2 Apertura de cajuelas



Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024

○ Toma de muestras

De acuerdo con la distribución de las unidades cartográficas de suelo, fueron tomadas muestras de suelo por cada calicata. Específicamente se tomaron muestras de suelos por cada horizonte presente en el perfil, en cada una de las calicatas. Estas muestras de suelos fueron enviadas a los laboratorios acreditados SGS (La acreditación se puede ver en el **ANEXO/ Anexo 5/Abiótico/5.1.1LAB/ 5.1.5 Suelos**), con el fin de conocer parámetros fisicoquímicos de cada horizonte de suelo, teniendo en cuenta los parámetros solicitados por

el Ministerio de Medio Ambiente de acuerdo con la resolución 2182 de 2016 (modelo de almacenamiento de GDB). Los parámetros físicos y químicos se presentan a continuación en la **Tabla 2-26** y **Tabla 2-27**.

Tabla 2-26. Propiedades químicas de los suelos

PROPIEDADES QUÍMICAS DE LOS SUELOS		
PH_VALOR	Valor del pH del horizonte.	Obligatorio
PH_RANGO	Rango de acidez o alcalinidad (pH) del horizonte.	Obligatorio
CO	Valor de Carbono Orgánico del horizonte.	Condicional
MO	Valor de Materia Orgánica del horizonte.	Condicional
NTotal	Valor de Nitrógeno Total presente en el horizonte.	Condicional
CaCo3	Valor de Carbonato de Calcio presente en el horizonte.	Condicional
FOSFORO	Valor de Concentración de Fósforo en ppm presente en el horizonte.	Condicional
CICA	Valor de Capacidad de Intercambio Catiónico en cmol/Kg del horizonte.	Condicional
CICE	Valor de Capacidad de Intercambio Catiónico Efectiva en cmol/Kg del horizonte.	Condicional
CICV	Valor de Capacidad de Intercambio Catiónico Variable en cmol/Kg del horizonte.	Condicional
Ca	Valor de Calcio Total en cmol/Kg presente en el horizonte.	Condicional
Mg	Valor de Magnesio Total en cmol/Kg presente en el horizonte.	Condicional
K	Valor de Potasio Total en cmol/Kg presente en el horizonte.	Condicional
Na	Valor de Sodio Total en cmol/Kg presente en el horizonte.	Condicional
Al	Valor de Aluminio Intercambiable en cmol/Kg presente en el horizonte.	Condicional
CICA_Ar	Relación de la Capacidad de Intercambio Catiónico respecto al % de Arcilla presente en el horizonte.	Condicional
SCa	Porcentaje (%) de Saturación de Calcio presente en el horizonte.	Condicional
SMg	Porcentaje (%) de Saturación de Magnesio presente en el horizonte.	Condicional
SK	Porcentaje (%) de Saturación de Potasio presente en el horizonte.	Condicional
SNa	Porcentaje (%) de Saturación de Sodio presente en el horizonte.	Condicional
SAI	Porcentaje (%) de Saturación de Aluminio presente en el horizonte.	Condicional
SBA	Porcentaje (%) de Saturación de Bases presente en el horizonte.	Condicional
SBE	Porcentaje (%) de Saturación de Bases Efectivas presente en el horizonte.	Condicional
Ca_Mg	Relación de Calcio/Magnesio presente en el horizonte.	Condicional
Mg_K	Relación de Magnesio/Potasio presente en el horizonte.	Condicional
Ca_K	Relación de Calcio/Potasio presente en el horizonte.	Condicional
Ca_Mg_K	Relación de Calcio sumado al Magnesio/Potasio presente en el horizonte.	Condicional

PROPIEDADES QUÍMICAS DE LOS SUELOS		
CICA_Ar	Relación de la Capacidad de Intercambio Catiónico respecto al % de Arcilla presente en el horizonte.	Condicional
COND_ELEC	Valor de la Conductividad Eléctrica presente en el horizonte en ds/m.	Condicional
PSI	Porcentaje (%) de Sodio Intercambiable presente en el horizonte.	Condicional
SAR	Porcentaje (%) de la Relación de Absorción de Sodio presente en el horizonte.	Condicional
BT	Valor de Bases Totales en cmol/Kg presentes en el horizonte.	Condicional

Fuente: MADS 2016; adaptado por SGS Colombia S.A.S., 2023

Tabla 2-27. Propiedades físicas de los suelos

PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS SUELOS		
ARENA	Porcentaje de arena presente en el horizonte.	Condicional
LIMO	Porcentaje de limo presente en el horizonte.	Condicional
ARCILLA	Porcentaje de arcilla presente en el horizonte.	Condicional
TEXTURA	Textura del horizonte.	Condicional
GRAVILLA	Porcentaje de gravillas presente en el horizonte.	Condicional
ESTRUC_TIP	Tipo de estructura del horizonte.	Condicional
ESTRUC_CLA	Clase de estructura del horizonte.	Condicional
DENS_APARE	Densidad Aparente del horizonte en g/cm ³ .	Condicional
DENS_REAL	Densidad Real del horizonte en g/cm ³ .	Condicional
MACROPOR	Porcentaje de la Macroporosidad presente en el horizonte.	Condicional
MICROPOR	Porcentaje de la Microporosidad presente en el horizonte.	Condicional
TOTAL_POR	Porcentaje total de la Porosidad presente en el horizonte.	Condicional
SAT_HUMED	Porcentaje de saturación del contenido de humedad presente en el horizonte.	Condicional
H_10_kPa	Porcentaje de retención de humedad para el horizonte a una presión negativa (aspiración) de 10 kPa.	Condicional
H_30_kPa	Porcentaje de retención de humedad para el horizonte a una presión negativa (aspiración) de 30 kPa.	Condicional
H_100_kPa	Porcentaje de retención de humedad para el horizonte a una presión negativa (aspiración) de 100 kPa.	Condicional
H_500_kPa	Porcentaje de retención de humedad para el horizonte a una presión negativa de 500 kPa.	Condicional
H_1000_kPa	Porcentaje de retención de humedad para el horizonte a una presión negativa (aspiración) de 1000 kPa.	Condicional
H_1500_kPa	Porcentaje de retención de humedad para el horizonte a una presión negativa (aspiración) de 1500 kPa.	Condicional
HUM_APRO	Porcentaje de Humedad Aprovechable.	Condicional

PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS SUELOS		
LIMI_LIQ	Porcentaje para el Limite Líquido.	Condicional
LIMI_PLAS	Porcentaje para el Limite Plástico.	Condicional
IND_PLAST	Índice de plasticidad.	Condicional
COLE	Coeficiente lineal de elasticidad.	Condicional

Fuente: MADS 2016; adaptado por SGS Colombia S.A.S., 2023

○ Metodología de muestreo

En el marco del desarrollo del presente proyecto fue realizado un muestreo de las características fisicoquímicas en la unidad cartográfica de suelo. Las muestras de suelo recolectadas en campo, fueron enviadas al Laboratorio SGS, para su respectivo análisis. Dichas muestras fueron marcadas para su posterior reconocimiento en el laboratorio.

El muestreo adecuadamente concebido y realizado, es una tarea muy importante, debido a que constituye la herramienta básica para la veeduría y el control de su calidad. El propósito del muestreo es obtener, para su análisis, una porción del suelo, que sea verdaderamente representativa. Los factores más críticos, necesarios para la representatividad de una muestra son el sitio, tiempo y el mantenimiento de la integridad de la muestra previo a su análisis.

El muestreo realizado fue de tipo manual, siguiendo las directrices plasmadas en el procedimiento del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). A continuación, se cita el procedimiento para muestreo en suelos, sedimentos y otros materiales geológicos

- Tomar nota de todas las características de sitio como la ubicación de la muestra, descripción de suelo, procedimientos usados, datos de seguridad, conversaciones con clientes o empleados del sitio, mediciones, estado del tiempo, etc.
- Cortar el césped, si aplica. Guardar el césped para la restauración del hoyo después de realizado el muestreo.
- Cuando las muestras son recolectadas por espátula, pala o cuchara, use un limpiador para remover residuos de suelo de la herramienta colocando los desperdicios en un recipiente plástico
- Empacar las muestras en contenedores. Si un análisis orgánico volátil va a ser ejecutado, transferir una porción de la muestra directamente dentro de un contenedor apropiado con una cuchara metálica o con guantes. Tapar el contenedor hasta el tope, estando seguro de que no existan espacios en la parte superior del contenedor. Inmediatamente marque la muestra. Para otros tipos de muestras simples sitúe una porción de suelo dentro de una vasija metálica limpia o balde y mezcle hasta obtener una muestra homogénea. Si después de la mezcla la muestra parece ser homogénea, transferir la muestra a un contenedor. Ubique la muestra dentro de un contenedor apropiado con los preservativos químicos apropiados. Si la muestra es compuesta, ubicar las muestras desde todos los puntos de muestreo o intervalos dentro de un contenedor y mezclar hasta homogenizar el material. Después de que la mezcla es completada, colocar la muestra en un contenedor con tapa. Marca el contenedor.
- Completar los formatos con los datos de las muestras recolectadas.

- Colocar todas las muestras dentro de un cuarto frío o algún dispositivo similar a 4°C.
- Rellenar los hoyos abiertos con el material almacenado.
- Limpiar y restaurar el sitio de muestreo.
- Descontaminar los equipos y el sitio de muestreo.
- Antes de abandonar el sitio, anotar los puntos donde se tomaron las muestras y revisar todo lo anotado.
- El muestreo y transporte de las muestras se realizó garantizando la integridad física, química y biológica de las muestras durante el período transcurrido entre la toma y los análisis de estas; aplicando métodos de preservación internacionalmente aceptados entre otros, aislamiento de metales, protección contra la luz directa y control de temperatura al refrigerar las muestras a 4 grados centígrados, utilizando hielo para tal fin.
- El proceso de control y vigilancia del muestreo, preservación y análisis (chain-of custody procedure) es esencial para asegurar la integridad de la muestra desde su recolección hasta el reporte de los resultados. Este proceso consiste en seguir o monitorear las condiciones de la toma de muestra, preservación, dosificación, transporte y su posterior análisis. Se considera que una muestra está bajo custodia de una persona si está bajo su posesión física individual, a su vista, y en un sitio seguro. Los siguientes procedimientos resumen los principales aspectos del control y vigilancia de las muestras.
- Plan de Muestreo: Antes del muestreo se debe realizar el plan de muestreo que contiene la información sobre: Tipo de muestreo, número de muestras por punto de muestreo, sitio de monitoreo, recipientes, parámetros a analizar, preservación y además aspectos logísticos relacionados.
- Etiquetas: Para prevenir confusiones en la identificación de las muestras, estas fueron etiquetadas, teniendo en cuenta la siguiente información: Numero de muestra, fecha y lugar de recolección, preservación realizada según sea el caso y la firma de la persona que realiza el monitoreo.
- Datos de campo y Cadena de Custodia: Se debe registrar toda la información pertinente a las observaciones de campo o del muestreo en el formato cadena de custodia según la matriz de análisis a monitorear, en el que se incluye: Tipo de muestreo, Matriz de Análisis, localización y georreferenciación de la estación de muestreo o del punto de muestreo, empresa que solicita el servicio, número de la muestra, fecha y hora de la realización del monitoreo, firma de la persona que realiza el monitoreo, tipo de muestra y método de preservación si es aplicable. Se debe estipular también el número y cantidad de recipientes y muestra tomada; la descripción del punto y método de muestreo; la fecha de recolección y hora cuando aplique; referencias tales como diagramas del sitio de muestreo; observaciones y mediciones de campo; y firmas del personal responsable de las observaciones. Debido a que las situaciones de muestreo varían ampliamente, es esencial registrar la información suficiente de tal manera que se pueda reconstruir el evento del muestreo.
- Envío de la muestra al laboratorio: Las muestras deben ser entregadas en el laboratorio lo más pronto posible después del muestreo, teniendo en cuenta los tiempos máximos de almacenamiento previos al análisis de los parámetros; las muestras deberán ser enviadas de tal forma que se cumpla este requerimiento o el tiempo de retención mínimo para el grupo de parámetros a analizar, por transporte

terrestre o aéreo, además de las condiciones particulares establecidas en el instructivo de "Recipientes, preservación y almacenamiento de muestras por parámetros".

El procedimiento de muestreo para suelos consiste en la determinación de la localización y la profundidad del muestreo como primera medida (aquí se puede escoger la forma de muestreo, bien sea a partir de una cuadrícula, en Zig-Zag o en diagonales). El procedimiento de muestreo de suelos, sedimentos y lodos contempla las siguientes metodologías según el tipo de muestra a evaluar. (Ver **Fotografía 2-3**; **Fotografía 2-4**).

- Muestra simple o puntual: Muestra en el sitio; una muestra discreta tomada aleatoriamente en un área bien sea de suelo, sedimentos o lodos.
- Reducción del tamaño de la muestra (Cuarteo): Con el fin de reducir la masa de la muestra, se debe mezclar muy bien el total de esta amontonándola sobre una superficie limpia, plana y dura, para formar un cono. Luego se le da la vuelta con una pala, para formar un nuevo cono. Esta operación se lleva a cabo tres veces. Luego el montículo se divide en cuartos, que deben ser de diámetro y espesor uniforme y se debe considerar y recombinar los cuartos opuestos diametralmente. El proceso se repite hasta que los dos cuartos finales producen la masa de muestra requerida. Los cuartos pueden ser utilizados para la toma de muestras por duplicado o triplicado.

Fotografía 2-3 Toma de muestras de suelo



Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024

Fotografía 2-4 Empaque muestras de suelo





Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024

- *Ensayos de campo*
- *Adherencia y plasticidad*

La consistencia y/o adherencia del suelo es la firmeza con que se unen los materiales que lo componen o la resistencia de los suelos a la deformación y la ruptura. La consistencia del suelo se mide por muestras de suelo mojado, húmedo y seco. En los suelos mojados, se expresa como adhesividad y plasticidad, tal como se define infra. La consistencia del suelo puede estimarse en el campo mediante ensayos sencillos, o medirse con mayor exactitud en el laboratorio. Para el área de estudio la consistencia fue determinada directamente durante el trabajo de campo.

La adhesividad, es la cualidad que tienen los materiales del suelo de adherirse a otros objetos. En campo la adhesividad se determina presionando una pequeña cantidad de suelo mojado entre el pulgar y el índice para comprobar si se adhiere a los dedos. Después se separa lentamente los dedos obteniendo: No adherente, ligeramente adherente, adherente, muy adherente (**Tabla 2-28, Fotografía 2-5**).

Tabla 2-28. Adherencia del suelo

TIPO ADHERENCIA	DEFINICIÓN	DIAGRAMA
No Adherente	Si el suelo no se adhiere o prácticamente no queda material adherido a los dedos	
Ligeramente Adherente	Si el suelo comienza a adherirse a ambos dedos, pero al separarlos uno de ellos queda limpio y no se aprecia estiramiento cuando los dedos comienzan a separarse	
Adherente	Si el suelo se adhiere a ambos dedos y tiende a estirarse un poco y a partirse y a no separarse de los dedos	
Muy Adherente	Si el suelo se adhiere fuertemente a ambos dedos, y cuando ambos se separan se observa un estiramiento del material.	

Fuente: FAO, 2023; adaptado por, SGS COLOMBIA, 2023

Fotografía 2-5 Ensayo adherencia del suelo

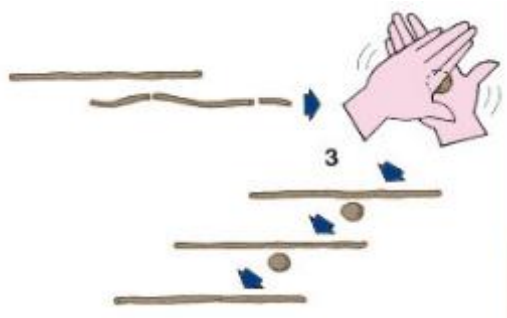


Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024

La plasticidad del suelo se determina tomando una pequeña cantidad de suelo mojado entre las palmas hasta formar una tira larga y redondeada parecida a un cordón de unos 3 mm de espesor. Calificando la plasticidad de la siguiente manera (Tabla 2-29, Fotografía 2-6).

Tabla 2-29. Plasticidad del suelo

TIPO ADHERENCIA	DEFINICIÓN	DIAGRAMA
No plástico	Si no se puede formar un cordón	
Ligeramente plástico	Si se puede formar un cordón, pero se rompe fácilmente y vuelve a su estado anterior	
Plástico	Si se puede formar un cordón, pero al romperse y volver a su estado anterior, no se puede formar nuevamente;	

TIPO ADHERENCIA	DEFINICIÓN	DIAGRAMA
Muy Plástico	Si se puede formar un cordón que no se rompe fácilmente y cuando se rompe, se puede amasar entre las manos y volver a formarlo varias	

Fuente: FAO, 2023; adaptado por SGS Colombia S.A.S., 2023

Fotografía 2-6 Ensayo plasticidad del suelo



Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024

- *Fase poscampo suelos*

La descripción de las unidades de suelo fue realizada en oficina, basado en la información levantada en campo para las unidades caracterizadas y haciendo el respectivo proceso de convalidación con el Estudio General de Suelos del Departamento del Tolima (IGAC, 2013), con el objeto de determinar su valor desde el punto de vista agro productivo, con base en sus propiedades físicas, químicas, y su grado de vulnerabilidad, frente a las perturbaciones que se puedan originar a consecuencia de las actividades incluidas en las estrategias formuladas para el presente proyecto.

Por su parte la Clasificación Agrológica del suelo se realiza utilizando como base el Estudio General de Suelos del Departamento del Tolima, complementado con las observaciones en campo de las unidades de suelo caracterizadas, así como la información contenida en los estudios ambientales realizados en cercanías al presente proyecto.

A partir de la clasificación agrológica se estableció la potencialidad de uso de los suelos, determinada mediante la metodología recomendada por el IGAC Metodología para la Clasificación de las Tierras por su Capacidad de uso (IGAC, 2010) y referenciada en la publicación: Cobertura y Uso Actual de las Tierras en Colombia Volumen II en CD publicado en el año 2002.

Los usos actuales del suelo fueron establecidos mediante fotointerpretación de imagen satelital del proyecto y observaciones en campo. A partir de la fotointerpretación de coberturas y su clasificación mediante la metodología Corine Land Cover y el cruce con las unidades cartográficas de suelo se definen los polígonos de uso actual, clasificados según criterios definidos por el IGAC en la Zonificación de los Conflictos de Uso de las Tierras en Colombia Vol. 2 Bogotá D.C.

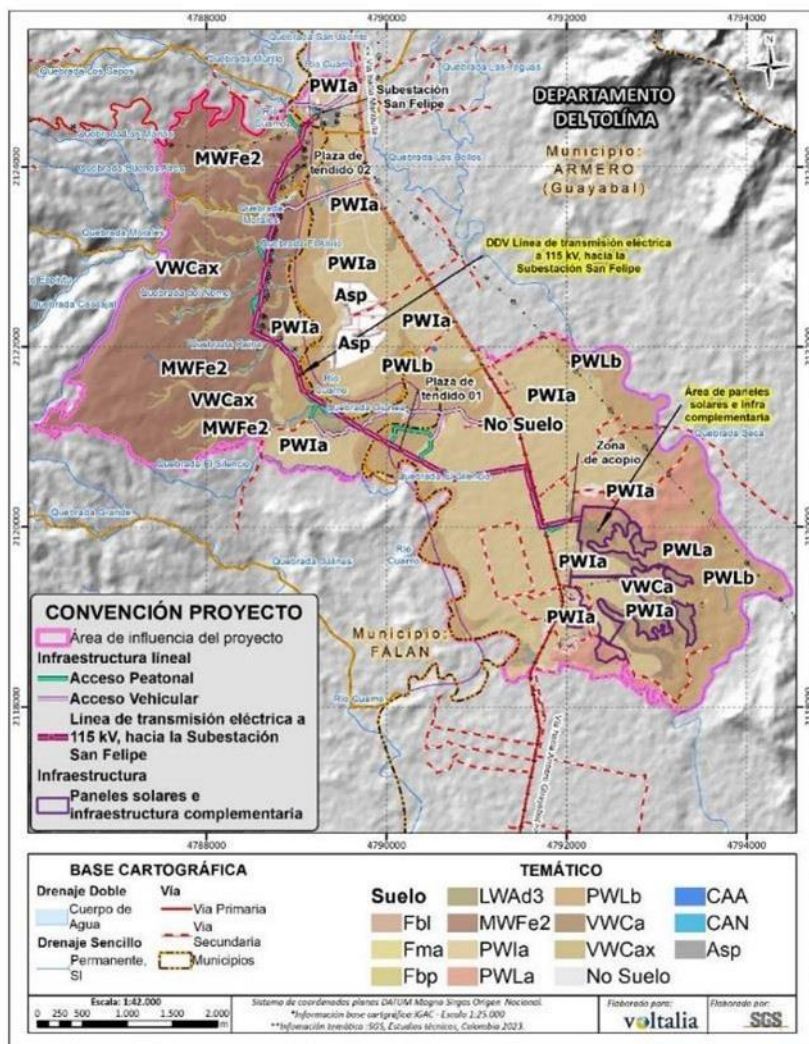
La metodología para establecer los conflictos de uso del suelo se basa en el análisis comparativo del uso actual del suelo y su clasificación agrológica. Los resultados que se desprenden de este análisis se pueden clasificar en diferentes niveles que van desde el uso apropiado, es decir tierra sin conflicto de uso, hasta el uso en actividades muy distantes de su potencialidad, es decir tierras con sobreutilización severa.

Como resultado para el componente de suelos se presenta la siguiente información se define el área de influencia definitiva para el componente, con la información analizada, y se tiene como resultado la siguiente información:

Con la información analizada, se definen las Unidades Cartográficas de Suelo presentes en la zona que permitirán definir el Área de Influencia Físico-Biótica definitiva

Mapa de suelos. Incluyendo clasificación agrológica de los suelos, uso actual y potencial y el establecimiento de los conflictos del uso del suelo.

Figura 2-21. Área definitiva para el componente suelos



2.3.2.1.7 Hidrología

• Fase de precampo

En la etapa precampo se analizó la información disponible de cartografía base y la base de datos de estaciones del IDEAM. Para esto, se empleó la cartografía del IGAC en escala 1:100.000 (plancha 227 y 246) y 1:25.000 (planchas 227-IV-C y 246-II-A), así como la cartografía, del Área del Proyecto, accesos, drenajes, corredores viales y cruces del proyecto. Además, se utilizó la información presentada en el Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica (POMCA) del Río Lagunilla (CORTOLIMA, 2009), la capa de zonificación hidrográfica nacional (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM, 2003) y la capa de red de estaciones del IDEAM (IDEAM, 2017). Los cálculos morfométricos

se realizaron en el software QGis de código abierto (QGIS User Guide. Publicación 3.4. Manual de usuario, 2020).

Además, se seleccionó y se solicitó al IDEAM la información de caudales diarios mínimos, medios y máximos requeridos para el desarrollo de la caracterización hidrológica del proyecto.

- **Fase de campo**

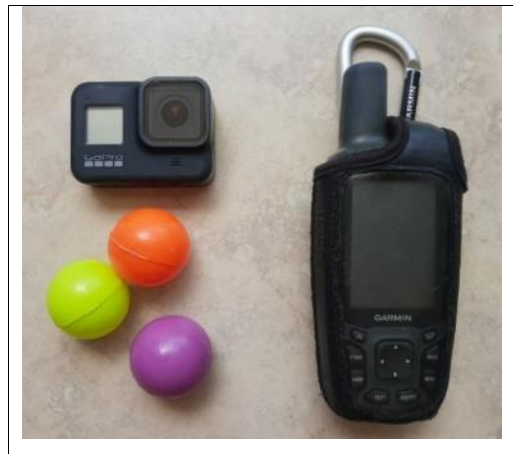
Para el levantamiento de información en campo se usó un GPS Garmin 62sc, una cámara GoPro Hero8 Black, pimpones para aforo y formatos de recolección de información (ver **Figura 2-22** y **Fotografía 2-7**). Se visitaron los puntos de control propuestos en la etapa precampo del 23 al 27 de mayo de 2022 en compañía de auxiliares de campo y se tomó la localización, elevación, tipo y nombre del cuerpo de agua, fotografías, niveles de inundación, características del cauce (sección y material de fondo) y permanencia del cuerpo de agua.

Figura 2-22 Formato de recolección de información hidrológica en campo

FORMATO DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN HIDROLÓGICA EN CAMPO							
Proyecto:					Encargado trabajo campo:		
Fecha:					Consecutivo:		Sistema Referencia:
PUNTO (WP)	ESTE [m]	NORTE [m]	ELEVACIÓN [msnm]	TIPO CUERPO (Léntico, Lótico) / NOMBRE	CARACTERÍSTICAS (Permanencia, material de fondo, sección, inundaciones, cobertura asociada)	ESQUEMA (Planta y perfil)	FOTOGRAFÍAS

Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024

Fotografía 2-7 Equipos de campo componente hidrológico



Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024

En el trabajo de campo se levantaron 100 puntos de control hidrológico donde se reconocieron cuerpos de agua en el área de influencia del proyecto. En la **Tabla 2-30** se presenta la información registrada y en la **Figura 2-30** se presenta su localización con respecto al proyecto.

Tabla 2-30 Puntos de control de campo componente hidrológico

NÚMERO	NOMBRE	COORDENADAS ORIGEN NACIONAL	
		ESTE	NORTE
1	Canal	4788792,16	2122028,96
2	Canal	4788778,89	2122023,63
3	Canal	4788803,92	2122019,62
4	Canal	4788763,25	2122031,48
5	Canal	4788814,91	2122000,42
6	Lotico	4789223,51	2121412,14
7	Lotico	4788819,52	2122073,84
8	Lotico	4788791,91	2122082,45
9	Lotico	4789439,30	2121323,19
10	Lotico	4788827,92	2122065,88
11	Lotico	4788852,89	2122056,62
12	Lotico	4788899,19	2122000,85
13	Lotico	4789372,27	2121221,36
14	Lotico	4789350,64	2121236,67
15	Lotico	4789424,12	2121323,84

NÚMERO	NOMBRE	COORDENADAS ORIGEN NACIONAL	
		ESTE	NORTE
16	Captación de agua	4793200,90	2119243,02
17	Drenaje	4792380,79	2119172,18
18	Drenaje	4792514,09	2118505,93
19	Drenaje	4792729,15	2118867,59
20	Drenaje	4792957,01	2118330,65
21	Drenaje	4792333,98	2119785,85
22	Drenaje	4791911,87	2118789,92
23	Lentico	4792208,01	2118808,13
24	Drenaje	4792122,17	2119888,44
25	Lentico	4792544,16	2118527,85
26	Lenticos	4792483,52	2119044,93
27	Lentico	4792186,06	2120070,18
28	Lentico	4791952,68	2118672,79
29	Drenaje	4792416,70	2119982,79
30	Lotico	4793257,23	2119492,03
31	Drenaje	4792498,77	2119059,43
32	Lotico	4793209,49	2119285,58
33	Lotico	4793111,98	2119337,86
34	Oc	4793004,88	2119751,27
35	oc/drenaje	4792529,50	2120044,99
36	Drenaje	4788807,07	2121995,91
37	Drenaje	4788765,68	2123347,05
38	Lotico	4793119,10	2119308,96
39	Drenaje	4788849,99	2123611,01
40	Drenaje	4788647,87	2122633,70
41	Lentico	4792659,31	2118893,31
42	Drenaje	4788574,12	2122466,45
43	Drenaje	4788609,83	2122548,88
44	Drenaje	4788682,66	2122899,05
45	Drenaje	4788567,28	2122141,97
46	Drenaje	4788756,54	2122032,38
47	Drenaje	4788698,82	2122032,07
48	Drenaje	4788713,16	2122179,33

NÚMERO	NOMBRE	COORDENADAS ORIGEN NACIONAL	
		ESTE	NORTE
49	Drenaje	4788577,22	2122462,07
50	Drenaje	4790356,01	2120737,78
51	Drenaje	4788592,84	2122241,33
52	Drenaje	4788706,03	2122050,85
53	Drenaje	4788675,48	2122078,00
54	Drenaje	4788773,25	2122111,61
55	Lotico	4789111,94	2123611,17
56	Lotico	4788366,10	2123467,19
57	Lentico	4792208,01	2118808,13
58	Lotico	4788705,82	2123025,74
59	Lotico	4788603,80	2122388,28
60	Drenajes	4788724,04	2122048,31
61	Lotico	4788567,63	2122187,18
62	Lotico	4788814,69	2122073,06
63	Lotico	4788660,37	2122770,23
64	Lotico	4788745,79	2122040,21
65	Lotico	4788596,22	2123445,26
66	Lotico	4789022,56	2121885,21
67	Lotico	4788946,80	2121938,87
68	Lotico	4789084,33	2121541,08
69	Canal	4788834,72	2121939,39
70	Lotico	4789003,27	2121817,58
71	Lotico	4790584,06	2121279,02
72	Drenaje	4790670,13	2121308,45
73	Lotico	4789459,24	2121220,45
74	Lentico	4789358,19	2123656,01
75	Lotico	4789189,49	2121453,73
76	Lentico	4789341,45	2123760,48
77	Drenaje	4790675,89	2121292,43
78	Drenaje	4788789,94	2123863,33
79	Drenaje	4792911,60	2119222,91
80	Drenaje	4788760,84	2123595,46
81	Drenaje	4788721,87	2124600,48

NÚMERO	NOMBRE	COORDENADAS ORIGEN NACIONAL	
		ESTE	NORTE
82	Lentico	4792382,56	2120410,43
83	Drenaje	4788778,02	2123825,44
84	Drenaje	4793142,85	2120493,30
85	Lentico	4791588,13	2118532,46
86	Drenaje	4792970,01	2120557,97
87	Lotico	4788934,14	2124674,52
88	Drenaje	4787953,55	2124699,43
89	Drenaje	4788771,64	2123873,97
90	Lenticos	4790532,18	2121982,00
91	Lotico	4788297,64	2124766,47
92	Lentico	4792391,49	2120434,29
93	Lotico	4789115,23	2124458,84
94	Drenaje	4788071,37	2124462,96
95	Lotico	4788848,16	2124003,07
96	Lotico	4789071,50	2124314,76
97	Drenaje	4787651,51	2124586,65
98	Drenaje	4788392,77	2124444,92
99	Drenaje	4788765,25	2123867,94
100	Drenaje	4788093,39	2124488,31

Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024

El registro fotográfico de algunos puntos de control para el componente hidrológico se presenta a continuación.

Fotografía 2-8 Punto de control componente hidrológico



Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024

Fotografía 2-9 Punto de control componente hidrológico



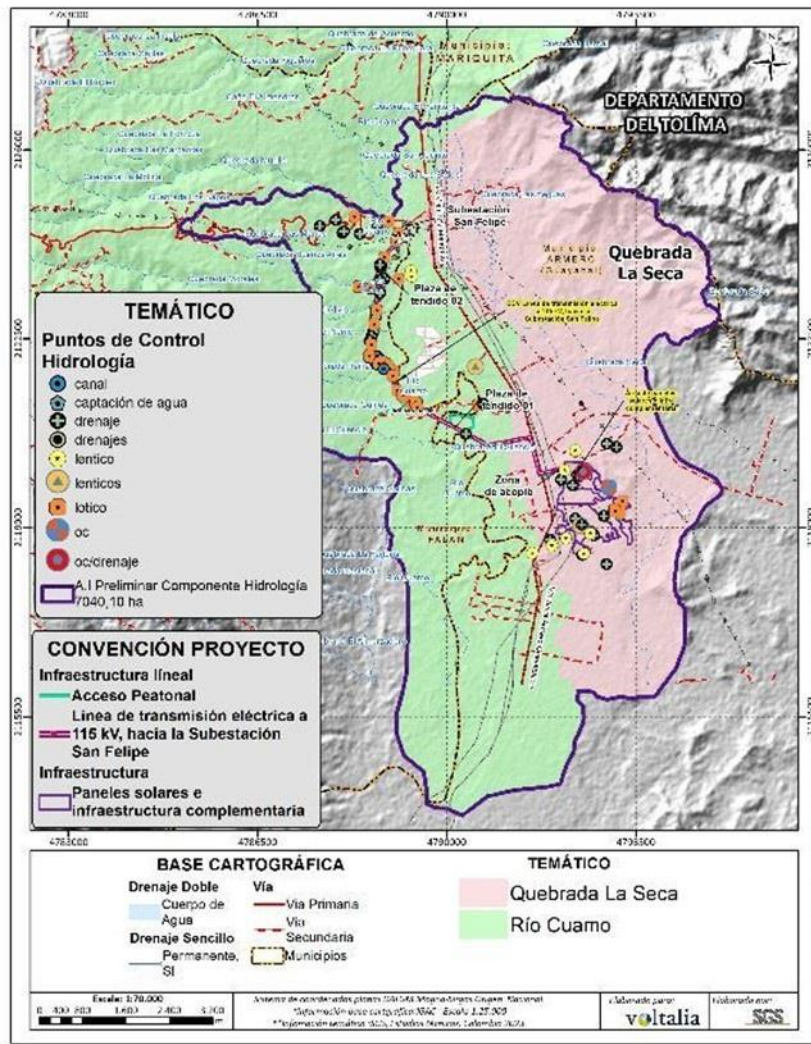
Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024

Fotografía 2-10 Punto de control componente hidrológico



Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024

Figura 2-23 Localización puntos de control de campo componente hidrológico



DDV: Servidumbre del proyecto
Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024

- Fase de poscampo

En la fase de oficina se procesó, analizó y presentó la información de acuerdo con lo indicado en los TÉRMINOS DE REFERENCIA ESPECÍFICOS PARA LA ELABORACIÓN DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PARA EL PROYECTO PARQUE SOLAR HELICONIA 60 MW Y SU LÍNEA DE TRANSMISIÓN ELÉCTRICA DE 115 kV (CORTOLIMA, 2023).

El procesamiento de información espacial se realizó en el sistema de información geográfica QGIS de licencia abierta (QGIS User Guide. Publicación 3.4. Manual de usuario, 2020). Los procesos espaciales son: localización de los puntos registrados en campo, delimitación de las unidades hidrográficas y el área de influencia del proyecto, y la estimación de parámetros morfométricos.

Se realizó un refinado de la red hidrográfica a partir de la cartografía base 1:25.000 del IGAC, de la imagen de satélite para el EIA del parque solar Heliconia y su línea de transmisión, dicha imagen corresponde al sensor EarthScanner-JL-1KF01, con las siguientes características:

EarthScanner-JL-1KF01 ID:

- JL1KF01B_PMSL2_20230911231638_200195571_105_0005_001_L1
- JL1KF01B_PMSR2_20230911231638_200195571_105_0005_001_L1
- JL1KF01B_PMSL2_20230911231638_200195571_105_0004_001_L1

El resultado final fue una red hidrográfica validada en campo que está acorde con la realidad del territorio, la cual tiene leves variaciones con respecto a la cartografía base del IGAC. Se analizó la recarga hídrica a partir de las coberturas vegetales, la pendiente del terreno y las texturas de suelos, ya que estos son los elementos biofísicos que afectan la ocurrencia del fenómeno de recarga.

A su vez, los patrones de drenaje y la descripción de la red hidrográfica se realizaron a partir de la revisión de la red hidrográfica contenida en la cartografía base del IGAC en escala 1:100.000 y 1:25.000 y de las observaciones de campo. La jerarquización y codificación de las unidades hidrográficas se realizó con base a la "Zonificación y Codificación de Unidades Hidrográficas e Hidrogeológicas de Colombia" (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM, 2003).

En cuanto a la morfometría se estimaron los parámetros: área [ha], perímetro [km], longitud del cauce principal [km], elevación máxima del cauce principal [msnm], elevación mínima del cauce principal [msnm], pendiente media del cauce principal [msnm], elevación media de la cuenca [msnm], elevación máxima de la cuenca [msnm], elevación mínima de la cuenca [msnm], pendiente media de la cuenca [%], índice de compactidad, factor de forma, tiempo de concentración con las metodologías Kirpich, Témez, Giandoti y SCS Ranser, longitud de drenajes [km], densidad de drenajes [km/km²]. Estos parámetros se calcularon como se indica en los textos de hidrología: "Handbook of Applied Hydrology" (Chow, Maidment, & Mays, 1964) y "Fundamentos de Hidrología de Superficie" (Aparicio, 1992).

Los análisis estadísticos de la información de caudales llevados a cabo fueron: consistencia, homogeneidad, llenado de datos, extensión y actualidad, y estadística básica. Estos análisis se realizaron en los softwares Excel y PAST (Hammer, Harper, & Ryan, 2001), teniendo en cuenta las prácticas hidrológicas recomendadas por la Organización Meteorológica Mundial (Organización Meteorológica Mundial - OMM, 2011).

El régimen de caudales y los caudales característicos de las cuencas asociadas a los cuerpos de agua afectables por el proyecto fueron estimados a partir del método de caudal-área-precipitación. La CDC sintética se calculó siguiendo la metodología presentada en el libro Diseño Hidrológico (Fattorelli & Fernández, 2011).

Los caudales extremos fueron calculados por el método de superposición de factores de frecuencia y por el método de trasposición de caudales máximos descrito en el "Manual de Drenaje para Carreteras" (Instituto Nacional de Vías - INVIAS, 2009).

Por último, el caudal ambiental y los índices hidrológicos: índice de aridez (IA), índice de uso del agua (IUA), índice de retención y regulación hídrica (IRH) y el índice de vulnerabilidad por desabastecimiento hídrico (IVH); se calcularon con base en las consideraciones teóricas y

conceptuales del Estudio Nacional del Agua – ENA 2010 (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM, 2010), el Estudio Nacional del Agua – ENA 2014 (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM, 2015) y el Estudio Nacional del Agua – ENA 2018 (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM, 2018).

2.3.2.1.8 Calidad del Agua

2.3.2.1.8.1 Etapa Pre-Campo:

En la etapa de preparación se ajustaron los procedimientos esenciales para desarrollar de una manera satisfactoria los demás procesos articulados al estudio. En esta etapa se llevó a cabo toda la planeación y programación para que la Etapa de Campo se llevara a cabo sin ningún inconveniente.

Por medio de la revisión de información secundaria y cartográfica, se determinaron los puntos de monitoreo en cuerpos de agua

- **Etapa Campo: Información primaria**

Para todos los puntos monitoreados se llevaron a cabo la toma de muestras para la caracterización fisicoquímica y bacteriológica. 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 de laboratorio SGS Colombia S.A.S.

Los resultados de análisis de SGS Colombia S.A.S., se encuentran acreditados por el IDEAM bajo Resolución No 086 del 08 de Marzo de 2021, modificada en la Resolución 1001 del 07 de septiembre del 2021, en la cual, se extiende el alcance por medio de la extensión Resolución 0790 del 05 de mayo de 2022 para la sede de Bogotá y la Resolución 0490 del 08 de junio del 2021 para la sede Soledad. Por lo tanto, el presente estudio ambiental es válido para indicar los comportamientos presentados en las muestras de agua superficial recolectadas.

- **Toma de parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos**

Para la toma de las muestras de agua, se utilizó un balde, previamente purgado con el agua del cuerpo de agua a monitorear. Con este dispositivo se tomaron muestras puntuales con las cuales posteriormente se llenarán los diferentes recipientes de vidrio ámbar o plástico opaco. Las mediciones de los parámetros fisicoquímicos como temperatura, conductividad, pH, sustancias flotantes y oxígeno disuelto se realizarán in situ con la ayuda de un equipo multiparámetro, previamente calibrado y posteriormente verificado en campo. 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 con los protocolos de muestreo en los que se define este criterio. Las muestras fueron preservadas teniendo en cuenta el análisis a realizar, así mismo, se rotularon y almacenaron en neveras plásticas refrigeradas, registrando correctamente en formatos de campo la información correspondiente a fecha y hora de muestreo, responsable de la toma, origen, tipo de fijación y otras observaciones pertinentes.

Para la definición de los puntos de muestreo se tuvieron en cuenta las diferentes fuentes hídricas distribuidas en el área de influencia del proyecto, que en total fueron 8 puntos.

La selección de los puntos de monitoreo se realiza teniendo en cuenta los siguientes criterios:

- Drenajes que tienen posibilidad de intervención por las actividades del proyecto.
- Representatividad espacial dentro del Área de Influencia en cuanto a la caracterización físicoquímica y bacteriológico de los cuerpos de agua presentes, es decir representatividad de la cuenca.
- Sitios de ocupación de cauce seleccionados previamente.

El monitoreo tanto para la época seca como la de lluvias se ejecutó en los puntos establecidos bajo la metodología de recolección de muestras, registro de planillas, preservación y envío de las mismas (**Tabla 2-31 y Figura 2-24**).

Tabla 2-31 Identificación de los puntos de muestreo

ID MUESTRA	PUNTO DE MUESTREO	COORDENADAS GEOGRAFICAS		COORDENADAS PLANAS ORIGEN NACIONAL	
		LONGITUD	LATITUD	ESTE	NORTE
BO2311212.002	SUP 1	74°51'50.41"	5° 5'31.61"	4793443,64	2120970,62
BO2311214.001	SUP 2	74°51'40.81"	5° 4'11.74"	4793753,79	2118490,39
PUNTO SECO	SUP 3	74° 52' 5,146"	5° 4' 45,819"	4792689,11	2119768,42
PUNTO SECO	SUP 4	74°51'39.39"	5° 4'33.52"	4793786,34	2119185,05
BO2311166.001	SUP 5 N	74°54'10.36"	5° 6'56.33"	4789141,15	2123583,35
BO2311212.001	SUP 6 N	74°53'37.86"	5° 5'44.40"	4790135,38	2121371,45
BO2311166.002	SUP 7	74°54'27.81"	5° 6'52.29"	4788603,46	2123460,88
BO2311166.003	SUP 8	74°54'15.62"	5° 7'00.44"	4788979,55	2123710,05

Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024

DEPARTAMENTO DEL TOLIMA
Municipio: ARMERO (Guayabal)

CONVENCIÓN

Punto de Muestreo Agua Superficial

Quebrada

Rio

BASE CARTOGRAFICA

Drenaje Doble

Cuerpo de Agua

Drenaje Sencillo

Permanente, SI

Via

Via Primaria

Via Secundaria

Municipios

CONVENCIÓN PROYECTO

Area de influencia del proyecto

Infraestructura lineal

Acceso Peatonal

Acceso Vehicular

Linea de transmisión eléctrica a 115 kV, hacia la Subestación San Felipe

Infraestructura

Paneles solares e infraestructura complementaria

Escala: 1:42,000

0 250 500 1,000 1,500 2,000 M

Sistema de coordenadas: UTM, Datum: WGS 84, Escala: 1:42,000

Elaborado para: **voltaia**

Elaborado por: **S3S**

Página 123

Tabla 2-32 Tipo de recipientes y preservación de muestras

PARÁMETROS	L.C.M.	RECIPIENTE	PRESERVACIÓN	MÉTODO
Acidez, mg/L	5.000	Plástico, Vidrio	Refrigerar a $\leq 6^{\circ}\text{C}$	APHA-AWWA-WEF-SM 2310B: Acidez - Método de valoración. 22a Edición. 2012
Alcalinidad Total, mg/L	5.00	Plástico, Vidrio	Refrigerar a $\leq 6^{\circ}\text{C}$	APHA-AWWA-WEF-SM 2320B: Alcalinidad - Método de valoración. 22a Edición. 2012
Arsénico, mg As/L	0.0030	Plástico, Vidrio	HNO ₃ hasta pH<2, Refrigerar a $\leq 6^{\circ}\text{C}$	
Cadmio, mg Cd/L	0.0030	Plástico, Vidrio	HNO ₃ hasta pH<2, Refrigerar a $\leq 6^{\circ}\text{C}$	EPA 200.8: Determinación de los elementos traza en aguas y desechos por plasma acoplado inductivamente -Espectrometría de masas. 5.4. 1994.
Cloruros, mg/L	0.20	Plástico, Vidrio	Refrigerar $\leq 4^{\circ}\text{C}$	EPA 300.0: Determinación de aniones inorgánicos por cromatografía iónica. Cincinnati-Ohio. 2.1. 1993
Cobre, mg Cu/L	0.0030	Plástico, Vidrio	HNO ₃ hasta pH<2, Refrigerar a $\leq 6^{\circ}\text{C}$	EPA 200.8: Determinación de los elementos traza en aguas y desechos por plasma acoplado inductivamente - Espectrometría de masas. 5.4. 1994.
Coliformes Termotolerantes (Fecales), NMP/100 mL	1	Vidrio estéril o bolsas nasco whirl pak	Refrigerar a $<8^{\circ}\text{C}$.	APHA-AWWA-WEF-SM 9223 B: Prueba de coliforme de sustrato enzimático - Prueba de sustrato enzimático. 22a edición.2012
Coliformes Totales, NMP/100 mL	1	Vidrio estéril o bolsas nasco whirl pak	Refrigerar a $<8^{\circ}\text{C}$. Debe tener espacio de aire.	APHA-AWWA-WEF-SM 9223 B: Prueba de coliforme de sustrato enzimático - Prueba de sustrato enzimático. 22a edición.2012
Color Triestímulo (m-1)	--	Plástico, Vidrio	Refrigerar $\leq 6^{\circ}\text{C}$	ISO 7887, Método B: Examen y determinación del color-Tercera edición, Diciembre 2011
Conductividad, $\mu\text{S/cm}$	--	Análisis Inmediato		Electrométrico SM2510 B
Cromo Total, mg Cr/L	0.0030	Vidrio, Plástico	HNO ₃ hasta pH<2, Refrigerar a $\leq 6^{\circ}\text{C}$	EPA 200.8: Determinación de los elementos traza en aguas y desechos por plasma acoplado inductivamente -Espectrometría de masas. 5.4. 1994.
Demanda Bioquímica de Oxígeno - DBO ₅ , mg O ₂ /L	2.00	Plástico, Vidrio	Refrigerar a $\leq 6^{\circ}\text{C}$, el envase debe traer la muestra sin burbuja para el debido análisis	APHA-AWWA-WEF-SM 5210 B: Bioquímica Oxígeno Demanda - Prueba 5 días de DBO. 22a Edición. 2012 -ASTM 888-09 método C: Oxígeno disuelto por sensor basado en luminiscencia. 2009
Demanda Química de Oxígeno - DQO, mg O ₂ /L	25.00	Plástico, Vidrio	Analizar lo más pronto posible, o agregar H ₂ SO ₄ hasta pH<2; Refrigerar a $\leq 6^{\circ}\text{C}$	APHA-AWWA-WEF-SM 5220 D: Demanda de oxígeno químico - Reflujo cerrado, Método colorimétrico. 22a Edición. 2012

PARÁMETROS	L.C.M.	RECIPIENTE	PRESERVACIÓN	MÉTODO
Detergentes, mg SAAM/L	0.30	Plástico, Vidrio	Refrigerar a $\leq 6^{\circ}\text{C}$	APHA-AWWA-WEF-SM 5540 C: Surfactantes - Surfactantes aniónicos como MBAS. 22a Edición. 2012
Dureza Cálrica, mg CaCO_3/L	2.00	Plástico, Vidrio	Agregar H_2SO_4 o HNO_3 hasta alcanzar un $\text{pH}<2$; Refrigerar a $\leq 6^{\circ}\text{C}$	APHA-AWWA-WEF-SM 3500-Ca B: Calcio - Método Titrimétrico EDTA. 22a Edición. 2012
Dureza Total, mg/L	2.00	Plástico, Vidrio	Agregar H_2SO_4 o HNO_3 hasta alcanzar un $\text{pH}<2$;	APHA-AWWA-WEF-SM 2340 C: Dureza - Método titrimétrico EDTA. 22a Edición. 2012

Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024

Se efectuó una interpretación de las concentraciones obtenidas teniendo en cuenta la relación existente entre parámetros, así como con los criterios establecidos en el Decreto 1076 de 2015 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible basados en el Decreto 3930 de 2010 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial modificado por el Decreto 4728 de 2010 del MAVDT. Para establecer los criterios para tener en cuenta para la evaluación de calidad de agua superficial, se consideran términos definidos en el Decreto 1594 de 1984 que se encuentran inmersos en el decreto 1076 de 2015.

- Índices de calidad y contaminación

Como complemento a la determinación del estado actual del recurso hídrico en los cuerpos de agua evaluados, se realizó la estimación de los índices de calidad y de contaminación del agua que se indican a continuación.

Se determinaron como criterios de calidad los Índices de Contaminación (ICO's) y el Índice de Calidad del Agua (ICA) los cuales son usados para evaluar el impacto que sobre un cuerpo de agua superficial produce una carga contaminante mediante tratamiento matemático. Para el presente estudio se incluyen los índices de contaminación por mineralización (ICOMI), por sólidos suspendidos (ICOSUS), por contaminación trófica (ICOTRO), por materia orgánica (ICOMO), y por pH (ICOpH). En la **Tabla 2-33** tabla se presentan las variables fisicoquímicas tenidas en cuenta para el cálculo de cada uno de los índices de contaminación:

Tabla 2-33 Variables fisicoquímicas y bacteriológicas – determinación de los Índices de contaminación (ICOS)

ÍNDICES	VARIABLE	INTERPRETACIÓN
ICOMI	Conductividad	0 = Baja contaminación 1 = Alta contaminación
	Dureza	
	Alcalinidad	
ICOSUS	Sólidos suspendidos	0 = Baja contaminación 1 = Alta contaminación
ICOTRO	Fósforo total (mg/L). Realizado a partir de la sumatoria de fósforo inorgánico y orgánico	$<0,01$ = Oligotrófico >1 = Hipereutrófico
ICOMO	DBO	0 = Baja contaminación 1 = Alta contaminación
	Coliformes Totales	
	% Saturación de Oxígeno Disuelto	
ICOpH	pH	0 = Baja contaminación 1 = Alta contaminación

Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024.

Para calcular los diferentes índices de contaminación, se aplicaron las fórmulas de la que se describen a continuación:

$$ICOMI = \frac{1}{3} (I_{Conductividad} + I_{Dureza} + I_{Alcalinidad}) \quad (\text{Ecuación 2-1})$$

$$ICOSUS = -0,02 + 0,0003 \text{ Sólidos Suspendidos (mg / L)} \quad (\text{Ecuación 2-2})$$

$$ICOTRO = \text{Fósforo Total (mg / L)} \quad (\text{Ecuación 2-3})$$

$$ICOMO = \frac{1}{3} (I_{DBO} + I_{Coliformes} + I_{Oxígeno \%}) \quad (\text{Ecuación 2-4})$$

$$ICOpH = \frac{e^{-31,08 + 3,45 \text{ pH}}}{1 + e^{-31,08 + 3,45 \text{ pH}}} \quad (\text{Ecuación 2-5})$$

El **ICOMI** involucra las variables conductividad, dureza y alcalinidad, de las cuales se refleja los sólidos disueltos, cationes calcio, magnesio y demás aniones. El **ICOSUS** involucra solamente la concentración de sólidos suspendidos, que hacen referencia a los compuestos orgánicos e inorgánicos presentes en el agua. El **ICOTRO** se determina con la concentración del fósforo total. El **ICOMO** comprende la relación entre la demanda bioquímica de oxígeno (DBO), Coliformes totales y porcentaje de saturación de oxígeno, las cuales, en conjunto, recogen efectos distintos de la contaminación orgánica. El **ICOpH** expresa las unidades de pH medidas en campo. Estos índices son de gran utilidad para establecer la calidad del agua de las corrientes hídricas, debido a que identifica el grado de intervención que presentan los cuerpos de agua.

• Clasificación de los valores del Índice de Calidad del Agua ICA-NSF

El IDEAM (2015) adoptó seis variables básicas para la determinación del ICA en los cuerpos de agua: una de estado (oxígeno disuelto) y cinco de presión (demanda química de oxígeno – DQO–, conductividad eléctrica –CE–, sólidos suspendidos totales –SST–, pH y relación nitrógeno total / fosforo total). (Ver **Tabla 2-34**).

Tabla 2-34 Valor del índice de calidad de agua ICA-NSF

Valor del Índice	Clasificación
0.91 – 1.00	Buena
0.71 – 0.90	Aceptable
0.51 – 0.70	Regular
0.26 – 0.50	Mala
0.00 – 0.25	Muy mala

Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024.

El índice calculado para los cuerpos de agua monitoreados corresponde al índice de calidad del agua de la fundación nacional de saneamiento de los Estados Unidos NSF: Índice de

calidad del agua "Water Quality Index" (WQI), el cual contempla para su cálculo los parámetros: Demanda bioquímica de oxígeno DBO, porcentaje de saturación de oxígeno, Coliformes Fecales, Nitratos, Potencial de hidrogeniones pH, Delta de temperatura, Sólidos Totales, Fósforo Total y Turbiedad.

En su forma de cálculo incorpora una la **Ecuación 2-6** de promedio armónico no ponderado, cuya fórmula es la siguiente:

Ecuación 2-6 Índice de calidad de agua

$$WQI = 100 - \frac{\sqrt{F_1^2 + F_2^2 + F_3^2}}{1.732}$$

Donde:

F1: porcentaje de parámetros que exceden la norma (alcance)

F2: porcentaje de pruebas individuales de cada parámetro que excede la norma (frecuencia)

F3: magnitud en la que excede la norma cada parámetro que no cumple.

Además, el IDEAM en el ENA (Estudio Nacional del Agua) adoptó la metodología UWQI (Universal Water Quality Index), la cual fue desarrollada y aplicada con el fin de obtener un índice simplificado para establecer la calidad de agua usada para el consumo humano. Para el cálculo se emplea una ecuación de tipo aditivo o suma ponderada, cuya estructura de cálculo es la que se presenta en la siguiente ecuación (**Ecuación 2-7**):

Ecuación 2-7 Índice simplificado

$$UWQI = \sum_{i=1}^n W_i I_i$$

Dónde:

w_i: Peso o influencia del parámetro i en el valor total del índice

I_i: Valor del subíndice, calculado para cada parámetro

- **Índice de Alteración del Potencial de la Calidad del Agua – IACAL:**

El Índice de alteración potencial de la calidad del agua es el valor numérico que califica en una de cinco categorías, la razón existente entre la carga de contaminante que se estima recibe una subzona hidrográfica j en un período de tiempo t y la oferta hídrica superficial, para año medio y año seco, de esta misma subzona hidrográfica¹ estimada a partir de una serie de tiempo.⁹

Las fórmulas de cálculo del indicador son las siguientes (una para año medio y una para año seco)

⁹ IDEAM. Índice de Alteración Potencial de Calidad del Agua (IACAL). Bogotá DC.

Para año medio:

Ecuación 2-8 Índice de alteración potencial

$$IACAL_{jt-añomed} = \left(\frac{\sum_{i=1}^n catiacal_{ijt-añomed}}{n} \right)$$

Donde:

IACAL_{jt-añomed} Es el Índice de alteración potencial de la calidad del agua de una subzona hidrográfica j durante el período de tiempo t, evaluado para una oferta hídrica propia de un año medio.

Catiacal_{ijt-añomed} Es la categoría de clasificación de la vulnerabilidad por la potencial alteración de la calidad del agua que representa el valor de la presión de la carga estimada de la variable de calidad i, que se puede estar vertiendo a la subzona hidrográfica j, durante el período de tiempo t dividido por la oferta hídrica propia de un año medio.

n Es el número de variables de calidad involucradas en el cálculo del indicador; n es igual a 5

Ecuación 2-9 Índice de alteración potencial

$$IACAL_{jt-añosec} = \left(\frac{\sum_{i=1}^n catiacal_{ijt-añosec}}{n} \right)$$

IACAL_{jt-añosec} Es el Índice de alteración potencial de la calidad del agua de una subzona hidrográfica j durante el período de tiempo t, evaluado para una oferta hídrica propia de un año seco.

Catiacal_{ijt-añosec} Es la categoría de clasificación de la vulnerabilidad por la potencial alteración de la calidad del agua que representa el valor de la presión de la carga estimada de la variable de calidad i, que se puede estar vertiendo a la subzona hidrográfica j, durante el período de tiempo t dividido por la oferta hídrica propia de un año seco.

n Es el número de variables de calidad involucradas en el cálculo del indicador; n es igual a 5.

El indicador se calculó a partir de las estimaciones de cargas contaminantes de las siguientes variables: Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), Demanda Química de Oxígeno (DQO), Sólidos Suspendidos Totales (SST), Fósforo Total (PT) y Nitrógeno Total (NT) que se pueden estar vertiendo a las corrientes superficiales de las 316 subzonas hidrográficas. Estas cargas son divididas por la oferta hídrica para año medio y año seco de cada una de las subzonas hidrográficas. (Tabla 2-35).

Tabla 2-35 Valor del índice de calidad de agua ICA-NSF

Rangos IACAL _{jt-añomed} IACAL _{jt-añosec}	Categoría de clasificación	Calificación de la presión
1,0 ≤ IACAL ≤ 1,5	1	Baja

Rangos IACAL _{jt año med} IACAL _{jt año sec}	Categoría de clasificación	Calificación de la presión
$1,5 < IACAL \leq 2,5$	2	Moderada
$2,5 < IACAL \leq 3,5$	3	Media Alta
$3,5 < IACAL < 4,5$	4	Alta
$4,5 \leq IACAL \leq 5,0$	5	Muy Alta

Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024. Tomado de IDEAM 2010 y Orjuela 2013

2.3.2.1.9 Usos del Agua

• Identificación de usos

La demanda de agua en general representa el volumen de agua expresado en metros cúbicos (m^3), utilizada para las actividades socioeconómicas en un espacio y tiempo determinado, de manera que corresponde a la sumatoria de las demandas sectoriales. El Decreto 3930 del 25 de octubre de 2010 en su artículo 9 y posteriormente compilado en el artículo 2.2.3.3.2.1. del Decreto 1076 del 26 de mayo de 2015, se establecen los siguientes usos del agua:

- Consumo humano y doméstico.
- Preservación de flora y fauna.
- Agrícola.
- Pecuario.
- Recreativo.
- Industrial.
- Estético.
- Pesca, maricultura y acuicultura.
- Navegación y transporte acuático.

La identificación de usos y usuarios del agua inició con la revisión de información secundaria relacionada a continuación:

- Cartografía del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC)
- Sistema de Información Geográfica para la Planeación y el Ordenamiento Territorial (SIGOT), Información geográfica disponible para procesos de ordenamiento territorial
- Geoportal del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), Datos Abiertos Cartografía y Geografía. Cartografía Base Escala 1:100.000 Formato GDB
- Sistema para el Análisis y Gestión de Información de licenciamiento Ambiental- AGIL- y el aplicativo Vital.
- Datos LiDar
- Corporación Autónoma Regional del Tolima (Cortolima) mediante oficio de solicitud de información con Número de Radicado 21752 del 4 de diciembre de 2023
- Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA), mediante oficio de solicitud de información con Número de Radicado 20236200920402
- Términos de Referencia Específicos para la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental para el proyecto Parque Solar Heliconia 60 MW y su línea de transmisión eléctrica de 115 KV.


- Metodología general para la presentación de estudios ambientales¹⁰
- Evaluación Regional Del Agua Fase 1 realizado por CORTOLIMA y la Universidad del Tolima en el año 2022.

- **Inventario usos y usuarios**

El procedimiento para el levantamiento de información se realizó entre el 15 y 19 de diciembre de 2023, la cual consistió en recorrer e inspeccionar el ancho de la zona de servidumbre, los puntos de control identificados en la etapa Pre-Campo y se culminó con el recorrido de campo realizando inventario de usos y usuarios dentro del área de Influencia del proyecto. Para la salida de campo se realizaron las actividades de verificación de usos y usuarios del agua identificados preliminarmente. Para esta salida se preparan los materiales de recolección de información, que en este caso es un GPS, el cual tendrá cargado la cartográfica base del proyecto, cámara fotográfica y por último se diligenciará el formato de campo Usos y Usuarios del Agua. (**Figura 2-25**).

¹⁰ MADS, ANLA. (2018). Metodología General para la Elaboración y presentación de estudios ambientales. Bogotá D.C.

Figura 2-25 Formato de campo de usos y usuarios

		INFORMACION DE CAMPO - CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA DE USOS Y USUARIOS		Version 1	
				Fecha: 14/12/2023	
PROYECTO				Cod gps:	
RECOLECCIÓN DE INFORMACION DE CAMPO					
Realizado por:		Fecha:			
INFORMACIÓN GENERAL					
Fecha de Inspección:		Área (ha)			
Departamento:		Municipio			
Vereda:		Cedula Catastral			
Coordenadas Magna Sigsas Origen Este		ESTE:		NORTE:	
Altitud (m.s.n.m.):		Foto:			
Nombre del predio:					
Actividad que desarrolla:					
DATOS DEL PROPIETARIO					
Nombre del Predio:					
Nombre del Propietario o Razón Social:					
CC:		Dirección			
Teléfono:		E-Mail:			
Calidad en que actúa:		Arrendatario		Poseedor	
				Encargado:	
USOS DEL RECURSO HÍDRICO					
Doméstico		No de personas permanentes		No personas transitorias	
Fuente de captación		Superficial		Subterránea	
Sistema de captación		Bomba eléctrica		Bomba manual	
		Manguera		Manual	
Caudal Captado (l/s)		Frecuencia		Otro	
Pecuario		Tipo de Animales		Numero	
Agrícola		Tipo de cultivo		Área (ha)	
Tipo de riego		Goteo		Aspersión	
Otro uso		Gravedad		Microaspersión	
Generación Eléctrica		Cual??		Demanda (m3/s)	
Abastecimiento		Acueducto		Veredal	
Otro		Cual??		Municipal	
Observaciones:					
MANEJO DE VERTIENTOS					
Sistema de disposición de aguas residuales		Terreno Natural		Pozo Séptico	
Alcantarillado:					
MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS					
Forma de disposición de residuos sólidos		Recolección por carrozanque		Terreno Natural	
Enterramiento		Cuerpo de agua		Excavación	
Quema					
Observaciones					

Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024

• Conflictos actuales y potenciales

Conforme a los Términos de Referencia Específicos para la Elaboración del Estudio de Impacto Ambiental para el Proyecto Parque Solar Heliconia y su Línea de Transmisión Eléctrica de 115 kV, se determinaron los posibles conflictos actuales sobre la disponibilidad y usos del agua, teniendo en cuenta el análisis de frecuencias de caudales mínimos para diferentes períodos de retorno los cuales han sido explicados en la metodología de hidrología.

Con el fin de identificar cuáles son los posibles conflictos de uso del recurso, tanto actuales como potenciales, se procedió a analizar, mediante la aplicación del índice de Uso de Agua (IUA), específico para cada microcuenca del área de influencia del proyecto, relacionado la oferta hídrica disponible, con la demanda hídrica de las corrientes.

Este índice corresponde a la relación entre la cantidad demandada por los diferentes sectores económicos y la oferta hídrica superficial disponible en los puntos de captación de aguas

superficiales. Es importante señalar que este indicador era conocido como el índice de escasez, sin embargo, el IDEAM ha cambiado su denominación en los últimos estudios nacionales del agua, debido a que la escasez no es un objeto de medición.

Para lo anterior se aplicó el cálculo del índice de Uso de Agua (IUA) a partir de la siguiente fórmula:

Ecuación 2-10 Índice de Uso de Agua

$$IUA = \frac{Dh}{Oh} * 100$$

Donde,

Dh: Demanda hídrica sectorial.

Oh: Oferta Hídrica Superficial disponible

La categorización de este índice está dada por cinco rangos Muy Alta, Alta, Media, Baja y Muy Baja, como se muestra en la **Tabla 2-36**.

Tabla 2-36 Categorías índice IUA

RANGO IUA	CATEGORIA IUA	DESCRIPCIÓN
IUA<1	Muy bajo	La presión de la demanda no es significativa con respecto a la oferta disponible
1<IUA<10	Bajo	La presión de la demanda es baja con respecto a la oferta disponible
10<IUA<20	Moderado	La presión de la demanda es moderada con respecto a la oferta disponible
20<IUA<50	Alto	La presión de la demanda es alta con respecto a la oferta disponible
50<IUA<100	Muy alto	La presión de la demanda es muy alta con respecto a la oferta disponible
IUA>100	Crítico	La presión de la demanda es crítica con respecto a la oferta disponible

Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024

- Demanda del recurso**

De acuerdo con la Resolución 865 de 2004, "la demanda de agua en general representa el volumen de agua, expresado en millones de metros cúbicos, utilizado por las actividades socioeconómicas en un espacio y tiempo determinado y corresponde a la sumatoria de las demandas sectoriales.

Ecuación 2-11 Demanda total de agua

$$DT = DUD + DUI + DUA + DUP$$

Dónde:

DT = Demanda total de agua.

DUD = Demanda de agua para uso doméstico.
DUI = Demanda de agua para uso industrial.
DUA = Demanda de agua para uso agropecuario.
DUP = Demanda de agua para uso pecuario

2.3.2.1.10 Hidrogeología

La exploración de aguas subterráneas comprende todos los estudios encaminados a la localización, definición de dimensiones y caracterización de las zonas favorables para la acumulación de aguas subterráneas. El nivel de evaluación y alcance de la exploración hidrogeológica dependen de la escala de trabajo en donde se deben cumplir las siguientes etapas:

En la etapa 1 se encuentran estudios hidrogeológicos de reconocimiento a escalas iguales o menores de 1:500.000. Son estudios preliminares de una extensa región natural, una unidad hidrogeológica o un país entero. En esta etapa se identifican las estructuras y unidades hidrogeológicas de mayor interés, lo que permite planificar adecuadamente la siguiente etapa de exploración. La finalidad de esta etapa es presentar las condiciones hidrogeológicas generales del territorio mediante la compilación y síntesis de información secundaria, es de carácter orientativo y, por lo tanto, se debe realizar rápidamente.

Para la etapa 2 se presentan estudios de exploración y evaluación hidrogeológica regional de escalas 1:250.000 a 1:50.000, estos estudios son de evaluación y caracterización y permiten determinar las particularidades del origen, distribución y régimen de las aguas subterráneas en las estructuras hidrogeológicas definidas en la etapa anterior. En esta etapa se identifican, delimitan y caracterizan las estructuras hidrogeológicas y se estiman, a nivel de pronóstico, los recursos y reservas de agua subterránea. Los resultados de estos estudios permiten definir las áreas con mayor potencial para el aprovechamiento del agua subterránea y establecer pautas para su conservación y protección.

La etapa 3 considera estudios de exploración hidrogeológica de detalle a escala igual o mayor a 25.000, estos estudios permiten tener un conocimiento detallado de zonas específicas para el aprovechamiento de aguas subterráneas, termales y minerales, con el fin de localizar y diseñar obras de captación o resolver problemas específicos como contaminación, construcción de obras civiles, minería, entre otros. Este tipo de estudios generalmente son locales. Debido a que la escala de trabajo para el presente estudio es 1:10.000, el tipo de estudio hidrogeológico mostrado a continuación tiene un alcance local.

Para el desarrollo del capítulo de hidrogeología es necesario tener en cuenta tres fases claramente diferenciadas: fase de pre campo, fase de campo y fase de post campo.

- **Fase precampo**

La fase de precampo para el capítulo de hidrogeología, se encuentra orientada hacia la consulta de estudios hidrogeológicos en cercanías o dentro del área del proyecto. Dentro de

la información relacionada se consultó el Plan de Ordenación y Manejo de Cuenca del Río Sabandija o directos al río lagunilla, escala 1:25.000 (Cortolima, 2016).

En este informe se definen las unidades hidrogeológicas de carácter regional en la zona de estudio, así como sus características hidrogeológicas, capacidad específica promedio, direcciones de flujo regionales, permeabilidad y las formaciones geológicas asociadas, de las cuales, con base en su litología se define según su comportamiento hidrodinámico si es un acuífero, acuitardo, acuícludo o acuífugo. Con la información de las unidades hidrogeológicas identificadas en el área, junto con la topografía y las coberturas vegetales las cuales permiten o dificultan la infiltración de la escorrentía, se hace una identificación preliminar de zonas de recarga y descarga.

- **Fase de campo**

Las labores de campo para el componente hidrogeológico se centran en el inventario de puntos de agua subterránea; con el fin de determinar la existencia de manantiales, pozos o aljibes. Con el propósito de caracterizar las unidades y los parámetros hidrogeológicos básicos se realizó el inventario de manifestaciones y ocurrencias de puntos de agua subterránea en superficie. De esta manera se compila información que permite estimar la presión que las actividades antrópicas ejercen sobre el recurso hidrológico subterráneo. El inventario de puntos de agua subterránea es diligenciado dentro del Formulario Único Nacional para el Inventario de Puntos de Agua Subterránea (FUNIAS), elaborado por el Ministerio de Medio Ambiente).

Dicho formulario sintetiza información diferenciable dependiendo el punto de agua subterránea identificado en campo tal como se muestra a continuación:

- **Manantiales**

Los manantiales son puntos o áreas de la superficie del terreno donde de manera natural aflora un flujo de agua proveniente de un acuífero o embalse subterráneo (CUSTODIO, E. y LLAMAS, M.R). Dentro de los manantiales se diferencian los siguientes tipos:

- Manantiales por contacto geológico: Este tipo de ocurrencia se da cuando hay una formación permeable sobre un estrato o formación de baja permeabilidad, resultando un manantial en el contacto entre ambos, debido a la imposibilidad de infiltración de las aguas subterráneas a través de los estratos de granos grueso sobre los de grano fino.
- Manantiales por control estructural: Este tipo de ocurrencias se producen a partir del movimiento relativo entre bloques a lo largo de fallas yuxtaponen formaciones permeables versus formaciones impermeables, también se pueden dar cuando existen patrones de fracturas en los diferentes acuíferos, haciendo que el agua subterránea aflore a través de estas.
- Manantiales por depresión: Este tipo de ocurrencia se da cuando la superficie del terreno se encuentra por debajo de la tabla de agua, formando una depresión, la cual puede crear un sistema de flujo local convirtiendo el manantial en un punto de descarga, dichas depresiones pueden ser creadas por acción eólica en zonas con arenas finas, deslizamientos que destapen el acuífero, actividad tectónica o por colapso de la superficie en caso de intervención antrópica.

- Manantiales kársticos: Este tipo de ocurrencia se da sobre formaciones de calizas y dolomitas, donde comúnmente los manantiales descargan hacia cavernas que están siendo disectadas por la incisión de los drenajes superficiales.

➤ Aljibes

Los aljibes corresponden a excavaciones antrópicas las cuales tienen como objetivo captar el flujo de las aguas subterráneas en los niveles más superficiales, estos se caracterizan por ser de escasa profundidad normalmente no exceden los 15 m, y tener un diámetro alrededor de un metro el cual permita una fácil extracción. Este tipo de captación se hace normalmente sobre depósitos no consolidados, los cuales aportan caudales bajos y son usados para ganadería, y para uso doméstico.

➤ Pozos

Los pozos son perforaciones recubiertas, las cuales tienen como objetivo captar flujos de agua subterránea en los niveles más profundos del acuífero de interés, estos se caracterizan por tener profundidades superiores a los 15 m y diámetros entre los 8 y 60 cm. Este tipo de captación antrópica se hace sobre depósitos no consolidados, rocas sedimentarias que conforman acuíferos de flujo intergranular. Estas obras aportan grandes caudales de agua y son usados para ganadería, agricultura, industria y uso doméstico.

Figura 2-26 Formulario único nacional para inventario de puntos de agua subterránea

FORMULARIO ÚNICO NACIONAL PARA INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUA SUBTERRÁNEA		INFORMACIÓN GENERAL	INFORMACIÓN SUMINISTRADA POR:
1. INFORMACIÓN GENERAL Nombre del Proyecto: _____ Fecha: ____/____/____ Diligenciado Por: _____ Consecutivo: _____ Tipo de Punto: Pozo <input type="checkbox"/> Aljibe <input type="checkbox"/> Manantial <input type="checkbox"/> Piezometro <input type="checkbox"/> Condiciones del Punto: Productivo <input type="checkbox"/> Reserva <input type="checkbox"/> Abandonado <input type="checkbox"/> Inactivo <input type="checkbox"/> Sellado <input type="checkbox"/> Monitoreo <input type="checkbox"/> Otro-Cual? _____		2. FUENTES DE INFORMACIÓN Recopilada en Campo <input type="checkbox"/> Reporte o Archivo <input type="checkbox"/> Constructor <input type="checkbox"/> Propietario <input type="checkbox"/> Estudios Anteriores <input type="checkbox"/> Observaciones: _____ 3. INFORMACIÓN DEL PUNTO Legalización del Punto: Esta legalizado? <input type="checkbox"/> No Resolución No. _____ Fecha Expedición: ____/____/____ Vencimiento: ____/____/____ Nombre del Concedido: _____ Caudal Concedido: _____ No. Expediente: _____ Identificación del Punto: Plancha: _____ Escala: _____ Otra Identificación: _____ Localización del Punto: Departamento: _____ Municipio: _____ Vereda: _____ Nombre del lugar (Barrio, Finca, Predio): _____ Cuenca Hidrográfica: _____ Elipsoide de Referencia: _____ Longitud: _____ Latitud: _____ Origen de Coordenadas Planas: _____ Y (N-S): _____ X (E-W): _____ Cota: _____ 4. CARACTERÍSTICAS TOPOGRÁFICAS, CLIMÁTICAS, GEOMORFOLÓGICAS Y GEOLÓGICAS Topografía: Depresión <input type="checkbox"/> Planicie <input type="checkbox"/> Altiplano <input type="checkbox"/> Piedemonte <input type="checkbox"/> Ladera <input type="checkbox"/> Colina <input type="checkbox"/> Otra <input type="checkbox"/> Cual? _____ Geomorfología: Aluvial <input type="checkbox"/> Eólico <input type="checkbox"/> Volcánico <input type="checkbox"/> Tectónico <input type="checkbox"/> Otro <input type="checkbox"/> Cual? _____ Escarpe: _____ Condiciones Climáticas: Período Humedo <input type="checkbox"/> Período seco <input type="checkbox"/> Litología: _____ Unidad Geológica: _____	

Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024

En la actividad del inventario de puntos de agua se siguió el siguiente protocolo:

1. Ubicación en el predio donde se realizará el registro del posible punto de agua subterránea. En este lugar se habla con el propietario o encargado del predio y se le expone de manera clara el tipo de trabajo que se está realizando y se le indaga sobre la existencia de puntos de agua subterránea, tipo aljibe, pozo o manantial. Una vez se obtenga la información suministrada por el propietario predio se realiza el diligenciamiento del FUNIAS.
2. Verificación de la condición del punto, (productivo, reserva, abandonado, inactivo, sellado).
3. Toma de coordenadas y altura (msnm), con GPS.

Para Pozo revestido y taladrado:

- Se identifica la tubería de revestimiento (PVC, acero) y el diámetro.
- Se toman datos de la profundidad y el nivel estático
- Se toma el dato de la tubería de succión y descarga y el diámetro de estas.
- Se identifica el uso (domestico, agrícola, pecuario).
- Se identifica la forma de extracción de agua (motobomba, electrobomba, manual).
- Se toman datos de la cantidad de usuarios que aprovechan el recurso y el uso que se le da.

Se hace referencia de la ubicación del pozo, el lugar en el que se encuentra, y las condiciones alrededor de este, se debe tomar un registro fotográfico y observaciones generales.

Para Aljibe excavado:

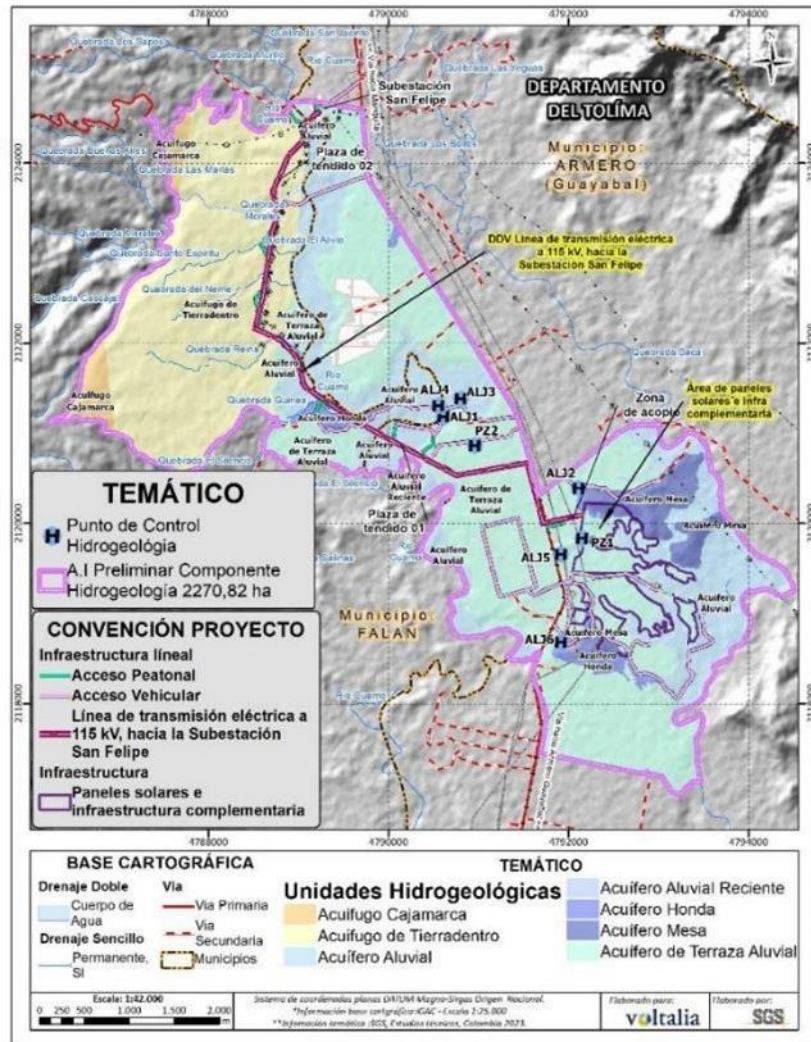
- Se identifica el revestimiento y el diámetro
- Se toman datos de la profundidad y el nivel estático
- Se identifica el uso (domestico, agrícola, pecuario).
- Se identifica la forma de extracción de agua (motobomba, electrobomba, manual).
- Se toman datos de la cantidad de usuarios que aprovechan el recurso y el uso que se le da.
- Se hace referencia de la ubicación del aljibe, el lugar en el que se encuentra, y las condiciones alrededor de este, se debe tomar un registro fotográfico y observaciones generales.

Para Matinales:

- Se identifica el tipo de manantial y modo de surgencia: filtración, contacto geológico, goteo
- Se ubica geológica y geomorfológicamente el punto de captación.
- Se establecen propiedades organolépticas del punto de agua.
- Se verifica el estado actual del manantial: posibles focos de contaminación.

Los puntos de control tomados en campo para la caracterización del componente hidrogeológico se evidencian en la **Figura 2-27** y en **Tabla 2-37**.

Figura 2-27 Localización de los puntos de control para el componente hidrogeológico.



DDV: Servidumbre del proyecto
Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024

Tabla 2-37. Coordenadas de los puntos de control de campo para la caracterización del componente hidrogeológico e inventario de puntos de agua subterránea.

ESTACIÓN	COMPONENTE	COORDENADAS ORIGEN ÚNICO NACIONAL		OBSERVACIÓN
		ESTE	NORTE	
ALJ1	Hidrogeología	4790614,04	2121184,30	Aljibe activo para uso agrícola, está ubicado en el vivero frutales de Colombia.
ALJ2	Hidrogeología	4792114,63	2120389,87	Aljibe abandonado.
ALJ3	Hidrogeología	4790805,77	2121383,51	Aljibe activo para uso agrícola, está ubicado en el vivero Agropaz
ALJ4	Hidrogeología	4790554,76	2121305,01	Aljibe activo para uso doméstico, agrícola y pecuario, está ubicado en la finca El Delfín
ALJ5	Hidrogeología	4791919,85	2119657,82	Aljibe activo para uso doméstico y recreativo, está ubicado en el hotel campestre Villa Genny.
ALJ6	Hidrogeología	4791919,05	2118684,79	Aljibe inactivo al momento de la visita no se encontraba el dueño del predio.
PZ1	Hidrogeología	4792152,39	2119835,00	Pozo activo para uso agrícola, está ubicado en la hacienda los Cocos, funciona con energía solar.
PZ2	Hidrogeología	4790963,36	2120864,14	Pozo activo al momento de la visita no se encontraba el dueño del predio

Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024

Algunas de las fotografías tomadas en campo para la caracterización del componente hidrogeológico se presentan a continuación (Ver **Fotografía 2-11**; **Fotografía 2-12**; **Fotografía 2-13**).

Fotografía 2-11 Punto de control (ALJ2) tomado para la caracterización del componente hidrogeológico



Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024

Fotografía 2-12 Punto de control (ALJ5) tomado para la caracterización del componente hidrogeológico



Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024

Fotografía 2-13 Punto de control (PZ1) tomado para la caracterización del componente hidrogeológico



Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024

➤ **Monitoreos de agua subterránea**

Este parámetro está condicionado a la cantidad de puntos de agua subterránea que sean registrados durante la visita de campo dentro del área de influencia del proyecto, es decir, la cantidad de puntos que sean cartografiados dentro del inventario de puntos hidrogeológicos dentro del marco del desarrollo del presente EIA. Dada la ocurrencia y permanencia de puntos de agua subterránea dentro del área de influencia y de acuerdo a las condiciones particulares de cada sitio se eligen los diferentes puntos de agua donde se realizarán los análisis hidroquímicos e hidrogeológicos de las aguas subterráneas, teniendo en cuenta la dirección de las líneas de flujo de agua subterránea y los resultados del análisis de los datos del pre muestreo realizado junto con el inventario en el que se realiza la adquisición de datos de medición de parámetros múltiples (pH, conductividad eléctrica, temperatura, TDS, salinidad, ORP, ion amonio, ion nitrato, ion cloruro, turbidez) que se registran en el formato de inventario de puntos de agua subterránea.

Para determinar si la variabilidad espacial es estadísticamente relevante, se elaboran diagramas de caja sobre parámetros de calidad: este procedimiento se realiza sobre el algoritmo natural de cada parámetro de calidad para comparar las varianzas sobre un mismo orden de magnitud entre los diferentes pozos pre muestreados. Si se identifican visualmente diferencias significativas entre los diagramas de cajas se realiza un análisis de varianza, si la variabilidad espacial no es estadísticamente significativa, se plantea el muestreo con test no paramétricos.

➤ **Metodología de muestreo y transporte**

El muestreo adecuadamente concebido y realizado, es la tarea más importante en todo programa de monitoreo de aguas, sean estas residuales, superficiales o subterráneas y

constituye la herramienta básica para la veeduría y el control de su calidad. El propósito del muestreo es obtener, para su análisis, una porción del agua, que sea verdaderamente representativa. Los factores más críticos, necesarios para la representatividad de una muestra, son los sitios, tiempo y frecuencia de muestreo, y el mantenimiento de la integridad de la muestra previo a su análisis.

Los parámetros analizados corresponden: pH, Temperatura, Oxígeno Disuelto, Conductividad, Acidez, Alcalinidad Total, Bicarbonatos, Color Verdadero, DBO5, DQO, Dureza Total, Fenoles Totales, Grasas y Aceites, Hidrocarburos Totales, Nitrógeno Amoniacal, Sólidos Disueltos Totales, Sólidos Sedimentables, Sólidos Suspendidos Totales, Sólidos Totales, Turbiedad, Cloruros, Nitratos, Nitritos, Ortofosfatos, Sulfatos, Aluminio Total, Arsénico Total, Bario Total, Cadmio Total, Calcio Total, Cromo Total, Hierro Total, Magnesio Total, Níquel Total, Plomo Total, Potasio Total, Sodio Total, Zinc Total, Porcentaje de Sodio Intercambiable, Relación de absorción de Sodio.

El muestreo y transporte de las muestras se realizó de manera que se garantizó la integridad física, química y biológica de las muestras durante el período transcurrido entre la toma y los análisis de estas; aplicando métodos de preservación internacionalmente aceptados entre otros como el control de pH, adición de compuestos químicos y control de temperatura al refrigerar las muestras a 4 °C, utilizando hielo para tal fin.

- **Fase de post campo**

Llevadas a cabo las labores de campo de registro de información primaria y con base en la información recopilada en las fases anteriores, se describe las características hidrogeológicas más importantes en el área de estudio y se presentan resultados del inventario de puntos de agua. Los resultados del capítulo de hidrogeología que se caracterizaron se presentan a continuación:

1. Identificación de los acuíferos de carácter regional y local.
2. Establecimiento de las zonas de recarga y descarga, direcciones de flujo, calidades y tipos de usos actuales.
3. Inventario de puntos de agua subterránea.
4. Vulnerabilidad intrínseca de los acuíferos presentes a la contaminación.
5. Modelo hidrogeológico conceptual.

Con la información secundaria validada y ajustada en campo, se realiza la calificación de la vulnerabilidad intrínseca de los acuíferos a la contaminación presentes en el área de estudio a través del método GODS.

2.3.2.1.11 Geotecnia

El componente de geotecnia evalúa las condiciones de estabilidad del terreno se definen por la interacción de factores y características intrínsecas relacionadas con el tipo de rocas y sedimentos presentes, la actividad tectónica, los procesos morfodinámicos, la topografía, los suelos, la cobertura del terreno, entre otros, los cuales interactúan entre sí y definen el comportamiento geotécnico de las distintas unidades aflorantes. Este componente no cuenta con fase de pre-campo ni de campo; los datos para la elaboración de este componente

corresponden a la información primaria de los componentes de geología, geomorfología, suelo y coberturas de la tierra

Fase de post campo Con el propósito de establecer la zonificación geotécnica se aplicó un modelo heurístico, los cuales se basan en categorizar y ponderar los factores causantes de inestabilidad, estos métodos también son conocidos como indirectos, ya que sus resultados se pueden extrapolar a otras zonas por la combinación de variables similares. Para el área de estudio se adaptó la metodología desarrolla por Ambalagan, 1992¹¹ mediante la cual se realizó la zonificación geotécnica definiendo zonas homogéneas respecto a la susceptibilidad del terreno al desarrollo de procesos erosivos y fenómenos de remoción en masa. Para tal fin, se consideraron siete (7) variables, que se describen en la **Tabla 2-38**.

Tabla 2-38 Variables utilizadas para determinar la zonificación geotécnica.

FACTOR	DESCRIPCIÓN	ASIGNACIÓN DEL PESO
Tectónica (T)	Afectación por fallas geológicas	Mayor valor a áreas cercanas a zonas de falla.
Cobertura de la Tierra (C)	Tipo de Cobertura de la tierra presente en la zona	Se determinan de acuerdo con características de la cobertura, como densidad de árboles, arbustos, cubrimiento del terreno, enraizamiento y otros factores que se consideren tengan incidencia en la protección del terreno.
Morfogénesis (M)	Unidades geomorfológicas	Se califican de acuerdo con los procesos morfogenéticos principales, de los cuales el modelado denudacional presentaría los mayores pesos.
Morfodinámica (MD)	Procesos erosivos y fenómenos de remoción en masa	Se califican las áreas afectadas por diferentes procesos de acuerdo con la magnitud y desarrollo de cada fenómeno.
Suelos (S)	Textura del suelo	Se califica la textura del suelo en relación con la facilidad que presente para la infiltración de agua, que pueda influenciar en la saturación del terreno y promover la inestabilidad de este.
Pendientes (P)	Grado de inclinación del terreno	0 – 1% 1 – 3% 3 – 7% 7 – 12% 12 – 25% 25 – 50% 50 – 75% 75 – 100% > 100%
Unidades geológicas superficiales (UGS)	Tipo de Material	Se califican las unidades geológicas superficiales, tomando como criterio que tan susceptible a desarrollar procesos erosivos y fenómenos de remoción en masa es la litología de cada una.

Fuente: Adaptado y modificado de Ambalagan, 1992.

¹¹ AMBALAGAN. R., Landslide hazard evaluation and zonation mapping in mountainous terrain. Engineering Geology, 32., Amsterdam.1992., p., 269-277.

Para cada variable se realiza una ponderación asignando valores de 0 a 2, siendo 2 aquellos que más favorecen el desarrollo de procesos erosivos y fenómenos de remoción en masa. Cada variable tiene a su vez un factor ponderador, dependiendo de su representatividad en la ocurrencia de los procesos morfodinámicos. Posteriormente se realiza un cruce entre mapas, con ayuda de los Sistemas de Información Geográfica, para obtener el grado de estabilidad del terreno, por medio de la siguiente ecuación:

Ecuación 2-12 Estabilidad Geotécnica.

$$\text{Estabilidad Geotécnica} = (0,5 * T) + (1,2 * C) + (2 * M) + (1,8 * MD) + (1 * S) + (1 * P) + (1,5 * UGS)$$

El resultado del cruce de capas genera valores numéricos para cada polígono, estos valores se agrupan en rangos para estimar la zonificación geotécnica y se presentan en la **Tabla 2-39**, donde Estabilidad Geotécnica Muy Alta corresponde a zonas de muy baja susceptibilidad a la ocurrencia de procesos erosivos y/o fenómenos de remoción en masa.

Tabla 2-39 Rangos de clasificación de estabilidad geotécnica y susceptibilidad a la erosión y fenómenos de remoción en masa

Rango de valores	Estabilidad geotécnica	Código	Susceptibilidad	Código
0 – 3,6	Muy alta	ZEGMA	Muy baja	SMB
3,6 – 7,2	Alta	ZEGA	Baja	SB
7,2 – 10,8	Media	ZEGM	Media	SM
10,8 – 14,4	Baja	ZEGB	Alta	SA
14,4 - 18	Muy baja	ZEGMB	Muy alta	SMA

Fuente: Modificado de Ambalagan, 1992.

El resultado de este componente del estudio es mostrado en la cartografía desarrollada de manera específica y en el contexto de este proyecto, a través del mapa temático de Zonificación geotécnica en escala 1:10.000 (**Anexos\Anexo1Cartografia4_PDF/Mapa_21_Zonificacion_Geotecnica**)

2.3.2.1.12 Atmósfera

- **Identificación de fuentes de emisiones**

Para el subcomponente de calidad de aire y ruido se llevaron a cabo las etapas que se describen a continuación:

- **Etapas Pre-campo: Información secundaria**

La caracterización de la calidad del aire se inicia a través de una consulta de información secundaria de tipo general de los municipios de Armero Guayabal y Falan del departamento del Tolima. En esta etapa se realiza también la revisión de la información disponible del proyecto (Cartografía y estudios anteriores), para identificar de manera preliminar las posibles fuentes de emisión existentes en el área de influencia, así como determinar los recorridos para levantamiento de información y definición de puntos de monitoreo para el análisis de calidad de aire y niveles de presión sonora.

Posteriormente se analizan los requerimientos de los Términos de Referencia Específicos para el Estudio de Impacto Ambiental para el Proyecto Parque Solar Fotovoltaico Heliconia 60 MV y su Línea de Transmisión Eléctrica de 115 KV para identificar la información que debía ser recolectada en el trabajo de campo.

- **Etapas Campo: Información primaria**

En la etapa de trabajo de campo se realizó la identificación de las fuentes de emisión fijas, como los son estufas de leña, chimeneas y otras estructuras, zonas de quema controlada y las zonas de quema de residuos sólidos, a través de la observación y evidencia de emisiones durante los recorridos por el área de influencia del proyecto.

Para la identificación de fuentes móviles se empleó la información levantada en el aforo vehicular del componente civil, con el fin de conocer la dinámica actual de las vías a emplear para las actividades a realizar por el proyecto, así como determinar el tipo de vehículos que transita por el área y el volumen de tráfico en los carretables que pueden ser objeto de intervención.

Para la ubicación de los sitios de aforo se tuvieron en cuenta los siguientes criterios:

- Que estuvieran ubicados sobre vías terciarias.
- Que las vías fueran a ser objeto de mejoramiento por parte del proyecto.
- Correspondiera a vías transitadas por las comunidades para acceder a centros poblados para hacer mercado y/o sitios de interés económico para éstas.

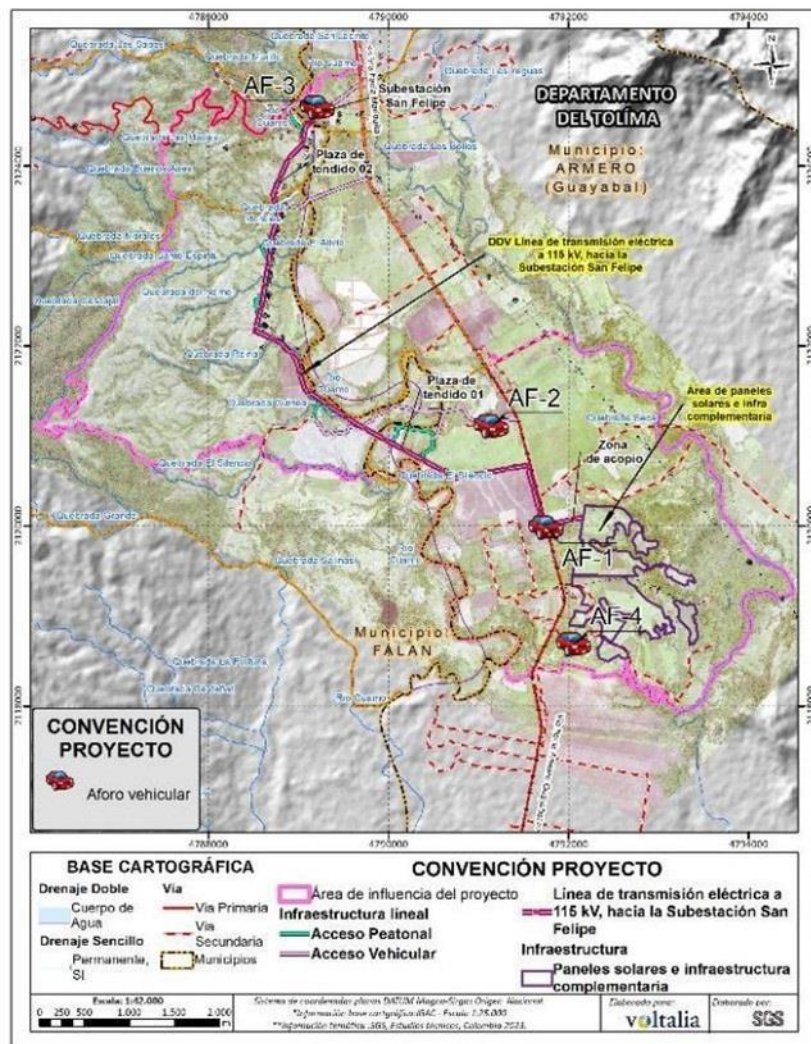
La ubicación de estos puntos de aforo es presentada en la **Tabla 2-40** y **Figura 2-28**.

Tabla 2-40 Puntos De Aforo Vehicular

Punto de aforo	Coordenadas planas – Origen Nacional		Altitud (msnm)
	Este	Norte	
AF-1	4791756.28	2119985.70	
AF-2	4791146.47	2121110.56	
AF-3	4789216.97	2124647.84	
AF-4	4792061.69	2118688.88	

Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024.

Figura 2-28 Ubicación puntos aforo vehicular

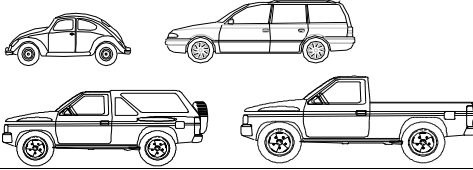
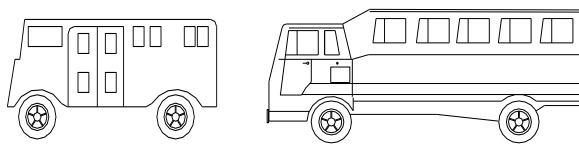
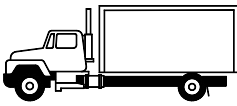
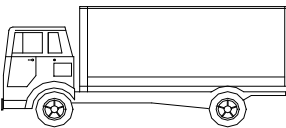
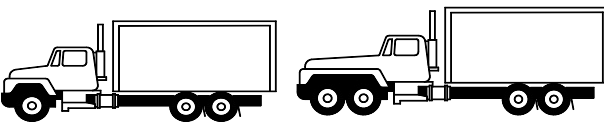
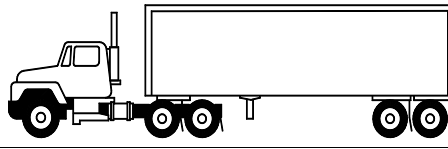
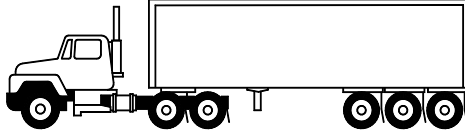


DDV: Servidumbre del proyecto
Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024

La metodología utilizada consistió en realizar aforos durante un total de dos (2) días, (un día hábil y un día no hábil). Estos aforos se llevaron a cabo durante jornadas de 24 horas, permitiendo así realizar un seguimiento completo del flujo vehicular y realizar un análisis vial exhaustivo, lo que nos permitió considerar la mayoría de las características del sistema evaluado.

Para realizar el aforo vehicular sobre la vía de tercer orden, se tomó la clasificación de automotores, en donde se observan las características de las diferentes categorías de vehículos, de acuerdo con los manuales técnicos del INVIAS, 2020. Adicionalmente, dentro del estudio de TPD, se tiene en cuenta el aforo de motocicletas que circulan por los diferentes puntos de aforo. (Tabla 2-41).

Tabla 2-41 Clasificación general de vehículos

Configuración	Esquema del vehículo	Descripción
(A) Autos (vehículo liviano - automóvil)		Automóviles, Camionetas, Campero, Pick Ups
(B) Buses y colectivos (vehículo pesado)		Transporte de pasajeros mayor a 10 personas sentadas
(C2 - P) Camiones pequeños de 2 ejes		Camión rígido de dos ejes. Camión sencillo pequeño
(C2-G) Camiones grandes de 2 ejes (vehículo pesado)		Camión rígido de dos ejes. Camión sencillo grande
(C3-C4) Camiones de 3 ejes y 4 ejes (vehículo pesado)		Camión rígido de tres ejes. -Camión rígido de cuatro ejes.
(C3 - S2) Camiones de 5 ejes (vehículo pesado)		Camión de tres ejes con remolque de dos ejes.
(C3 - S3) Camiones de seis o más ejes (vehículo pesado)		Camión de tres ejes, doble troque, con remolque de tres ejes.

Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024

• Información meteorológica

El clima corresponde al comportamiento y variación de las condiciones atmosféricas en un periodo de tiempo determinado para un lugar o región específico, dicho comportamiento se encuentra definido por los factores determinantes, los factores forzantes y la interacción entre estos principalmente en la atmosfera; el clima se describe a través de las variables atmosféricas como la temperatura, precipitación, presión atmosférica, humedad entre otros.

Con el fin de establecer el comportamiento climático para el EIA para el Parque Solar Fotovoltaico Heliconia 60 MW y su línea de transmisión eléctrica a 115 kV hacia la Subestación San Felipe, se desarrollaron diferentes parámetros a nivel diario, como: precipitación, temperatura máxima, temperatura mínima y temperatura media; así mismo se trabajó información mensual como: precipitación, presión, humedad relativa, radiación solar, nubosidad. Todos los anteriores establecen la fluctuación de las condiciones atmosféricas y su distribución espaciotemporal, igualmente se utilizó la precipitación diaria, temperatura máxima diaria y mínima diaria para analizar la variabilidad climática del área de estudio en cuanto a su transición de valores de los elementos y componentes meteorológicos en el tiempo y así identificar los posibles eventos extremos.

• Estaciones meteorológicas empleadas

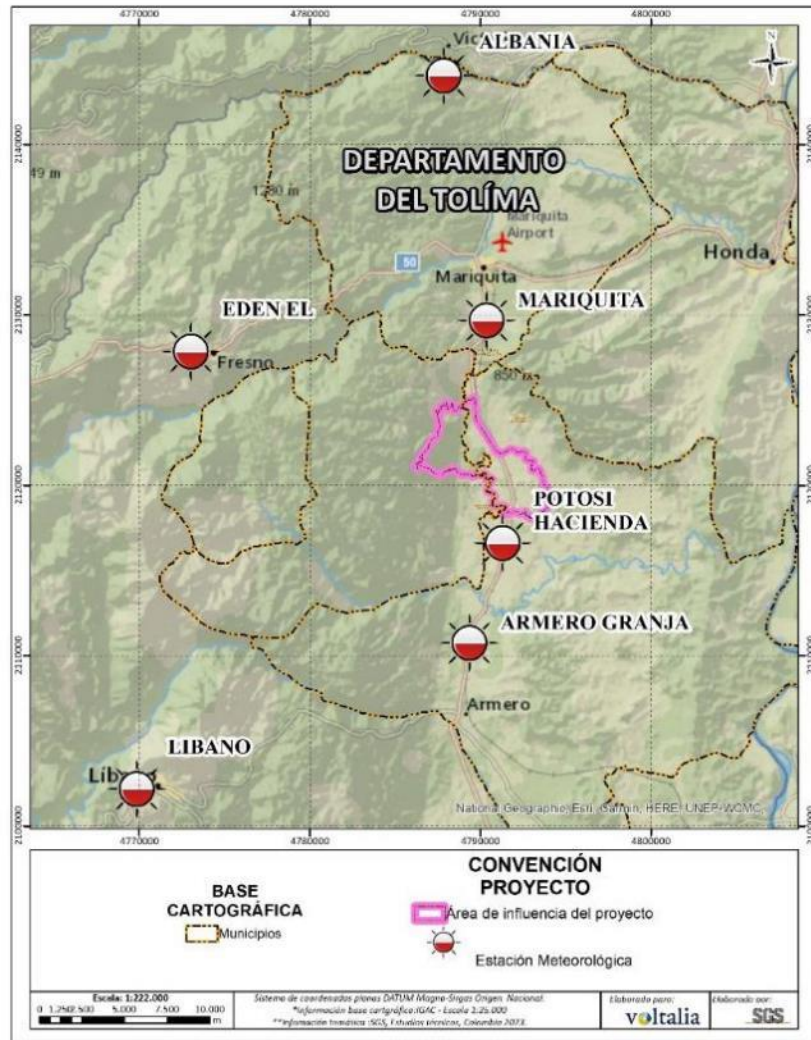
La información histórica diaria y mensual de las variables climatológicas empleadas se tomó de las diferentes estaciones próximas o dentro del área de estudio operadas por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (en adelante IDEAM), aplicando solo las estaciones activas, con un periodo registrado representativo y series de datos completas en gran porcentaje del tiempo. En la **Figura 2-29** las estaciones existentes y que cumplieron dichos criterios corresponden a seis (6), donde una (1) es una estación climatológica principal, dos (2) son estaciones climatológicas ordinarias y tres (3) pluviométricas, en la **Tabla 2-42** se presenta la descripción respectiva.

Tabla 2-42 Estaciones empleadas

Origen Planas Magna Sirgas Origen Único Nacional		Código	Nombre Estación	Municipio	Categoría
Este	Norte				
4789423.68	2110797.06	21255090	ARMERO GRANJA	Armero (Guayabal) - Tolima	Climática Principal
4790435.35	2129726.40	2125500032	MARIQUITA	Mariquita – Tolima	Climática Ordinaria
4787906.10	2144091.12	23025040	ALBANIA	Mariquita – Tolima	Climática Ordinaria
4791382.94	2116653.88	21250450	POTOSI HACIENDA	Armero (Guayabal) – Tolima	Pluviométrica
4773080.76	2127906.29	23010020	EL EDEN	Freno - Tolima	Pluviométrica
4769896.88	2102219.61	21250500	LIBANO	Líbano - Tolima	Pluviométrica

Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024, adaptado con información IDEAM.

Figura 2-29 Ubicación espacial de las estaciones empleadas



Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024

Una vez seleccionadas las estaciones disponibles y representativas para el área de estudio se seleccionó el periodo de análisis para los datos diarios y mensuales como se muestra en la Tabla 2-43 puesto que una serie de datos continuos dan mejor entendimiento de los fenómenos climáticos; en ella se observa que para la precipitación con registros diarios el periodo de análisis comprende de 2010 al 2022 (13 años); para la temperatura máxima, y media, teniendo en cuenta que la estación Mariquita presenta datos del 2018 y que los términos de referencia específicos para la elaboración del EIA para el proyecto Parque Solar Heliconia 60 MW y su línea de transmisión eléctrica de 115kV, solicita que el tiempo de análisis tenga como mínimo cinco años de información meteorológica, se decide trabajar con un rango desde el año 2018 al 2023 (6 años) y un rango desde el año 2019 al 2023 (5 años) para la temperatura mínima; mientras que las variables a nivel mensual como la humedad relativa, y nubosidad comprenden un rango de tiempo seleccionado desde 2010 al 2022 (13 años), para el análisis de radiación solar, el IDEAM, mediante radicado No 20239050090044, comparte la

radiación global acumulados diaria de las estaciones Granja Armero [21255090] y Albania [23025040]. Algunos de los promedios fueron generados a través de la modelación de los datos de brillo solar a radiación global, aplicando el modelo Ångström-Prescott. (**Ver Anexo 5. Línea base/5.1 Abiotico/5.1.2 Caracterización/5.1.2.8/Atmosfera**)

De acuerdo a lo anterior se verificó y constató la información disponible en lo relacionado con el porcentaje de datos suministrados por el IDEAM para cada parámetro mencionado anteriormente como se presenta en la **Tabla 2-48**, allí se indica que para los parámetros diarios el porcentaje de datos suministrados oscila entre el 77% y el 99%, una vez obtenido el periodo de análisis con su respectivo porcentaje de datos se procede a realizar un análisis de consistencia de los datos, estimado de datos faltantes, homogenización y finalmente se obtiene la tendencia de los datos trabajados, todo lo anterior se obtiene para la información con registros diarios, los cuales son de interés para el presente estudio. (**Tabla 2-43; Tabla 2-44**).

Tabla 2-43 Periodo de análisis.

PARÁMETRO	ESTACIÓN	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
PRECIPITACIÓN	ARMERO GRANJA (21255090)														
	ALBANIA (23025040)														
	POTOSI HACIENDA (21250450)														
	EL EDEN (23010020)														
	LIBANO (21250500)														
TEMPERATURA MEDIA	ARMERO GRANJA (21255090)														

PARÁMETRO	ESTACIÓN	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
	ALBANIA (23025040)														
	MARIQUITA (2125500032)														
TEMPERATURA MÁXIMA	ARMERO GRANJA (21255090)														
	ALBANIA (23025040)														
	MARIQUITA (2125500032)														
TEMPERATURA MINIMA	ARMERO GRANJA (21255090)														
	ALBANIA (23025040)														
	MARIQUITA (2125500032)														
HUMEDAD RELATIVA	ARMERO GRANJA (21255090)														
	ALBANIA (23025040)														

PARÁMETRO	ESTACIÓN	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
NUBOSIDAD	LIBANO (21250500)														
	ARMERO GRANJA (21255090)														

Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024, adaptado con información IDEAM.

Tabla 2-44 Porcentaje de datos disponibles para cada estación y cada variable trabajada

Código	Nombre Estación	Corriente	Categoría	Parámetro	Periodicidad	Periodo de Análisis		
						Datos existentes (%)	Datos Blancos	Año
21255090	ARMERO GRANJA	Armero Guayabal Tolima	Climática Principal	Temperatura Máxima	Diaria	97%	45	2018-2023
				Temperatura Mínima	Diaria	92%	133	2019-2023
				Temperatura Media	Diaria	95%	106	2018-2023
				Precipitación	Diaria	98%	55	2010-2022
				Humedad Relativa Media	Mensual	93%	27	2010-2022
				Humedad Relativa máxima	Diario	92%	366	2010-2022
				Humedad Relativa Mínima	Diario	92%	366	2010-2022
2125500032	MARIQUITA	Mariquita Tolima	Climática Ordinaria	Nubosidad	Diario	96%	203	2010-2022
				Temperatura Máxima	Diaria	86%	288	2018-2023
				Temperatura Mínima	Diaria	77%	407	2019-2023
23025040	ALBANIA	Mariquita Tolima	Climática Ordinaria	Temperatura Media	Diaria	95%	103	2018-2023
				Temperatura Máxima	Diaria	95%	88	2018-2023
				Temperatura Mínima	Diaria	95%	94	2019-2023
				Temperatura Media	Diaria	98%	51	2018-2023
				Precipitación	Diaria	99%	18	2010-2022
				Humedad Relativa Media	Mensual	92%	35	2010-2022
				Humedad Relativa máxima	Diario	96%	166	2010-2022
				Humedad Relativa Mínima	Diario	96%	166	2010-2022
21250450	POTOSI HACIENDA	Armero (Guayabal) Tolima	Pluviométrica	Nubosidad	Diario	99%	37	2010-2022
23010020	EL EDÉN	Fresno Tolima	Pluviométrica	Precipitación	Diaria	95%	45	2010-2022
21250500	LIBANO	Líbano Tolima	Pluviométrica	Precipitación	Diaria	88%	558	2010-2022
				Precipitación	Diaria	97%	135	2010-2022

Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024, adaptado con información IDEAM.

- Procesamiento de la Información

El procesamiento de la información comprendió tres fases: consistencia, validez y homogeneidad de la información hidrometeorológica, constituyéndose en el primer paso de los análisis hidrológicos y climatológicos realizados en el presente estudio.

Este procesamiento se realiza con el fin de establecer la calidad de la información histórica de las estaciones escogidas y así detectar posibles valores erróneos, reduciendo el nivel de incertidumbre en los resultados de los análisis de datos.

- Completado de datos faltantes

Una vez establecido el periodo de análisis, se procedió a completar los registros faltantes teniendo la premisa de completar el menor número de datos faltantes de cada una de las estaciones con ausencia de información en relación con cada variable; para ello se empleó el software Xlsat mediante la técnica de "imputación con la media" que consiste en estimar la media absoluta de los registros presentes en la base de datos completa para la variable a imputar, por lo tanto el valor resultante (media absoluta) será el valor donante para los registros con datos faltantes de esta variable. De esta misma forma se aplica para cada una de las variables que presenten al menos un registro ausente. (Márquez, Mesa, & Useche, 2017)

Una vez completados los datos se ejecutó una estadística descriptiva de las variables de precipitación, temperatura máxima, mínima y media, con los valores sin completar vs datos completados, con el fin de observar los cambios significativos en la asimetría y tendencia central, donde se concluye que para todas las variables no hay cambios significativos para los datos iniciales en relación con los datos completados

- Análisis de consistencia de datos

Para el presente estudio se utilizó en primer lugar un análisis gráfico de las series, empleando diagramas de cajas BoxPlot (Excel), que son instrumentos gráficos de la estadística descriptiva que permite realizar un análisis de la distribución de los datos y determinar si la muestra tiene elementos "outliers" y si presenta un sesgo. A partir de ello se obtuvieron los valores mínimos, máximos, mediana, cuartil 1 que equivale al 25% de los datos, cuartil 2 la media de los datos y finalmente el cuartil 3 que atañe al 75% de los datos.

- Homogeneidad de las series históricas

Los análisis de homogeneidad de series son un aspecto fundamental en los estudios hidroclimáticos y deben realizarse previamente a cualquier otro análisis, con el objetivo de determinar la calidad y la relación de la información que se está utilizando con las demás estaciones del entorno (Smit & Campuzano, 2000).

Una muestra es homogénea si sus variaciones responden exclusivamente a las variaciones de la atmosfera. (Pollack, 2013)¹². La metodología utilizada para este fin fue: La prueba de Pettitt.

"Esta se basa en la prueba de Mann-Whitney, donde una ruptura puede ser definida de manera general por un cambio en la ley de probabilidad $f(x)$ de una serie cronológica en un instante dado (normalmente desconocido)" (Universidad Nacional Agraria La Molina, 2015)¹³. El fundamento de esta prueba se basa en la división de una serie de datos sub dividida en dos sub muestras de

¹²POLLACK, C. (2013). ANÁLISIS DE HOMOGENEIDAD DE LAS SERIES DEL ENTORNO DE GUIPUZCOA. SAN SEBASTIAN.

¹³ Universidad Nacional Agraria La Molina. Frecuencia De Precipitaciones Máximas Según Los L-Momentos En La Cuenca Hidrográfica Del Lago Titicaca. Lima-Perú. 2015. Pág.09

tamaño m y n respectivamente, siendo estos reagrupados y ordenados en forma creciente. "Se calcula entonces, la suma de los rangos de los elementos de cada sub-muestra respecto a la muestra total. Un estadístico es definido a partir de estas dos sumas y se prueba una hipótesis nula en donde se asume que las dos sub-muestras pertenecen a la misma población" (Universidad Nacional Agraria La Molina, 2015).¹⁴

"Esta prueba es no paramétrica se basa en rangos y hace caso omiso de la normalidad de la serie, se basa en el orden de rangos de los valores y_i . El estadístico que se emplea se define como:

Ecuación 2-13

$$X_d = 2 \sum_{i=1}^d r_i - d(n+1)$$

Para $d=1, 2, \dots, n$, donde la variación es detectada cuando el valor del año m cumple:

Ecuación 2-14¹⁵

$$X_m = \frac{\max_{1 \leq d \leq n}}{|X_d|}$$

La metodología descrita anteriormente se realizó por medio del software "XLSTAT"¹⁶, los resultados obtenidos se podrán evidenciar en el (**Ver Anexo5/Lineabase/5.1Abiotico/5.1.2 Caracterización/5.1.2.8/Atmosfera**)

- Pruebas de tendencia de Mann Kendall

La prueba de tendencia de Mann-Kendall es una prueba no-paramétrico (Kendall, 1975; Mann, 1945), sugerido para evaluar la tendencia en series de datos ambientales (Yu et al., 2007). El test consiste básicamente en la comparación entre los valores que componen una misma serie temporal, en orden secuencial (Silva, 2007). También, considera la hipótesis de estabilidad de la serie temporal. Siendo así, la sucesión de valores de la serie temporal denota deformación independiente y la distribución de la probabilidad debe permanecer la misma (serie aleatoria simples).

Este test consiste en lo siguiente:

- a) Se listan los valores de las variables de forma ordenada (x_1, x_2, \dots, x_n)
- b) Se obtiene el signo de la diferencia de cada par de valores al comparar sus magnitudes ($x_j - x_k$) con ($j > k$) de acuerdo con lo siguiente:

¹⁴ Ibid.

¹⁵ UNAM, Guajardo P., R. A. Pruebas de homogeneidad de varianza a series de precipitación y temperatura de estaciones del estado de Veracruz y áreas aledañas. Pág.03

¹⁶ XLSTAT. Complemento estadístico para Excel. <http://www.xlstat.com/es/>

Ecuación 2-15

$$\text{signo}(x_j - x_k) = \begin{cases} 1 & \text{si } (x_j - x_k) > 0 \\ 0 & \text{si } (x_j - x_k) = 0 \\ -1 & \text{si } (x_j - x_k) < 0 \end{cases}$$

- c) Obtención del estadístico S de Mann Kendall, mediante la ecuación:

Ecuación 2-16

$$S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^{n-1} \text{signo}(x_j - x_k)$$

Si S es positivo se infiere de forma subjetiva que la tendencia es creciente, cuando S es negativo se infiere que hay tendencia decreciente.

- d) Con base a los indicadores se estima una varianza para el estadístico S de Mann Kendall, que considera el caso de los empates ($\text{signo } x_j - x_k = 0$) obtenidos en el paso 2, mediante la ecuación:

Ecuación 2-17

$$\text{Var}[S] = \frac{1}{18} \left[n(n-1)(2n+5) - \sum_{q=1}^g t_q(t_q-1)(2t_q+5) \right]$$

- e) Cálculo del estadístico Z_{MK} mediante:

$$Z = \begin{cases} \frac{S-1}{\left[\text{Var}(S) \right]^{\frac{1}{2}}} & \text{si } S > 0 \\ 0 & \text{si } S = 0 \\ \frac{S+1}{\left[\text{Var}(S) \right]^{\frac{1}{2}}} & \text{si } S < 0 \end{cases}$$

- f) A partir del estadístico Z se evalúa la hipótesis de interés, que puede ser:

- H_0 : No hay tendencia vs. H_1 : Hay tendencia decreciente
- H_0 : No hay tendencia vs. H_1 : Hay tendencia creciente

La metodología descrita anteriormente se realizó por medio del software "XLSTAT"¹⁷, los resultados obtenidos se podrán evidenciar en el (**Ver Anexo 5. Línea base/5.1 Abiótico/5.1.2 Caracterización/5.1.2.8Atmosfera**)

¹⁷ XLSTAT. Complemento estadístico para Excel. <http://www.xlstat.com/es/>

- Análisis temporal y espacial de variables climatológicos

Con el objeto de interpolar valores de los parámetros climáticos en relación con las precipitaciones (Isoyetas) y temperatura (Isotermas), se empleó el método de distancia inversa ponderada (IDW) con el programa ARC GIS 10.8. 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:

Ecuación 2-18

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

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.

- Clasificación climática y Zonificación climática

Para desarrollar la clasificación y zonificación climática dentro del Estudio de Impacto Ambiental para el "Parque Solar Fotovoltaico Heliconia 60 MW y su línea de transmisión eléctrica a 115 kV hacia la Subestación San Felipe", se utilizó la información del estudio de ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia; en este presentan diferentes metodologías para llevar a cabo la caracterización climática, algunas de ellas son: Köppen, Thornthwaite, Caldas, Lang, Martone y Holdridge, entre otras. Se optó por elegir una cuya caracterización tuviera en cuenta 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)¹⁸.

Las variables climáticas consideradas más relevantes para realizar el mapa de caracterización climática corresponden a la temperatura y la precipitación. A continuación, detalla la información:

¹⁸ 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 1802¹⁹, se adoptaron como rangos definitivos para la denominación termal las clasificaciones que se muestran en la **Tabla 2-45**.

Tabla 2-45 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)²⁰.

○ Denominación por rangos de precipitación anual (**Tabla 2-46**).

Tabla 2-46 Denominación Precipitación

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
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)²¹

○ Resultado Zonificación Climática (**Tabla 2-47**).

Tabla 2-47 Clasificación 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

¹⁹ Ibíd.

²⁰ IGAC, (2007) Op Cit.

²¹ Ibíd.

Leyenda Zonificación Climática	
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
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)²²

2.3.2.1.12.1 Monitoreo de calidad del aire

Con el fin de determinar la calidad del aire en el área de influencia del proyecto Estudio de Impacto ambiental para el Parque Solar Fotovoltaico Heliconia 60 MW y su línea de transmisión eléctrica a 115 kV hacia la subestación San Felipe, se midieron y cuantificaron las concentraciones de material particulado, dióxido de azufre, dióxido de nitrógeno y monóxido de carbono; la empresa VOLTALIA SAS, contrató los servicios de SGS COLOMBIA S.A.S, para realizar el monitoreo de calidad de aire, para dar cumplimiento a requerimientos de la autoridad ambiental y verificar el cumplimiento de su programa de control y seguimiento ambiental.

• Metodología

La ubicación de las estaciones y la toma de muestras se realizó con base en los lineamientos del Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire en el manual de Diseño de Sistemas de Vigilancia de la Calidad del Aire, el cual establece la toma de muestras diarias en periodo seco o alternadamente en época de lluvia.

Para la realización del monitoreo, seleccionaron tres (3) estaciones en sitios representativos de la dirección predominante del viento, en cada estación se ubicaron medidores de material particulado (PM₁₀, PM_{2.5}), dióxido de azufre (SO₂), dióxido de nitrógeno (NO₂) y monóxido de carbono (CO).

²² Ibíd.

El periodo de monitoreo para el presente estudio fue de dieciocho (18) días continuos, entre los días 1 al 18 de diciembre de 2023, el cual corresponde a época de seca. Se determinaron los niveles de material particulado (PM₁₀, PM_{2.5}), dióxido de azufre (SO₂), dióxido de nitrógeno (NO₂) y Monóxido de Carbono (CO), de acuerdo con los límites establecidos por la Resolución 2254 del 01 de noviembre de 2017 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS). Los monitoreos fueron realizados con equipos manuales y automáticos, según las técnicas de muestreo y análisis normalizados de los Métodos EPA (Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos), 40 CFR parte 50 Apéndices A-2, F, J y L, establecidos por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM, en el Manual de Operación de Sistemas de Vigilancia de la Calidad del Aire

En la **Tabla 2-48** se presenta el método de muestreo y análisis empleados en el estudio de calidad de aire.

Tabla 2-48 Métodos de muestreo y análisis para parámetros de calidad de aire

Parámetro	Tipo de muestreo	Técnica de análisis	Método de muestreo y análisis de referencia
Material Particulado (PM ₁₀)	Hi-Vol	Gravimétrico	EPA e-CFR Titulo 40, Parte 50, Apéndice J: PM ₁₀
Material Particulado (PM _{2.5})	Low-Vol	Gravimétrico	EPA e-CFR Titulo 40; Parte 50; Apéndice L- Método para la determinación de partículas finas como PM _{2.5} en la atmósfera
Dióxido de Azufre (SO ₂)	Tren de muestreo Andersen	Colorimétrico (Pararosanilina)	US-EPA CFR Titulo 40, Parte 50, Apéndice A-2. Pararosanilina
Dióxido de Nitrógeno (NO ₂)	Medición directa	Quimioluminiscencia	US EPA 40 CFR Parte 50 Apéndice F
Monóxido de Carbono (CO)	Medición directa	Absorción en infrarrojo	US EPA 40 CFR Parte 50 Apéndice C

Fuente: US-EPA. 40 CFR, 2019; SGS Colombia, 2023.

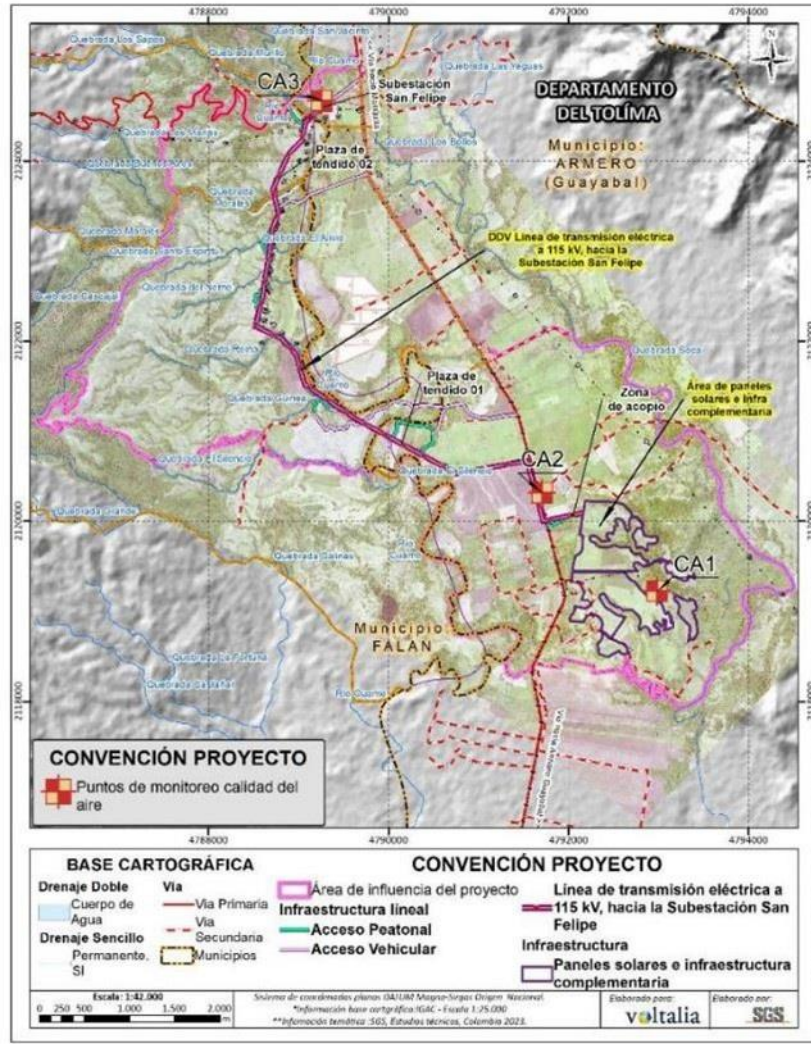
A continuación, en la **Figura 2-30** se presenta la localización de las estaciones de monitoreo y en **Tabla 2-49** se presenta la descripción de cada una de estas.

Tabla 2-49 Localización de las estaciones de calidad de aire

Nombre de la estación	ID de la estación	Coordenadas Magna Sirgas Origen Nacional		Cota (msnm)
		Este	Norte	
CA1	CA1	4792986.126	2119225.766	300
CA2	CA2	4791711.366	2120316.881	313
CA3	CA3	4789261.369	2124667.670	365

Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024

Figura 2-30 Localización geográfica de las estaciones de monitoreo de calidad del aire



DDV: Servidumbre del proyecto
Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024

- Periodo y frecuencia de muestreo**

Las evaluaciones de la calidad del aire se efectuaron durante el período comprendido entre el 1 al 18 de diciembre de 2023 recolectando muestras diarias, para un total de 18 muestras.

- Criterios de macro localización**

Con base al Protocolo Para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire, establecido por la Resolución 650 de 2010 del entonces Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT) y modificado por la Resolución 2154 de 2010 del MAVDT, actualmente Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS), la ubicación de las estaciones debe ser capaz de reportar los niveles máximos de contaminación, los niveles típicos de zonas densamente pobladas, la contaminación del aire transportado dentro y fuera de una zona de estudio, y los

niveles de contaminación cerca de fuentes específicas, es por esto por lo que los sitios donde se ubicaron las estaciones se tuvieron en cuenta las siguientes especificaciones:

- Altura de la toma de muestra sobre el piso: 2 – 15 m.
 - Distancia árbol más cercano: por lo menos > 10 m.
 - La distancia del muestreador a obstáculo como edificios: deberá ser por lo menos el doble de la altura que sobre sale el obstáculo sobre el muestreador. Se recomienda un radio libre de 10 m.
 - La distancia a las carreteras o caminos deberá ser de 2 a 10 metros del borde de la línea de tráfico más cercana.
 - Fácil acceso, para visitas regulares de inspección.
 - Seguridad contra vandalismo.
 - Infraestructura: el sitio debe contar con energía eléctrica segura.
 - Distancia desde la parte exterior de los árboles debería ser mayor a 20 m. Cuando estos actúan como obstáculos, la distancia debe ser de 10 m.
 - La distancia desde el toma muestra, el muestreador, o 90% de la distancia desde el camino de medición, a un obstáculo (como un edificio), debe ser al menos dos veces la diferencia de altura entre el obstáculo y el toma muestra o el camino de medición. Los sitios que no cumplen este criterio pueden ser clasificados como de escala media.
 - La toma muestra debe tener flujo no restringido de aire 270° alrededor y/o un ángulo de 120° libre por encima del equipo; si la toma muestra se extiende desde el lado de un edificio, debe tener flujo no restringido 180°.
 - Si la empresa o la autoridad ambiental ya tienen definidos los puntos de muestreo, las mediciones se realizarán en dichos puntos.
 - Instale la estación meteorológica, garantizando que el anemómetro se encuentre a una altura de 10m sobre el suelo y sin obstáculos alrededor.
 - No podrá haber flujos de hornos o de incineración cercanos, industrias comerciales. Se recomienda 20m de distancia del sitio de muestreo.
- **Criterios de micro localización**

De igual forma teniendo en cuenta el Protocolo para el monitoreo y seguimiento de la calidad del aire en el Manual de diseño de Sistemas de Vigilancia de la Calidad del Aire del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT) del 2010 en el numeral 6 acerca de los parámetros de diseño de un Sistema de Vigilancia de la Calidad del Aire (SVCA), se tuvo en cuenta el numeral 6.4.1 referente a los aspectos generales de los criterios de micro localización de los sitios de vigilancia. (Ver **Tabla 2-50**).

Tabla 2-50 Criterios de Microlocalización

Tipo	Características
Condiciones de seguridad	Por temas de seguridad en la zona de monitoreo, no es recomendable transitar en horas de la noche, por esta razón no se puede realizar el muestreo manual diario entre las 00:00 y las 23:59
Exposición de los toma muestras y sensores	Los puntos de monitoreo propuestos están lejos de fuentes locales de contaminación, como parqueaderos, vías sin pavimentar, calderas o de grandes sumideros
Condiciones de logística	Los equipos fueron alimentados por medio de generadores eléctricos, lo que obligaba a que estos fuesen encendidos manualmente y no programados. Fue un monitoreo de 18 días, tomando para el caso de los equipos manuales muestras diarias, lo que obligaba a iniciar el monitoreo inmediatamente se retirara la muestra del día anterior y encender los equipos manualmente y no programados. Es decir, las estaciones no iniciaban monitoreo de manera simultánea a la misma hora, sino que el inicio depende del tiempo de desplazamiento entre una estación y otra.
Consideraciones visuales y arquitectónicas	No se genera impacto visual a estructura arquitectónica

Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024

• Otros criterios de ubicación de las estaciones

Con base al Protocolo Para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire, establecido por la Resolución 650 de 2010 del Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT) y modificado por la Resolución 2154 de 2010 del MAVDT, actualmente Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS), la ubicación de las estaciones debe ser capaz de reportar los niveles máximos de contaminación, los niveles típicos de zonas densamente pobladas, la contaminación del aire transportado dentro y fuera de una zona de estudio, y los niveles de contaminación cerca de fuentes específicas, es por esto por lo que los sitios donde se ubicaron las estaciones se tuvieron en cuenta las siguientes especificaciones:

Toma de muestra:

- Altura de la toma de muestra sobre el piso: 2 – 15 m.
- Distancia árbol más cercano: por lo menos > 10 m.
- La distancia del muestreador a obstáculo como edificios: deberá ser por lo menos el doble de la altura que sobre sale el obstáculo sobre el muestreador. Se recomienda un radio libre de 10 m.
- La distancia a las carreteras/caminos deberá ser de 2 a 10 metros del borde de la línea de tráfico más cercana.
- Fácil acceso, para visitas regulares de inspección.
- Seguridad contra vandalismo.
- Infraestructura: el sitio debe contar con energía eléctrica segura.
- Distancia desde la parte exterior de los árboles debería ser mayor a 20 m. Cuando estos actúan como obstáculos, la distancia debe ser de 10 m.
- La distancia desde el toma muestra, el muestreador, o 90% de la distancia desde el camino de medición, a un obstáculo (como un edificio), debe ser al menos dos veces la diferencia de altura entre el obstáculo y el toma muestra o el camino de medición. Los sitios que no cumplen este criterio pueden ser clasificados como de escala media.

- La toma muestra debe tener flujo no restringido de aire 270° alrededor y/o un ángulo de 120° libre por encima del equipo; si la toma muestra se extiende desde el lado de un edificio, debe tener flujo no restringido 180°.
- Si la empresa o la autoridad ambiental ya tienen definidos los puntos de muestreo, las mediciones se realizarán en dichos puntos.
- Instale la estación meteorológica, garantizando que el anemómetro se encuentre a una altura de 10m sobre el suelo y sin obstáculos alrededor.
- No podrá haber flujos de hornos o de incineración cercanos, industrias comerciales. Se recomienda 20m de distancia del sitio de muestreo.

• Normatividad

Las normas de calidad del aire para todo el territorio nacional se encuentran establecidas en la Resolución Número 2254 del 01 de noviembre de 2017 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo sostenible, que modificó la Resolución 610 de 2010 del MAVDT. En el Artículo 2 de la resolución en referencia, se establecen los niveles máximos permisibles para contaminantes criterio en condiciones de referencia (25 °C y 760 mmHg). (Ver **Tabla 2-51**).

Tabla 2-51 Niveles máximos permisibles para contaminantes criterio

Parámetro	Unidad	Limite normativo
Material Particulado PM10		
Promedio aritmético anual	µg/m ³	50
Concentración máxima en 24 horas	µg/m ³	75
Material Particulado PM2.5		
Promedio aritmético anual	µg/m ³	25
Concentración máxima en 24 horas	µg/m ³	37
Dióxido De Azufre SO₂		
Concentración máxima en 24 horas	µg/m ³	50
Concentración máxima en 1 hora	µg/m ³	100
Dióxido De Nitrógeno NO₂		
Promedio aritmético anual	µg/m ³	60
Concentración máxima en 1 hora	µg/m ³	200
Monóxido de Carbono CO		
Concentración máxima en 8 horas	µg/m ³	5000
Concentración máxima en 1 hora	µg/m ³	35000

Fuente: Resolución 2254 del 2017 del MADS

- **Metodología de muestreo**

- a) **Partículas respirables PM₁₀ – PM_{2.5}**

Este método está basado en la medición de la cantidad de partículas PM₁₀ y PM_{2.5} presentes en el aire ambiente, que son capturadas por un filtro durante un período de muestreo de 24 horas continuas. El volumen total de aire muestreado es determinado de la proporción de flujo volumétrico conocido y el tiempo expuesto.

El filtro es pesado antes y después de la toma de las muestras, para determinar la ganancia neta de peso.

- **Método y equipos**

- **Muestreador de Bajo Volumen Low – Vol.** Este método está basado en el USEPA e-CFR Title 40, Part 50, Appendix L. Un equipo muestreador de bajo volumen está conformado por dos componentes básicos: una entrada diseñada para permitir el ingreso selectivo de partículas, un divisor de flujo que separa las partículas y un sistema de control de flujo capaz de mantener una proporción de flujo constante dentro de las especificaciones planteadas en el método de referencia o en el manual del equipo.

El equipo obtiene una cantidad conocida de aire el cual se hace pasar a través de una entrada o Inlet que proporciona una partícula inicial de 10 micras a un flujo de 16.7 L/min, posteriormente tiene un separador de flujo que separa las partículas gruesas (PM₁₀), de la fina (PM_{2.5}).

Las partículas son recolectadas en los filtros de teflón (PM_{2.5}) y cuarzo (PM₁₀), durante el período especificado por el programa de monitoreo, generalmente de 24 horas.

- **Filtros.** Para muestreo de PM₁₀ se empleó un filtro de cuarzo o teflón (PTFE) de forma circular de tamaño de 47 mm, el cual fue examinado en el laboratorio para verificar si hay imperfecciones y en tal caso poder descartarlo, luego es numerado y pesado.
Para muestreo de PM_{2.5} se empleó un filtro de teflón (PTFE) de forma circular de tamaño de 47 mm, el cual será examinado en el laboratorio para verificar si hay imperfecciones y en tal caso poder descartarlo, luego es numerado y pesado.

- **Muestreador de Alto Volumen High – Vol.** Se utilizaron muestreadores de alto volumen PM₁₀ que consisten en una estructura metálica de aluminio anodizado con una caperuza escualizable en forma elíptica. Tiene una unidad porta-filtros ajustada a una carcasa metálica o plástica que contiene un motor de 0.5 HP a 1800 rpm, 110-115 Voltios, 745 Vatios y 6.25 Amperios, con rata de flujo entre 36 y 43 pie³/min. Este método está basado en el USEPA e-CFR Title 40, Part 50, Appendix J: PM₁₀.

La geometría del muestreador de Alto Volumen permite que las partículas sean clasificadas por medio de un separador Aerodinámico y después son colectadas en un filtro de Cuarzo para su cuantificación y análisis, antes de alcanzar el filtro horizontal, depositando allí las partículas que no se han sedimentado por acción de la fuerza de gravedad. El tiempo de muestreo (generalmente 24 horas +/- una hora) y es controlado directamente por el técnico de monitoreo.

- **Procedimiento de muestreo**

- **Muestreador de Alto Volumen High – Vol.**

Con el fin de garantizar que el muestreo de las partículas respirables sea representativo, se requiere que el equipo muestreador trabaje siempre bajo unas mismas condiciones, para lo cual fue necesario antes realizar un proceso de calibración del equipo. El equipo muestreador de alto volumen PM10 de flujo constante, está provisto 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 permita una aspiración de aire en el rango de 1.02 a 1.24 m³ /min a condiciones actuales o reales. Un caudal de 1.13 m³ /min garantiza la separación de partículas menores de 10 micrómetros. Por lo tanto, la calibración del equipo consiste básicamente en una verificación de flujo.

El muestreador de aire arrastra aire ambiente a una velocidad de flujo constante hacia una entrada de forma especial donde el material particulado se separa por inercia en uno o más fracciones dentro del intervalo de tamaño de PM10. Cada fracción dentro del intervalo de tamaño de PM10 se recolecta en un filtro separado en un periodo de muestreo específico.

El volumen total de aire muestreado es determinado de la proporción de flujo volumétrico conocido y el tiempo expuesto. La concentración de PM10 en el aire se mide como la masa total de las partículas acumuladas en el filtro dividido por el volumen de aire de muestra. Esta concentración se expresa como microgramos por metro cúbico (µg/m³).

El muestreo se realizó siguiendo las directrices del procedimiento interno I&E-ENVI-OPE-P-04 MONITOREO DE MATERIAL PARTICULADO TPS – PM10

- **Muestreador de Bajo Volumen Low – Vol.**

Se realizaron pruebas de fugas Interna y Externa, así como verificaciones de flujo, sensores de temperatura, humedad y presión barométrica. Los flujos del equipo según métodos de referencia son de 15.7 L/min para PM_{2.5} y 1,67 L/min para PM₁₀, la variación de estos flujos debe estar entre ±5%. Utilizando manillas antiestáticas para la manipulación del equipo, se ubican los filtros en los cassettes, seguidamente se ubican en el portafiltros de doble compartimiento; este procedimiento se debe hacer usando guantes de látex. Se enciende el equipo y se programa el monitoreo para 24 horas. En la configuración del instrumento los volúmenes referenciados internamente se convierten en condiciones estándar: 760 mmHg y 25°C de temperatura.

Pasado el tiempo de muestreo (24 horas) se retiró el portafiltro tirando del mecanismo ubique los filtros en las cajas de transporte. Los pasos anteriores se repiten para los demás días de muestreo. Desde campo hasta el laboratorio los filtros son depositados en el contenedor asignado inicialmente, se debe evitar que sufran movimientos bruscos que generen la pérdida de material muestra y deben transportarse a una temperatura inferior a los 25°C en un material que no permitan la generación de carga estática en un ambiente fresco y libre de humedad. Cuando llega al laboratorio, éste es identificado y entregado con su respectiva cadena de custodia para que proceda a ser analizado.

El muestreo se realizó siguiendo las directrices del procedimiento interno I&E-ENVI -P-31 MONITOREO DE PM_{2.5} Y PM₁₀.

- **Cálculos**

Los gastos reales, se calculan con base en las calibraciones que incluyen el correspondiente factor de corrección. El volumen de gases se calculó de acuerdo con la siguiente ecuación.

Ecuación 2-19

$$V = \frac{(Q_i + Q_f) \times t}{2 \times 35,315}$$

Donde:

Qi = Caudal inicial, c.f.m.

Qf = Caudal final, c.f.m.

V = Volumen de aire muestreado en m³, y

t = Tiempo de muestreo, en minutos.

35.31 = Factor de conversión de pies a metros cúbicos.

La concentración de partículas en suspensión se calcula utilizando la siguiente ecuación:

Ecuación 2-20

$$C = \frac{(P_f - P_i) \times 10^6}{V}$$

Donde:

C = Concentración de partículas, en µg/m³

Pf = Peso final del filtro, en gramos

Pi = Peso inicial del filtro, en gramos

V = Volumen de aire muestreado, en m³

b) Dióxido de azufre (SO₂)

Este método se basa en la absorción de SO₂ del aire en una solución de tetracloromercurato de potasio (TCM). Se forma un complejo de diclorosulfitomercurato que resiste la oxidación del oxígeno del aire. El complejo se hace reaccionar con p-rosanilina y formaldehído para formar el ácido metilsulfónico de prosanilina de color rojo púrpura intensa, que se determina por medio de un colorímetro o un espectrofotómetro; la intensidad del color producido está relacionada con la concentración de SO₂.

El método es esencialmente específico para SO₂, pues no está sujeto a interferencias de otros gases o sólidos ácidos o básicos tales como SO₃, H₂SO₄, NH₃ o CaO; el análisis se realizó dentro de una semana después de la recolección de la muestra. Se pueden medir concentraciones de SO₂ desde 25 a 1000 µg/m³; concentraciones menores de 25 µg/m³ se pueden medir succionando mayores volúmenes de aire.

El compuesto una vez formado es estable a los oxidantes fuertes. El líquido es tratado primero con una solución de ácido sulfámico para destruir el anión nitrito formado del nitrógeno presente en el aire ambiente y luego con unas soluciones de formaldehído y pararrosanilina, la cual contiene ácido fosfórico para controlar el pH.

- Equipos

- **Equipo de Absorción (Analizador de Gases).** Para la toma de muestras de 24 horas se utilizó el sistema de analizador de gases. Este sistema tiene los siguientes componentes:
- **Tubos de absorción.** Tubos de polipropileno, de 162 de longitud por 32 mm de diámetro, equipados con tapones del mismo material.
- **Dispensadores.** Un tubo de vidrio de aproximadamente 8 mm de diámetro exterior, 6 mm de diámetro interior y 152 mm de longitud con una contracción en el extremo de 0.3 a 0.8 mm de diámetro externo. El tubo se coloca de tal manera que quede un espacio libre entre 3 y 5 mm desde el fondo del tubo de absorción.
- **Bomba de Aire.** Una bomba capaz de mantener una diferencia de presión de al menos 0.7 atm a través del dispositivo de control de flujo.
- **Dispositivo de Control de Flujo.** Cualquier dispositivo capaz de mantener el flujo corriente a través de la solución de muestreo, es aceptable. En este caso se usaron orificios críticos con capacidad promedio de 0.207 litros/minuto.
- **Filtros.** Estos filtros se usan como retenedores apropiados para remover partículas de la corriente de aire y proteger el dispositivo de control de flujo. En este caso se utilizó un filtro de membrana porosa.
- **Espectrofotómetro.** Para medir la absorbancia a 548 nm (1 nm = 1 milimicra), con una anchura efectiva de banda espectral de menos de 15 nm; se empleó un espectrofotómetro de marca PERKIN ELMER.
- **Termómetro.** Para determinar la temperatura de la muestra, se utilizó un termómetro capaz de medir entre 0 y 100 grados Centígrados.

– Procedimiento del muestreo

Este método se usa generalmente para muestreos de 24 horas. Para llenar las necesidades específicas se pueden seleccionar diferentes combinaciones de velocidad y tiempo de muestreo. Los volúmenes de la muestra se deben ajustar, de tal manera que la relación entre la absorbancia y la concentración permanezca lineal. Todos los dispositivos de medición de flujo de aire y de control se deben calibrar contra un sistema de medición de flujo. Correcciones del volumen de aire a condiciones estándar (760 mm y 25°C) pueden ser necesarias si se encuentran temperaturas y presiones extremas. Si la muestra se almacena más de un día antes del análisis, conservarla en un refrigerador a 5°C o menos.

Muestreo para 24 Horas. Colocar 50 ml. de TCM en un absorbedor grande y recolectar la muestra a flujos entre 0.18 y 0.2 l/min. Proteger de la luz del sol directa durante la recolección y almacenamiento. Determinar el volumen total de aire multiplicando la velocidad de flujo de aire por el tiempo en minutos, registrar esto y también la presión y temperatura atmosférica.

El muestreo se realizó siguiendo las directrices del procedimiento interno I&E-ENVI -P-05 MONITOREO DE GASES CALIDAD DEL AIRE SO_x-NO_x.

– Cálculos

Convertir el volumen de aire muestreado al volumen a condiciones de referencia de 25 °C y 760 mmHg. La concentración de Dióxido de Azufre se calcula según la siguiente ecuación.

Ecuación 2-21

$$SO_2 (\mu g/ml) = \frac{(A-B) \times N \times K}{V}$$

Donde:

A = Número de mililitros de Tiosulfato de Potasio para el blanco,
B = Número de mililitros de Tiosulfato de Potasio para la muestra,
N = Normalidad de la solución de Tiosulfato,
K = Peso del microequivalente de SO_2 , 32.000
V = Volumen de muestra tomada.

El valor de los μg de SO_2 determinados en los 50 ml. de muestra, se divide por el volumen (m^3) que se muestrearon en el día, obteniéndose así la concentración de SO_2 .

c) Dióxido de nitrógeno (NO_2)

El Dióxido de Nitrógeno es absorbido del aire por una solución acuosa de trietanolamina, el análisis posterior es realizado usando un reactivo que forme un compuesto azo-colorante. El color producido por el reactivo es medido en un espectrofotómetro a 540 nm.

Se utilizó un analizador de NO_2 cuya técnica empleada es la Quimioluminiscencia. El método se fundamenta en emplear la energía emitida por una sustancia química que haya sido excitada previamente a través de radiación generada para lograr tal fin, similar al principio de operación de los métodos por fluorescencia y por espectroscopia de emisión atómica.

Para el caso de medición de los óxidos de nitrógeno, el principio de medición consiste en provocar la reacción del monóxido de nitrógeno con el ozono para formar dióxido de nitrógeno. Parte de estas moléculas que se forman se encuentran en estado excitado como consecuencia del salto de electrones a niveles de energía más altos. Estas moléculas excitadas, al volver a su estado fundamental emiten una radiación quimioluminiscente detectable.

El aire que es succionado por el analizador desde el medio ambiente es filtrado y dividido en dos líneas de flujo, cada uno de las cuales llega a una respectiva cámara. En una de las líneas de flujo la muestra de aire filtrado no sufre ningún tipo de sometimiento a energías radiantes, ni a agentes químicos, es decir, que correspondería al valor blanco o testigo. En la segunda línea de flujo, se incita a la reducción del NO_2 a NO mediante acción catalítica. La primera línea de flujo llega a una cámara de reacción, donde se determina la concentración total de NO_x , y la segunda, finaliza en una cámara de reacción diferente a la anterior donde se determina la concentración de NO . La concentración de NO_2 es obtenida por la diferencia matemática entre las concentraciones de NO_x y NO .

- Equipos
 - **Analizador de NO_2 .** La analítica técnica empleada por los analizadores de NO_2 es quimioluminiscencia, la cual está basada en la medición de la cantidad de luz generada por una reacción química.
 - **Generador de aire cero.** Es un sistema simple capaz de producir aire seco de alta calidad libre de partículas. Están diseñados para remplazar cilindros de gas como fuente estándar de calibración. La operación consiste en llevar el aire ambiente al generador de aire cero donde este es comprimido y luego purificado usando una combinación de desecantes y filtros.

- **Calibrador dinámico por dilución.** Permite realizar dilución de gases y efectuar calibraciones a los analizadores de gases. Provee estándares de calibración para chequeos multipunto, span y de cero.

- **Procedimiento del muestreo**

Se realizó una verificación de las conexiones eléctricas y neumáticas del analizador, así mismo fue necesario verificar el nivel de flujo y el funcionamiento de la bomba. Se revisa que el analizador se encuentre prendido y en modo de muestreo y no presente señales de alarma. Así mismo, se revisó el dato en la pantalla con el fin de ver posibles variaciones en el mismo. Se realizó un diagnóstico general del mismo, verificando los diversos parámetros que se muestran en pantalla. Dichos parámetros deben encontrarse dentro de los rangos recomendados por el fabricante.

Para verificar el funcionamiento de los analizadores de gases contaminantes, es necesario realizar una calibración multipunto, la calibración multipunto consiste en mediciones de las respuestas del analizador con cinco concentraciones diferentes, incluyendo un gas cero y span, utilizando la metodología recomendada por la EPA. Esta metodología consiste esencialmente en hacer pasar una mezcla de gases de concentración conocida a través del analizador y comparar el valor reportado por el equipo contra el valor del patrón.

Para el procesamiento de la información se descargan los datos desde el analizador en promedios e intervalos de tiempo configurados previamente. El procedimiento de calibración y desviación del sistema de muestreo se realizó siguiendo las directrices del procedimiento interno I&E-ENVI-OPE-P-42 CALIBRACIÓN Y DESVIACIÓN EQUIPOS MONITOREO CONTINUO DE NO- NO₂.

d) Monóxido de carbono (CO)

Las mediciones de CO en el aire ambiente se basan en la medición automatizada de la absorción de la radiación infrarroja del monóxido de carbono CO en una muestra de aire ambiente aspirado en un analizador no dispersivo de longitud de onda empleando la fotometría de infrarrojos.

La energía infrarroja de una fuente en el fotómetro se pasa a través de una celda que contiene la muestra de aire que será analizada, y la cuantificación de la absorción de energía del CO en la celda de muestreo es medida mediante un detector. El fotómetro está sensibilizado específicamente para el monóxido de carbono CO empleando gas de CO en una celda filtro en la trayectoria óptica, limitando así la absorción medida en una o más longitudes de onda características en las que se absorbe fuertemente CO. Filtros ópticos u otros medios también pueden ser usados para limitar la sensibilidad del fotómetro a una banda estrecha de interés.

Diversos esquemas pueden utilizarse para proporcionar un adecuado cero de referencia en el fotómetro. Se puede emplear una compensación automática opcional para la presión real y la temperatura de la muestra de aire en la celda de medición. La absorción de infrarrojos medido convierte a una lectura digital o una señal de salida eléctrica, indicando la concentración de CO medida.

- Equipos

Analizador de Monóxido de Carbono. Equipo para realizar análisis automático de Monóxido de Carbono, el cual toma una muestra de aire ambiente aspirado en un analizador no dispersivo de longitud de onda empleando la fotometría de infrarrojos.

Generador de aire cero. Es un sistema simple capaz de producir aire seco de alta calidad libre de partículas. Están diseñados para remplazar cilindros de gas como fuente estándar de

calibración. La operación consiste en llevar el aire ambiente al generador de aire cero donde este es comprimido y luego purificado usando una combinación de desecantes y filtros.

Calibrador dinámico por dilución. Permite realizar dilución de gases y efectuar calibraciones a los analizadores de gases. Provee estándares de calibración para chequeos multipunto, span y de cero.

Se realizó verificación de las conexiones eléctricas y neumáticas del analizador, así mismo fue necesario verificar el nivel de flujo y el funcionamiento de la bomba. Se revisó que el analizador se encuentre prendido y en modo de muestreo y no presente señales de alarma. Así mismo, se revisó el dato en la pantalla con el fin de ver posibles variaciones en el mismo. Se realiza un diagnóstico general del mismo, verificando los diversos parámetros que se muestran en pantalla. Dichos parámetros deben encontrarse dentro de los rangos recomendados por el fabricante.

Para verificar el funcionamiento de los analizadores de gases contaminantes, fue necesario realizar una calibración multipunto, utilizando la metodología recomendada por la EPA. Esta metodología consiste esencialmente en hacer pasar una mezcla de gases de concentración conocida a través del analizador y comparar el valor reportado por el equipo contra el valor del patrón.

Para el procesamiento de la información se descargan los datos desde el analizador en promedios e intervalos de tiempo configurados previamente.

– Procedimiento del muestreo

Se realizó verificación de las conexiones eléctricas y neumáticas del analizador, así mismo fue necesario verificar el nivel de flujo y el funcionamiento de la bomba. Se revisó que el analizador se encuentre prendido y en modo de muestreo y no presente señales de alarma. Así mismo, se revisó el dato en la pantalla con el fin de ver posibles variaciones en el mismo. Se realizó un diagnóstico general del mismo, verificando los diversos parámetros que se muestran en pantalla. Dichos parámetros deben encontrarse dentro de los rangos recomendados por el fabricante.

Para verificar el funcionamiento de los analizadores de gases contaminantes, fue necesario realizar una calibración multipunto, utilizando la metodología recomendada por la EPA. Esta metodología consiste esencialmente en hacer pasar una mezcla de gases de concentración conocida a través del analizador y comparar el valor reportado por el equipo contra el valor del patrón.

Para el procesamiento de la información se descargaron los datos desde el analizador en promedios e intervalos de tiempo configurados previamente.

El procedimiento de calibración y desviación del sistema de muestreo se realizó siguiendo las directrices del procedimiento interno I&E-ENVI-OPE-P-06 CALIBRACIÓN Y DESVIACIÓN EQUIPOS MONITOREO CONTINUO DE CO.

2.3.2.1.12.2 Modelación de calidad del aire

El inventario de emisiones y el modelo de dispersión en la zona de estudio se desarrolla teniendo en cuenta las fuentes emisoras de la infraestructura operativa y equipamiento requerido para las actividades del proyecto en los siguientes escenarios:

- Escenario 1 (E1) - Línea base: Emisiones por fuentes existentes antes del desarrollo del proyecto. Tiene en cuenta emisiones desde la vía aledaña al proyecto dentro del área de influencia, la cual presenta información de emisiones en su operación actual.

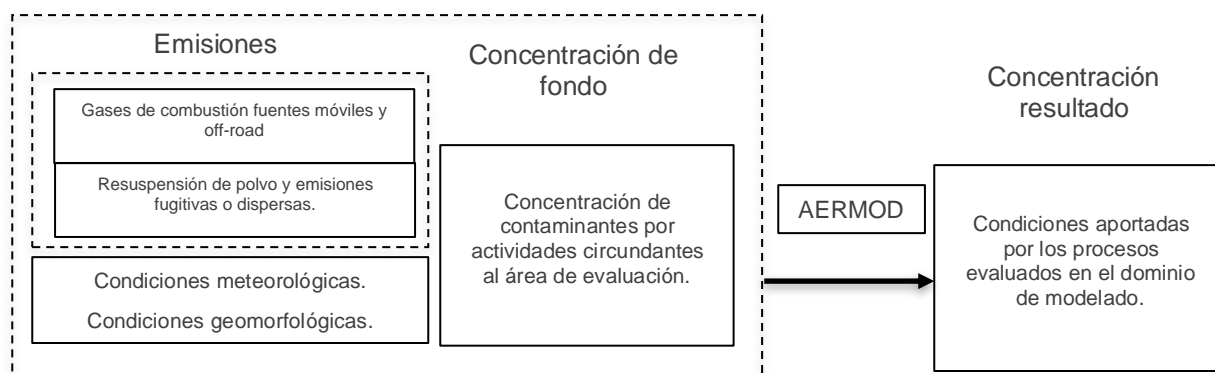
- Escenario 2 (E2) - Construcción con medidas de control: Emisiones de fuentes proyectadas en el desarrollo de las actividades de obras civiles exclusivamente en periodo diurno en la infraestructura del proyecto con implementación de medidas de control (humectación de vías, , así como control de velocidad a 20 km/h). Tiene en cuenta el aporte conjunto con el escenario E1.
- Escenario 3 (E3) - Construcción sin medidas de control: Emisiones de fuentes proyectadas en el desarrollo de las actividades de obras civiles como se presenta en el escenario E2, pero sin implementación de medidas de control (humectación de vías y frentes de trabajo, así como control de velocidad a 20 km/h).

Teniendo en cuenta un cronograma determinado para la ejecución de las obras civiles del proyecto, el modelo se conceptualiza como una operación continua durante el año meteorológico determinado por el modelo WRF, con el fin de evaluar condiciones promedio de concentración de contaminantes en la zona de estudio (tiempos de exposición largos) ante una intervención conservadora de las áreas a intervenir en el proyecto.

El aporte de contaminantes de otras fuentes no determinadas en los escenarios descritos se estima por la diferencia entre las concentraciones aporte de las fuentes modeladas respecto a las concentraciones de fondo medidas en la zona de estudio en el monitoreo de calidad de aire realizado durante el 1 de diciembre al 18 de diciembre de 2023 por el laboratorio ambiental de SGS Colombia S.A.S. De esta manera, el análisis de resultados tiene en cuenta condiciones que se acercan a la realidad a partir de datos de campo.

La identificación y georreferenciación de fuentes puntuales externas (quemadas de basuras o uso de leña para cocción, entre otros) no está incluida dentro del presente modelo, dadas las implicaciones de incertidumbre de operación de estas actividades a nivel anual. Dado el alcance de la información disponible para la evaluación (transporte de contaminantes de sitios remotos, fuentes fugitivas no identificadas, fuentes no controlables), el modelo tiene como alcance mostrar el aporte de contaminantes asociados a las actividades del proyecto ante posibles impactos asociados a las emisiones atmosféricas de las fuentes en consideración (**Tabla 2-31**)

Figura 2-31. Proceso de estimación de emisiones en la zona de estudio



Fuente: SGS COLOMBIA S.A.S., 2024.

2.3.2.1.12.2.1 Descripción del Modelo

La descripción de las características del modelo, la formulación de las ecuaciones y los fenómenos que tiene en cuenta, se extraen de la referencia primaria del algoritmo original US EPA AERMOD²³, los cuales se resumen a continuación:

La ecuación general de concentración, la cual se aplica para condiciones estables o convectivas está dada por la **Ecuación 2-22**.

Ecuación 2-22

$$C_T\{x_r, y_r, z_r\} = f * C_{c,s}\{x_r, y_r, z_r\} + (1 - f) * C_{c,s}\{x_r, y_r, z_p\}$$

Donde:

- C_T : Concentración total en la coordenada (x,y,z).
- $C_{c,s}$: Contribución horizontal de la pluma de contaminante en (x,y,z).
- C,S : Contribución en condiciones convectivas y estables a nivel del terreno.
- f : Es una función de ponderación del estado de la pluma.
- z_p : Altura de elevación del receptor sobre el suelo.

En este sentido, el modelo AERMOD tiene en cuenta las condiciones de terreno que pueden contribuir de forma positiva o no los cambios de concentración del contaminante evaluado en un punto receptor específico. Para esto, AERMOD usa un preprocesador de terreno (AERMAP), que le permite computar las características de elevación de la zona de interés para determinar un valor de escala de influencia por altura de terreno (h_c) en términos de un factor de ponderación de altura sobre el receptor (H_c), según se muestra en la **Ecuación 2-23**.

Ecuación 2-23

$$1/2 u^2\{H_c\} = \int_{H_c}^{h_c} N^2(h_c - z) dz$$

Donde:

- $U\{H_c\}$: Velocidad del viento a la altura H_c .
- h_c : Altura de escala del terreno alrededor del receptor evaluado.
- N : Función de frecuencia Brunt-Vaisala.

²³ Disponible en línea en: <https://www.epa.gov/scram/air-quality-dispersion-modeling-preferred-and-recommended-models#aermod>. Tomado de la última versión aprobada 18081.

En este sentido, el modelo tiene en cuenta la posible contribución por condiciones de elevación de terreno en la trayectoria de dispersión de la pluma de contaminante, asociada a la dirección de transporte del viento en un momento dado, según se presenta en la **Ecuación 2-24**.

Ecuación 2-24

$$C\{x, y, z\} = \left(\frac{Q}{\tilde{u}}\right) P_y\{y; x\} P_z\{z; x\}$$

Donde:

Q: Tasa de emisión de contaminante desde la fuente emisora.

\tilde{u} : Velocidad efectiva del viento.

P_y P_z : Funciones de densidad de probabilidad de las distribuciones laterales y verticales, respectivamente.

AERMOD tiene en cuenta una función de densidad de probabilidad (pdf) tradicional para las condiciones de dispersión laterales y verticales cuando la capa límite tiene un comportamiento estable, y en condiciones convectivas laterales. La distribución convectiva vertical es tomada como no gaussiana, asumiendo un comportamiento de reflexión de la pluma de contaminante. En este sentido, la forma de computación del modelo es dependiente de las características de estabilidad atmosféricas propias de la zona de estudio.

En este sentido, el modelo AERMOD puede ser descrito en términos de las condiciones atmosféricas que caracterizan la zona de estudio. **Ecuación 2-25**

Función de concentración en condiciones estables en la capa límite (SBL):

Ecuación 2-25

$$C_s\{x, y, z\} = \left(\frac{Q}{\sqrt{2\pi}\tilde{u}\sigma_{zs}}\right) F_y \sum_{m=-\infty}^{\infty} \left[e^{\left(-\frac{(z-h_{es}-2mz_{eff})^2}{2\sigma_{zs}^2}\right)} + e^{\left(-\frac{(z+h_{es}+2mz_{eff})^2}{2\sigma_{zs}^2}\right)} \right]$$

Función de concentración en condiciones convectivas en la capa límite (CBL):

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

Siendo:

Contribución directa de la fuente:

$$C_d\{x, y, z\} = \left(\frac{Q f_p}{\sqrt{2\pi}\tilde{u}}\right) F_y \sum_{j=1}^2 \sum_{m=-\infty}^{\infty} \frac{\lambda_j}{\sigma_{zj}} \left[e^{\left(-\frac{(z-\Psi_{dj}-2mz_i)^2}{2\sigma_{zj}^2}\right)} + e^{\left(-\frac{(z+\Psi_{dj}+2mz_i)^2}{2\sigma_{zj}^2}\right)} \right]$$

$$\Psi_{dj} = h_s + \Delta h_d + \frac{\overline{W\bar{x}}}{u}$$

Ecuación 2-26

Contribución indirecta de la fuente:

$$C_r\{x, y, z\} = \left(\frac{Q f_p}{\sqrt{2\pi}\tilde{u}} \right) F_y \sum_{j=1}^2 \sum_{m=-\infty}^{\infty} \frac{\lambda_j}{\sigma_{zj}} \left[e^{\left(-\frac{(z-\Psi_{rj}-2mz_i)^2}{2\sigma_{zj}^2} \right)} + e^{\left(-\frac{(z+\Psi_{rj}+2mz_i)^2}{2\sigma_{zj}^2} \right)} \right] \therefore \Psi_{rj} = \Psi_{dj} + \Delta h_i$$

Contribución por penetración de la fuente:

$$C_p\{x, y, z\} = \left(\frac{Q (1 - f_p)}{\sqrt{2\pi}\tilde{u}\sigma_{zp}} \right) F_y \sum_{m=-\infty}^{\infty} \left[e^{\left(-\frac{(z-h_{ep}-2mz_{eff})^2}{2\sigma_{zp}^2} \right)} + e^{\left(-\frac{(z+h_{ep}+2mz_{eff})^2}{2\sigma_{zp}^2} \right)} \right]$$

Donde:

Z_{eff} : Altura de capa de mezcla efectiva

$\sigma_y \sigma_z$: Coeficientes de dispersión lateral y vertical, respectivamente.

Δh : Altura de elevación de la pluma de contaminante.

En este sentido, AERMOD utiliza el preprocesador AERMET para determinar las condiciones que caracterizan la atmósfera a nivel de superficie y a diferentes alturas con respecto al suelo, para determinar las condiciones de dispersión que mejor describen el comportamiento de transporte. Para esto, se toma como información de entrada registros horarios mediante sondeos a 10 metros del suelo, suministrados por el modelo WRF 3.4, tanto a nivel de superficie como a nivel de altura (los sondeos utilizan como información de entrada los registros horarios del modelo GFS de la NOAA). Debido a que en la zona de estudio no se encuentra una estación meteorológica cercana (a menos de 50 km con respecto a la zona de estudio), se realiza una verificación cualitativa de la información disponible en referencias nacionales tales como el Atlas Climatológico de Colombia para asegurar que las condiciones generales de transporte son adecuadas.

En el caso de la parametrización de las condiciones de escala por elevación de terreno con el preprocesador AERMAP se utiliza como información de referencia los registros del modelo digital de terreno (DEM) con resolución de aproximadamente 30 m (1,0 arc-segundo), corregido a 12,5 m por el Proyecto ALOS PALSAR Alaska Satellite Facility. El error vertical del archivo DEM es de menos de 4 metros. Este modelo determina la altura del suelo desnudo (incluyendo la profundidad de cuerpos de agua) a partir del proyecto ALOS Global Digital Surface Model de la Agencia Espacial Japonesa (JAXA). El comportamiento de coberturas de suelo se verifica con información del proyecto UE ESA Sentinel 2B, según los registros más recientes disponibles, teniendo en cuenta un nivel de nubosidad menor a 10% y con corrección atmosférica.

El modelo se configura mediante la etiqueta BACKGRND, con la concentración media de cada contaminante monitoreado, asumiendo una condición anual cercana a la mediana de los registros medidos en campo (se realiza esta suposición teniendo en cuenta que solo se cuenta con 18 días de monitoreo indicativo).

En términos de representatividad temporal, el modelo tiene en cuenta la variabilidad de las tasas de emisión de las fuentes evaluadas a través de la ficha EMISFACT, teniendo en cuenta los lineamientos indicados en el Capítulo 4 del presente documento. Así mismo, en el caso de fuentes externas al proyecto (tráfico vehicular según resultados de aforo), el comportamiento de las emisiones varía en función del tiempo (emisiones no homogéneas por hora del día). Dicha variación se incluye mediante la ficha HROFDY como un ponderado de operación en función de la hora del día.

2.3.2.1.12.2.2 Validación del modelo

El proceso de validación del modelo se desarrolla con base en los resultados de los monitoreos meteorológicos disponibles en la zona de estudio. Se cotejan los datos de medición históricos disponibles en la zona de estudio frente los resultados del modelo meteorológico WRF MMIF 4.3, en las coordenadas del modelo.

Se toma como referencia para el proceso de validación la metodología sugerida por Grašič et al. (2011). Se tiene en cuenta dentro del alcance del proceso de validación el comportamiento de las variables mencionadas, para lo cual se estiman los índices coeficiente de correlación (CC), error cuadrático promedio normalizado (ECPN) y sesgo fraccional (SF).

El análisis estadístico es desarrollado para el intervalo de tiempo de un año según la disponibilidad de datos existentes entre datos medidos y datos reconstruidos. Para este intervalo de tiempo, el patrón de datos debe ser preparado entre pares de variables diarias, según se presenta en la **Ecuación 2-27**

Ecuación 2-27

$$\{V_{medido}(t), V_{calculado}(t)\}$$

Usando una metodología de validación tradicional, se determinan los índices de estadísticos del análisis.

Coeficiente de correlación (CR):

$$CR = \frac{\frac{1}{T} \sum_{t=0}^T (V_{medido}(t) - \hat{V}_{medido})(V_{calculado}(t) - \hat{V}_{calculado})}{\sigma_{V_{medido}} \sigma_{V_{calculado}}}$$

Error cuadrático promedio normalizado (NMSE):

$$NMSE = \frac{\frac{1}{T} \sum_{t=0}^T (V_{medido}(t) - V_{calculado}(t))^2}{\hat{V}_{medido} V_{calculado}}$$

Sesgo fraccional (FB):

$$FB = 2 \frac{\hat{V}_{medido} - \hat{V}_{calculado}}{\hat{V}_{medido} + V_{calculado}}$$

Donde:

V_{medido} :	Variable evaluada promedio medida en el punto analizado.
$V_{calculado}$:	variable evaluada promedio calculada en el punto analizado.
T:	Número de datos medidos disponibles
t:	Intervalo de tiempo de exposición referenciado
σ_c :	Desviación estándar de las concentraciones

El anterior análisis puede ser mejorado si se tiene en cuenta posibles condiciones que pueden dificultar el proceso de validación por posibles errores en el proceso de medición, incertidumbres inherentes, incertidumbres en los datos de entrada y errores en la formulación del modelo. Para esto, Grašič et al. (2007) sugiere tener en cuenta la matriz de variables asociada a la vecindad de la coordenada del punto de medición, de acuerdo con la **Ecuación 2-28**

Ecuación 2-28

$$NC = \left\{ \begin{array}{l} V_{medido}(t, m, n); \\ t - \Delta T < t < t + \Delta T; \\ m - \Delta H < m < m + \Delta H; \\ n - \Delta H < n < n + \Delta H \end{array} \right\}$$

Donde:

NC:	Matriz de la variable evaluada en las vecindades del punto de medición.
m:	Número de celdas en dirección oeste-este de la estación de medición.
n:	Número de celdas en dirección norte-sur de la estación de medición.

Finalmente, el proceso de validación se completa tomando el valor medido que mejor se ajuste entre el valor calculado de la matriz de variables meteorológicas respecto el valor medido, siendo dicho valor aquel en donde la diferencia entre medido y calculado sea menor.

Ecuación 2-29

$$V_{calculado}(t, m, n) = BM(NC(t, m, n))$$

Donde:

BM:	Función de mejor ajuste, tomando como base la menor diferencia de variables.
•	Parámetros a validar

Tomando como referencia los resultados de medición en la zona de estudio, el análisis se realiza para las variables meteorológicas temperatura y precipitación (no se dispone de mediciones de dirección del viento en la zona de estudio).

- Estrategia de validación

Para el proceso de validación, se utilizan las locaciones de estaciones IDEAM que se encuentran dentro de la región de análisis del modelo WRF, de modo que se puedan extraer los datos puntuales específicos de donde se contiene información modelada y medida representativa. En caso de que los datos registrados por dichas estaciones presenten vacíos de información y homogenización, se toma como referencia secundaria los valores multianuales compilados interpolados de las variables presentadas por estaciones meteorológicas cercanas a la locación, los cuales son determinados mediante la herramienta Local Climate Estimator (New LocClim) de la FAO (2014). Esta herramienta tiene la capacidad de generar estimativos con resolución

mensual tomando como información de entrada datos de estaciones reales a los alrededores de dicha locación.

De esta manera, los datos de validación corresponderán a los estimativos mensuales determinados con el menor nivel de error de acuerdo con el método de interpolación disponible por el modelo. Cabe resaltar que ante la limitación de información IDEAM primaria, la herramienta LocClim es considerada como una fuente de datos secundarios aceptada para planeación del territorio.

- Criterio de validación

El modelo se considera validado si los valores de respuesta calculados se encuentran dentro de los rangos de error y sesgo adecuados. Según Morris et al. (2005), un sesgo fraccional $\leq \pm 15\%$ y un error $\leq 35\%$ indica un desempeño excelente, mientras que un SB $\leq \pm 30\%$ y NMSE $\leq 50\%$ indica un desempeño bueno²⁴.

2.3.2.1.12.2.3 Escenarios del modelo

Teniendo en cuenta los requerimientos normativos asociados al proyecto, se ejecuta el modelo de dispersión para los escenarios línea base y construcción.

- Evaluación de los escenarios

Dado que el modelo de dispersión en escenario de obras civiles adiciona fuentes de emisión con respecto a las presentadas en el escenario de línea base, se espera un aumento de la concentración de los contaminantes evaluados en cercanía a las zonas de intervención, en función de la operación horaria de dichas emisiones. Se considera dentro del escenario de obras civiles únicamente operación en horario diurno, luego en periodo nocturno las condiciones de calidad del aire deben ser similares a las condiciones de línea base.

De acuerdo con esto, se toman como referencia para valoración de las condiciones de inmisión los límites normativos estipulados por la Resolución 2254 de 2017 del MADS, Artículo 2, Parágrafo 1 (**Tabla 2-52**). Esta proyección no tiene en cuenta condiciones exógenas al proyecto, tales como condiciones regionales/continentales desfavorables con incidencia en la zona de estudio.

Tabla 2-52 Niveles máximos permisibles para los contaminantes criterio evaluados

Contaminante	Nivel permisible ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Tiempo de exposición
PM ₁₀	50	Anual
	75	24 horas
PM _{2.5}	25	Anual
	37	24 horas
SO ₂	50	24 horas
	100	1 hora
NO ₂	60	Anual
	200	1 hora

²⁴ Morris, R., McNally, D., Tonnesen, G., Boylan, J., Brewer, P. 2005. Preliminary Evaluation of the Community Multiscale Air Quality Model for 2002 over the Southeastern United States. Journal of the Air & Waste Management Association, 55:11, 1694-1708

Contaminante	Nivel permisible ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Tiempo de exposición
CO	5.000	1 hora
	35.000	8 horas

Fuente: Resolución 2254 de 2017, MADS.

Cabe resaltar que la conceptualización de los modelos, si bien presenta un nivel de desagregación por actividad, se puede considerar conservador respecto a la operación que se espera en campo, por cuanto las secciones intervenidas por frente de trabajo tienden a ser secuenciales por secciones de acuerdo con la disponibilidad operativa de equipos y maquinaria. En este sentido, el modelo muestra el mayor impacto que pudiese tener el componente atmosférico ante un supuesto de intervención paralela de cada frente de trabajo. En la realidad se espera que los niveles de concentración aportados tiendan a ser menores dada la flexibilidad y tiempos de intervención real por cada actividad ejecutada.

- Contraste de escenarios

Debido a que los resultados presentados por el modelo de dispersión en forma gráfica a modo de mapas tipo ráster, se refiere a las concentraciones más altas presentadas (en el presente estudio se configura para presentar lo que se consideraría como el percentil 98 de los valores resultantes en función del tiempo de exposición evaluado menor a un año) en el periodo estadístico de 1 año de información meteorológica, el comportamiento de los mapas de isoconcentración en los tiempos de exposición más cortos puede presentar una alta variación, bien sea por la cercanía de los receptores de cálculo a las fuentes de emisión o condiciones meteorológicas específicas que promueven sobreestimaciones en los cálculos.

En tal caso, los resultados en tiempos de exposición anuales presentan la información más cercana a la media estadística del grupo de datos calculado (teniendo en cuenta que es poco probable encontrar un comportamiento normalizado o de "campana de Gauss" en este tipo de variables), y por tanto pueden ser tomados como referencia para evaluar posibles cambios en el tiempo respecto a incrementos o no de niveles de concentración esperados.

2.3.2.1.12.3 Ruido

La metodología para la generación de los modelos de ruido se consideró los requerimientos de la autoridad ambiental competente y la Resolución 627 de abril de 2006 del MAVDT actual MADS. Así mismo, los resultados de análisis de SGS Colombia S.A.S., se encuentran acreditados por la Resolución 0186 del 08 de marzo del 2021, modificada en la Resolución 1001 del 07 de septiembre del 2021, en la cual, se extiende el alcance por medio de la Resolución 0790 del 05 de mayo de 2022. Por lo tanto, el presente estudio ambiental es válido para indicar los comportamientos presentados de ruido ambiental.

Los monitoreos se realizaron en horario diurno y nocturno, en jornadas de día hábil y no hábil. Se llevaron a cabo mediciones de ruido ambiental en ocho (8) estaciones de monitoreo ubicados en el área de influencia de las actividades del Proyecto, se tuvo en cuenta lo siguiente:

I. Antes de iniciar las mediciones, se realizó la calibración de los equipos, ubicando el calibrador pistófono sobre el micrófono del sonómetro hasta obtener una lectura de 114 dB(A), una vez calibrado el equipo, se proceder con la ejecución de las mediciones (**Ver Anexos\Anexo5\LineaBase\5.1\Abiotico\5.1.1\LAB\5.1.1.4 Ruido Ambiental\Anexo 3. Verificaciones de Campo**). (Tabla 2-53).

II. Realizar la medición de la velocidad del viento a una altura de 4 metros, esta no debe ser superior a 3m/s, en casos en los que la velocidad del viento sea mayor y no disminuya, realizar la medición con la respectiva pantalla antiviento y aplicar el factor de corrección establecido. Las mediciones deben efectuarse en tiempo seco, no debe haber lluvias, lloviznas, truenos o caída de granizo, los pavimentos deben estar secos.

III. Siguiendo lo establecido por la Resolución 627 de 2006 del MAVDT actual MADS, las mediciones de ruido ambiental se realizaron con el sonómetro ubicado siempre a una altura de cuatro (4) metros medidos a partir del suelo y orientado en las direcciones: norte, sur, este, oeste y vertical, equidistante de las fachadas, barreras o muros existentes a ambos lados del punto de medición, utilizando siempre una pantalla antiviento.

IV. En cada dirección se realizó una medición de 5 minutos, para obtener 25 minutos de captura de información, las cuales se distribuyeron durante una hora de la siguiente manera:

Tabla 2-53 Periodos de medición

Medición	Descanso	Medición	Descanso	Medición	Descanso	Medición	Descanso	Medición
5 min	9 min	5 min	9 min	5 min	9 min	5 min	8 min	5 min

Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024

De acuerdo con lo establecido en el Artículo 4, de la Resolución 627 de 2006 del MAVDT actual MADS, los parámetros de medida monitoreados para la medida del ruido ambiental fueron:

- Nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A, LAeq,T y ponderado lento (Slow)
- Nivel percentil L90
- Lmáx
- Lmín
- LAeq (Impulse)

El ruido ambiental, se calcula por la expresión:

Ecuación 2-30

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

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

LV = Nivel equivalente medido en la posición del micrófono orientada en sentido vertical

- Ajustes de los niveles de presión sonora

Los niveles de presión sonora continuo equivalente ponderados A, LAeq,T, LAeq,T, Residual y nivel percentil L90, se corrigen por impulsividad, tonalidad, condiciones meteorológicas, horarios, tipos de fuentes y receptores, para obtener niveles corregidos de presión sonora continuo equivalente ponderados A, LRAeq,T, LRAeq,T, Residual y nivel percentil L90, respectivamente. La siguiente expresión servirá como base para efectuar dichas correcciones:

Ecuación 2-31

$$L_{RA(X)T} = L_{A(X)T} + (K_I, K_T, K_R, K_S)$$

Dónde:

KI= es un ajuste por impulsos (dB(A))

KT =es un ajuste por tono y contenido de información (dB(A))KR

=es un ajuste por la hora del día (dB(A))

KS =es un ajuste (positivo o negativo) para ciertas fuentes y situaciones, por ejemplo, bajasfrecuencias (dB(A))

(X) =corresponde a cualquiera de los parámetros de medida de que trata el Artículo 4 laResolución 627 de 2006 del MAVDT actual MADS

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

• Equipos de muestreo

Sonómetro

El equipo utilizado para la medición de emisión de ruido fue un sonómetro integrador automático Marca QUEST. Las mediciones se efectuaron aplicando un filtro de ponderación frecuencial dB (A) y un filtro de ponderación temporal S (Slow, respuesta lenta), con micrófono desmontable y pantalla de viento.

Para la verificación del correcto funcionamiento del sonómetro, se utilizó un calibrador acústico con una frecuencia de salida de 1000 Hz y 114 dB, con una dispersión de menos del 1%. (Tabla 2-54; Tabla 2-55; Tabla 2-56).

Tabla 2-54 Equipos de medición ruido ambiental

MARCA: QUEST	
SONÓMETRO	CALIBRADOR ACÚSTICO
	

Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024.

Tabla 2-55 Referencia de equipos

INSTRUMENTO		CÓDIGO INTERNO	MARCA / MODELO	NÚMERO DE SERIE	FECHA ÚLTIMA CALIBRACIÓN	FECHA DE VENCIMIENTO CALIBRACIÓN
Sonómetro		SNT0002	Quest Technologies	BI090016	2023-03-14	2024-03-14
Calibrador acústico		SIN 506388	Quest Technologies/ QC-10 3M	QI090145	2023-03-14	2024-03-14
Estación meteorológica		MET-0009	DAVIS INSTRUMENTS	BF191119086	2023-07-13	2024-07-13
Calibrador Estación meteorológica	Temperatura	CLB 0026	VANTAGE PRO	BF191119086	2023-06-30	2024-06-30
	Humedad		DAVIS INSTRUMENTS		2023-07-04	2024-07-04
	Presión				2023-07-07	2024-07-07
Valor ajuste de sonómetro por errores de calibración = cero (0)						

Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024

Tabla 2-56 Datos Técnicos del Pistófono y el Sonómetro

CRITERIO TÉCNICO	SONÓMETRO	PISTÓFONO
Umbral del Nivel Medio de Presión Acústica	0 dB o 70 dB a 90 dB	94 dB 114 dB / kHz
Sensibilidad del Campo Acústico	Campo Libre (cumplimiento normas Estadounidense) / Aleatorio (cumplimiento normas Unión Europea)	Campo Libre (cumplimiento normas Estadounidense) / Aleatorio (cumplimiento normas Unión Europea)
Estándares que cumple	IEC 61672 - 1:2002-5 (Electroacústica – Sonómetros). IEC 60651:1979, IEC 60804:2000, ANSI S1.4 1983, ANSIS1.43-1997 (R2007) Los filtros de 1/1 de octava y de 1/3 de octava cumplen EN 61260:1996, Clase o y ANSI S1.11 1986, orden-3 Tipo oC.	CEL-120/1: Calibrador según UNE-EN 60942: 2005, Calibrador to EN (IEC) 60942: 2003, ANSI S1.40: 2006 Clase 1, Orden ITC2845/2007
Rango de Mediciones	Rango de medición único hasta 140.2 dB(A) RMS y 143.3 dB(C) pico. Rango lineal a partir de 10 dB por encima de la menor señal discernible.	CEL-120/1: 114,0 dB \pm 0,25 dB y 94,0 dB \pm 0,25 dB
Ponderaciones de Frecuencia RMS	Ponderaciones de filtro A, C y Z, conforme IEC 61672-1:2002 Clase1.	NO APLICA
Medición de Octavay 1/3 de Octava	Octava: 11 bandas en tiempo real con frecuencias centrales de 16 Hz a 16 kHz. 1/3 de Octava: 33 bandas en tiempo real con frecuencias centrales de 12.5 Hz a 20 kHz.	NO APLICA
Medición Pico	Con ponderación A, C o Z desde 65,0 dB hasta 14.3dB.	NO APLICA
Respuesta de Frecuencia	De 6 Hz a 20 kHz (frecuencias superior e inferior de 3 dB). Indicé de muestreo digital 67.2 kHz. Respuesta general de frecuencia de clase 1 y 2 cumple IEC 61672-1:2002.	1kHz \pm 1Hz
Condiciones de Referencia	Temperatura del aire: 23°C. Humedad Relativa (HR): 50%. Presión Atmosférica: 101.325 kPa Nivel de Referencia Nominal: 114.0 dB a 1 kHz.	Temperatura del aire: 23°C. Humedad Relativa (HR): 50%. Presión Atmosférica: 101,325 kPa Nivel de Referencia Nominal: 114,0 dB a 1 kHz.
Marcador de Posición 1	Humedad: Del 5% al 9% HR sin condensación. Temperatura: de -10°C a +50°C (clase 1). De 0°C a + 40°C (clase 2). Presión: De 5 kPa a 108 kPa.	NO APLICA
Condiciones Ambientales de Almacenamiento	Humedad: Del 0% al 90% HR sin condensación. Temperatura: De -20°C a +60°C. Presión: DE 65 kPa a 108 kPa.	Humedad: Del 0% al 90% HR sin condensación. Temperatura: De -20°C a

CRITERIO TÉCNICO	SONÓMETRO	PISTÓFONO
		+60°C. Presión: De 65 kPa a 108 kPa.

Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024

2.3.2.1.12.4 Monitoreo de Ruido

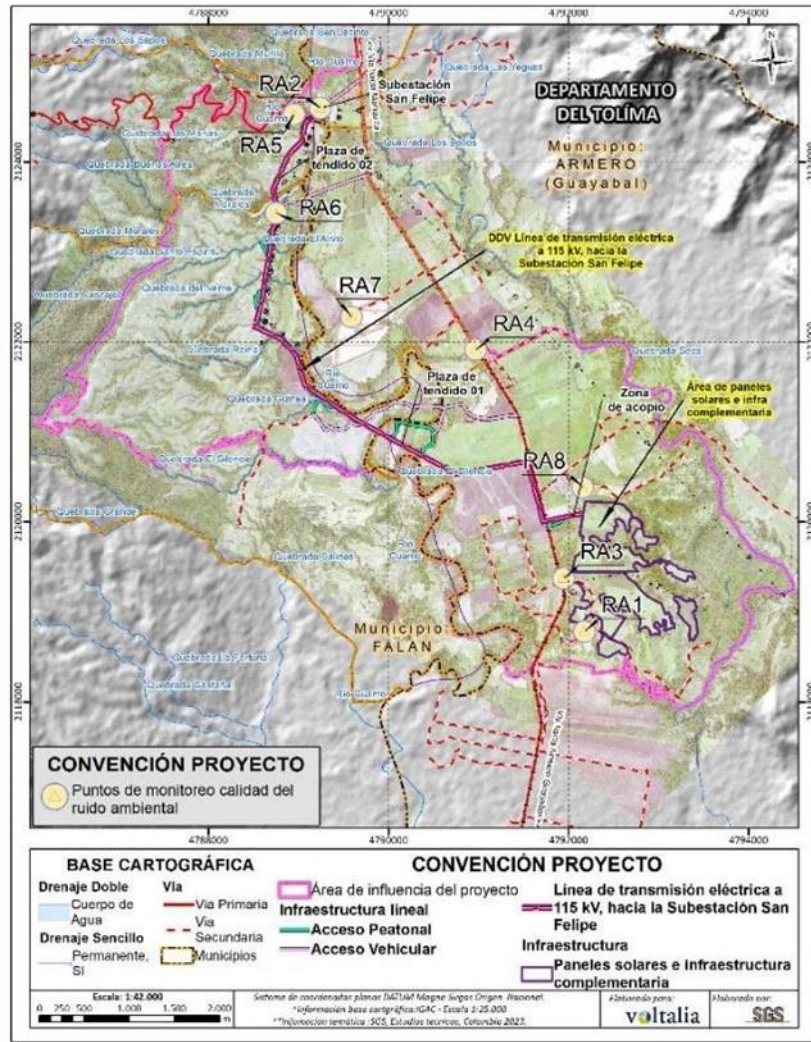
Las estaciones de medición se determinaron de acuerdo con las especificaciones establecidas en los Términos de Referencia Específicos para la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental para el proyecto Parque Solar Heliconia 60MW y su Línea de Transmisión Eléctrica de 115 kV, concretándose un total de ocho (8) estaciones de medición, localizados en los municipios de Armero Guayabal y Falan en el departamento de Tolima en el área de influencia de las actividades ejecutadas para el proyecto en mención. Sobre estas estaciones, se realizó un monitoreo en horario diurno y nocturno, en jornada de hábil y no hábil. (Ver **Tabla 2-57**).

Tabla 2-57 Localización de las estaciones de monitoreo de ruido

Nombre de la estación	ID estación	Cota (msnm)	Coordenadas Magna Sirgas Origen Nacional	
			Este	Norte
R1	R1	315	4792178.058	2118784.351
R2	R2	365	4789246.995	2124597.080
R3	R3	310	4791947.278	2119374.949
R4	R4	333	4790973.605	2121911.943
R5	R5	357	4788954.581	2124529.464
R6	R6	374	4788754.558	2123430.638
R7	R7	342	4789592.087	2122276.843
R8	R8	322	4792159.597	2120382.833

Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024

Figura 2-32 Localización geográfica de las estaciones de monitoreo de ruido



DDV: Servidumbre del proyecto
Fuente: SGS Colombia S.A.S, 2024

– Normatividad aplicable

Los resultados de las evaluaciones de Ruido Ambiental se compararon con lo establecido en la Resolución 627 de 2006 (Norma nacional de emisión de ruido y ruido ambiental) del Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT) actual Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS).

Teniendo en cuenta el concepto del uso del suelo de la zona estudiada se realiza la comparación con la cartografía base de la capa denominada “Vocación Uso 2017” desarrollada por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) y la información obtenida en campo, se observa que la vocación y el uso actual de suelo se clasifican como vocación agrosilvícola y uso principal agrícola, por lo tanto se determinó que las estaciones monitoreadas denominadas R1, R3, R5, R6, R7 y R8 se deben comparar con el Sector D. Zona Suburbana o Rural de Tranquilidad y

Ruido Moderado, Subsector Residencial suburbana, y las estaciones denominadas R2 y R4 ubicados en vías de tránsito vehicular, se comparan con el Sector C. Ruido Intermedio Restringido, Subsector: Zonas con otros usos relacionados, vías troncales, autopistas, vías arterias, vías principales. En la **Tabla 2-58** se presentan los estándares máximos permisibles de niveles de ruido, establecidos en el Artículo 17 de la Resolución 627 del 2006 del MAVDT actual MADS.

Tabla 2-58 Estándares máximos permisibles de nivel de ruido

Sector	Subsector	Estándares máximos permisibles de niveles de ruido ambiental en dB (A)	
		Día	Noche
Sector A. y B. Tranquilidad y Ruido moderado	Hospitales, bibliotecas, guarderías, sanatorios, hogares geriátricos.	55	45
	Zonas residenciales o exclusivamente destinadas para desarrollo habitacional, hotelería y hospedajes.	65	50
	Universidades, colegios, escuelas, centros de estudio e investigación.		
	Parques en zonas urbanas diferentes a los parques mecánicos al aire libre.		
Sector C. Ruido intermedio restringido	Zonas con usos permitidos industriales, como industrias en general, zonas portuarias, parques industriales, zonas francas.	75	70
	Zonas con usos permitidos comerciales, como centros comerciales, almacenes, locales e instalaciones de tipo comercial, talleres de mecánica automotriz e industrial, centros deportivos y recreativos, gimnasios, restaurantes, bares, tabernas, discotecas, bingos, casinos.	70	55
	Zonas con usos permitidos de oficinas.	65	50
	Zonas con usos institucionales.		
	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	Residencial suburbana	55	45
	Rural habitada destinada a explotación agropecuaria. Zonas de recreación y descanso, como parques naturales y reservas naturales.		

Fuente: Resolución 627 de 2006 del MAVDT

– Ajustes K durante la medición

En la **Tabla 2-59** se presenta el resumen de los ajustes (K) realizados de acuerdo con lo establecido en la Resolución 627 de 2006 del MAVDT actual MADS, Artículo 6. Ajustes, Kles un ajuste por impulsos (dB(A)), KT es un ajuste por tono y contenido de información (dB(A)), KR es un ajuste por la hora del día (dB(A)), KS es un ajuste (positivo o negativo) para ciertas fuentes y situaciones, por ejemplo, bajas frecuencias (dB(A)).

Tabla 2-59 Ajustes realizados estaciones de monitoreo

NOMBRE DE LA ESTACIÓN	HORARIO	DÍA HÁBIL	DÍA NO HÁBIL
R1	Diurna	Ajuste por tonos e impulsos	Ajuste por tonos
	Nocturna	Ajuste por tonos	Ajuste por tonos
R2	Diurna	Ajuste por tonos	Ajuste por tonos e impulsos
	Nocturna	Ajuste por tonos e impulsos	Ajuste por tonos e impulsos
R3	Diurna	Ajuste por tonos e impulsos	Ajuste por tonos
	Nocturna	Ajuste por tonos e impulsos	Ajuste por tonos
R4	Diurna	Ajuste por tonos	Ajuste por tonos e impulsos
	Nocturna	Ajuste por tonos e impulsos	Ajuste por tonos e impulsos
R5	Diurna	Ajuste por tonos e impulsos	Ajuste por tonos
	Nocturna	Ajuste por tonos e impulsos	Ajuste por impulsos
R6	Diurna	Ajuste por tonos e impulsos	Ajuste por tonos e impulsos
	Nocturna	Ajuste por tonos	Ajuste por tonos e impulsos
R7	Diurna	Ajuste por tonos	Ajuste por impulsos
	Nocturna	Ajuste por tonos e impulsos	Ajuste por tonos e impulsos
R8	Diurna	Ajuste por tonos e impulsos	Ajuste por tonos e impulsos
	Nocturna	Ajuste por tonos e impulsos	Ajuste por tonos

Fuente SGS Colombia S.A.S., 2024

2.3.2.1.12.5 Modelación de ruido

Los modelos de propagación y atenuación permiten establecer el comportamiento espacial y temporal de la generación de impactos frente a determinadas condiciones de presencia o no de actividades acústicas contaminantes, así como su comportamiento frente a la presencia de obstáculos, fenómenos de refracción y reflexión de las ondas sonoras, siendo una herramienta adecuada para generar escenarios soporte de planes de acción a riesgos negativos.

Bajo este contexto, el presente informe muestra el proceso de modelación del comportamiento de propagación y atenuación de las ondas sonoras, basado en un análisis de las fuentes de generación de ruido en la zona de estudio.

En este sentido, los modelos de propagación y atenuación de ruido (a través de mapas de ruido), permiten establecer curvas indicativas de la intensidad del sonido que se genera y se dispersa sobre el área de influencia de una fuente, permitiendo conocer que estructuras y que zonas tendrán mayor afectación por aumento de presión sonora.

2.3.2.1.12.5.1 Descripción del método

- Modelo de propagación y atenuación sonora

Para determinar el comportamiento de propagación y atenuación del sonido se usa el método ISO 9613-2:1996 (fuentes industriales), el cual consiste en un algoritmo (con evaluación de frecuencias medias entre 31 Hz y 8 kHz) para calcular la atenuación del sonido que se origina desde una fuente emisora con respecto a un receptor. En este sentido, la metodología tiene en cuenta los siguientes elementos:

- Divergencia geométrica.
- Absorción atmosférica.
- Efecto del suelo.
- Reflexión sobre superficies.
- Proyección a través de obstáculos.

Este método es aplicable a una variedad de fuentes de ruido y entornos, entre los que se encuentran fuentes industriales, actividades de construcción y otras actividades a nivel del suelo. Para su aplicación, se requiere conocer diferentes parámetros respecto a la geometría de la fuente y del ambiente, las características del suelo, y la fuerza de emisión de la fuente en términos de niveles de potencia a un octavo de banda para las direcciones relevantes de propagación.

El nivel de presión sonora en la ubicación de un receptor debe ser calculado para cada fuente puntual, para cada frecuencia en 1/3 de octava de banda (entre 31 Hz a 8 kHz), teniendo en cuenta la **Tabla 2-26**.

Ecuación 2-32

$$L = L_W + D_C + C_B - A$$

Donde:

L_W Potencia sonora de la fuente a un octavo de banda, en decibeles.

C_B Corrección por tiempo de actividad de las fuentes emisoras.

D_C Corrección por directividad de la fuente por desviaciones sobre dirección de propagación del sonido, en decibeles. Toma como referencia un índice de directividad D_i y un índice de propagación D_Ω en ángulos menores a 4π radianes. Para fuentes omnidireccionales en espacios abiertos, $D_C = 0$ dB.

A Atenuación a un octavo de banda que ocurre durante la propagación desde una fuente hasta un receptor, en decibeles.

El componente de atenuación se calcula en términos de la **Ecuación 2-33.f**

Ecuación 2-33

$$A = A_{div} + A_{atm} + A_{gr} + A_{bar} + A_{misc}$$

Donde:

- A_{div} Es la atenuación debido a divergencias geométricas.
- A_{atm} Es la atenuación debido a absorción atmosférica.
- A_{gr} Es la atenuación por efecto del suelo.
- A_{bar} Es la atenuación debido a barreras.
- A_{misc} Es la atenuación debido a otros efectos (follaje, estructuras, entre otros).

El valor del nivel de presión sonora equivalente continuo ponderado en la banda A debe ser obtenido mediante la suma de las contribuciones de cada una de las fuentes de emisión y para cada octavo de banda, de acuerdo con la **Ecuación 2-34**.

Ecuación 2-34

$$L_{AT} = 10 \log_{10} \left\{ \sum_{i=1}^n \left[\sum_{j=1}^B 10^{0,1(L_{ij}+A_j)} \right] \right\} - C_{met}$$

Donde:

- n Es el número de contribuciones i (fuentes y rutas de propagación).
- j es un índice indicativo de las frecuencias a 1/3 octava (entre 31 Hz a 8 kHz).
- A_f Es el valor de corrección ponderado en la banda A.
- C_{met} Es la corrección teniendo en cuenta condiciones meteorológicas.

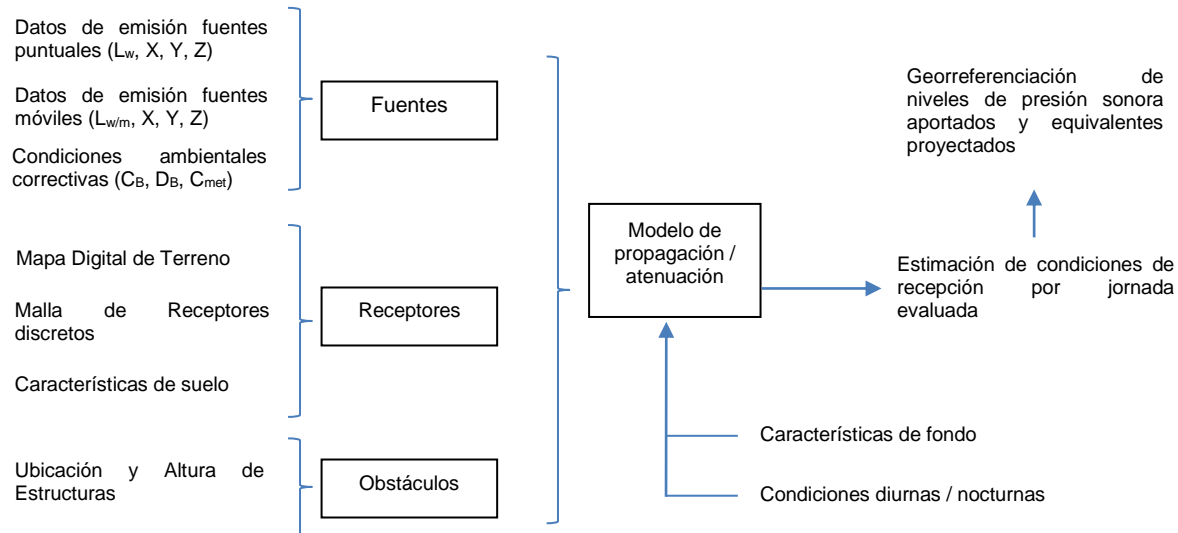
La suma de niveles de presión sonora entre dos fuentes mutuamente incoherentes se determina como según la **Ecuación 2-35**.

Ecuación 2-35

$$L_1 \oplus L_2 = 10 \log_{10} \left(10^{\frac{L_1}{10}} + 10^{\frac{L_2}{10}} \right)$$

En este sentido, para poder desarrollar el cálculo del comportamiento de propagación y atenuación, se requieren determinar las condiciones de ruido emitidas por las diferentes fuentes de emisión existentes en la zona de interés, en términos cartesianos con respecto a la ubicación del receptor y otras fuentes de emisión (bien sea estas coherentes o incoherentes entre sí (**Figura 2-33**).

Figura 2-33. Diagrama de proceso de modelación de propagación y atenuación sonora



- Modelo de emisión en fuentes de área

Las condiciones de potencia sonoras globales de una fuente de área en un campo abierto pueden ser parametrizadas mediante la **Ecuación 2-36**, según ISO 3744.

Ecuación 2-36

$$L_{AW/m^2} = \overline{L_p} - K_1 - K_2 + 10 \log_{10} \left(\frac{S}{S_0} \right)$$

Donde:

- L_p Nivel de presión sonora ponderado de las fuentes emisoras en el área.
- K_1 Factor de corrección por ruido de fondo (0 para condición no controlada).
- K_2 Factor de corrección ambiental (0,5 para ambientes abiertos).
- S Área de la fuente en condiciones de campo abierto.
- S_0 Área de referencia ($S_0 = 1 \text{ m}^2$).

- Modelo de emisión en fuentes móviles (NMPB-Routes)

De acuerdo con el modelo NMPB, la potencia sonora de una vía puede ser estimada mediante la **Ecuación 2-37**.

Ecuación 2-37

$$L_{AWi} = L_{AW/m} + \Psi + 10 \log_{10}(l_i) + R(j)$$

Donde:

- $L_{AW/m}$ Nivel de presión sonora por metro de longitud en un octavo de banda.

- Ψ Corrección asociada a las características de estado superficial de vía.
 L_i Longitud de la sección de la fuente lineal representada entre dos puntos.
 $R(j)$ Valor espectral para un octavo de banda.

Tabla 2-60.Valores $R(j)$ de acuerdo con estándar EN 1793-3

j	Octavo de banda (Hz)	R (dB(A))
1	125	-14,5
2	250	-10,2
3	500	-7,2
4	1.000	-3,9
5	2.000	-6,4
6	4.000	-11,4

Fuente: NMPB-Routes, 2008.

Tabla 2-61.Valores Ψ de acuerdo con estándar NMPB-Routes

Categorías de rugosidad de superficie	Corrección Ψ		
Velocidad (km/h)	0-60	61-80	81-130
Superficie porosa	- 1 dB	- 2 dB	- 3 dB
Asfalto liso (concreto o masilla)	0 dB		
Cemento concreto o asfalto corrugado)	+ 2 dB		
Piedras con textura lisa	+ 3 dB		
Piedras con textura rugosa	+ 6 dB		

Fuente: NMPB-Routes, 2008.

Ecuación 2-38

$$L_{AW/m} = [(E_{lv} + 10\log_{10}Q_{lv}) \oplus (E_{hv} + 10\log_{10}Q_{hv})] + 20$$

Donde:

- E_{lv} Emisión de sonido asociada a vehículos livianos (menor a 3,5 toneladas).
 E_{hv} Emisión de sonido asociada a vehículos pesados (menor a 3,5 toneladas).
 Q_{lv} Volumen de tráfico liviano en el intervalo de referencia.
 Q_{hv} Volumen de tráfico pesado en el intervalo de referencia.

$$E = L_w - 10\log_{10}(V) - 50$$

Ecuación 2-39

$$L_w(V, R, p, a) = L_{roll}(V, R) \oplus L_{engine}(p, a)$$

Ecuación 2-40

Donde:

- L_{roll} Componente de emisión por contacto entre llantas y la superficie del suelo.
 L_{engine} Componente de emisión asociado a la operación del motor del vehículo.
 V Velocidad de tránsito en vía (km/h)
 R Superficie de la vía.
 p Pendiente de la vía (%).
 a Tipo de flujo de tránsito.

Finalmente, los valores de cada uno de los componentes se determinan de acuerdo con lo sugerido en las **Tabla 2-62** y **Tabla 2-63**

Tabla 2-62. Datos de emisión de ruido asociados al componente L_{roll}

Tipo de superficie	Vehículos livianos	Vehículos pesados
R1	$73,8 + 30,2 \log_{10}(V/90)$	$33,0 + 26,0 \log_{10}(V)$
R2	$77,7 + 31,5 \log_{10}(V/90)$	$26,6 + 31,0 \log_{10}(V)$
R3	$80,2 + 32,2 \log_{10}(V/90)$	$24,6 + 32,6 \log_{10}(V)$

Fuente: NMPB-Routes, 2008.

Tabla 2-63. Datos de emisión de ruido asociados al componente L_{engine}

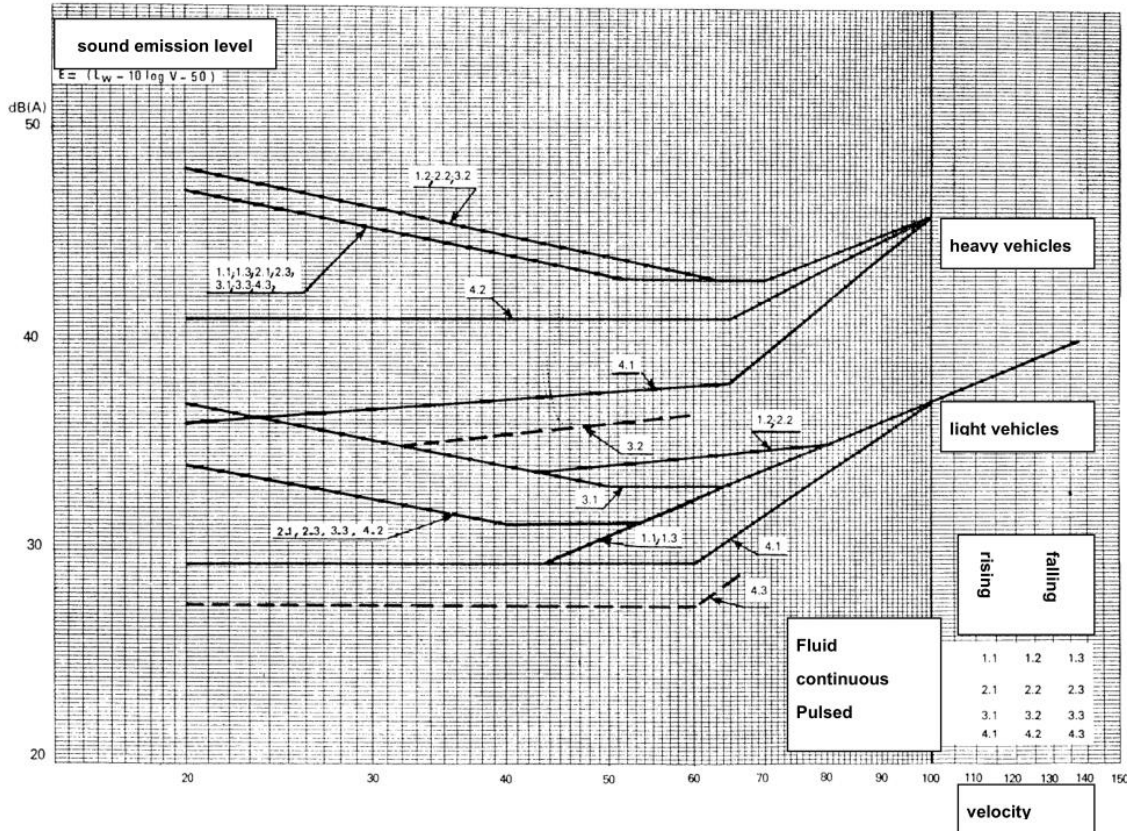
Flujo	0% < Pendiente < 2%	Ascendente 2% < Pendiente < 6%	Descendente 2% < Pendiente < 6%
LV – Continuo	61,6 dB(A)	$61,6 + 2*(p-2)$	$61,6 + 1*(p-2)$
LV – Acelerado	69,0 dB(A)	$69,0 + 2*(p-2)$	$69,0 + 1*(p-2)$
HV – Continuo	73,0 dB(A)	$73,0 + 2*(p-2)$	$73,0 + 1*(p-2)$

Fuente: NMPB-Routes, 2008.

En el caso de vehículos de dos ruedas (motocicletas usadas por la comunidad), incluidas en el escenario de línea base, se toma como base la directiva holandesa RMW 2002, la cual indica que la contribución de potencia sonora de una moto equivale a 1,25 veces la potencia de un vehículo liviano en la ponderación A.

El nomograma presentado en la **Figura 2-34** resume el cálculo de los valores indicados en el método de cálculo.

Figura 2-34. Nomograma para la determinación de los valores E_{IV} y E_{HV}



Fuente: NMPB-Routes, 2008.

• MODELACIÓN DE ESCENARIOS

A partir del método anterior, se realizó la modelación de tres (3) escenarios:

Escenario 1 (E1)-Línea base: Emisiones por fuentes existentes antes del desarrollo del proyecto. Tiene en cuenta emisiones desde la vía aledaña al proyecto dentro del área de influencia, la cual presenta información de emisiones en su operación actual.

Escenario 2 (E2)-Construcción de la infraestructura: Emisiones de fuentes proyectadas en el desarrollo de las actividades de obras civiles exclusivamente en periodo diurno de obras civiles para la infraestructura del proyecto. Tiene en cuenta el aporte conjunto con el escenario E1.

Escenario 3 (E3)- Operación de la infraestructura: Emisiones de fuentes proyectadas en el desarrollo de las actividades de operación del proyecto, en conjunto con escenario E1.

Para el caso de la línea base se consideraron las condiciones de tráfico típico de la vía aledaña al proyecto (incluyendo vía sin pavimentar), en conjunto con mediciones de ruido realizadas durante los días 16, 18 y 19 de diciembre de 2023 en horario diurno y nocturno, en jornada hábil y no hábil, considerando cinco (5) puntos de monitoreo alrededor de la extensión del proyecto antes de desarrollarse intervención alguna, los cuales se describen en el Informe de Monitoreo de Ruido Ambiental del Laboratorio Ambiental de SGS Colombia S.A.S.

Para la modelación del escenario construcción de infraestructura del proyecto, se tuvieron en cuenta el listado de actividades indicadas por el proyecto, teniendo en cuenta condiciones de uso de equipos y áreas intervenidas.

Dichas actividades permiten estimar las condiciones de presión sonora esperadas, partiendo de las características técnicas de las fuentes de emisión y su localización con respecto a obstáculos y otras fuentes emisoras. El modelo se desarrolla asumiendo una actividad simultánea de todas las posibles fuentes al interior del predio, de modo que permita determinar una condición crítica eventual de impacto al entorno.

Cabe resaltar que la operación programada en el proyecto es del tipo secuencial entre actividades constructivas en las diferentes áreas intervenidas y por tanto de menor intensidad en la realidad, así como dependiente de condiciones cambiantes en el tiempo con respecto a meteorología y fuentes externas que no son de control por parte del proyecto.

2.3.2.2 Medio Biótico

2.3.2.2.1 Ecosistemas Terrestres

De acuerdo con la metodología implementada en el documento de Ecosistemas Continentales, Costeros y Marinos (IDEAM I. I., 2007) y la posterior modificación en el año 2015, en su documento "Metodología para la elaboración del mapa de ecosistemas escala De acuerdo con la metodología implementada en el documento de Ecosistemas Continentales, Costeros y Marinos (IDEAM I. I., 2007) y la posterior modificación en el año 2015, en su documento "Metodología para la elaboración del mapa de ecosistemas escala 1:100.000", la especificación de ecosistemas, se define a partir de una capa de "Unidades Síntesis" que representa la unificación vertical o superposición de capas temáticas fundamentales (Biomás y coberturas presentes en el Área de Influencia Físico-Biótica del proyecto.

Para la definición de los ecosistemas presentes en Área de Influencia Físico- Biótica-Paisaje del proyecto, se tomó como insumo la versión actualizada del mapa de Ecosistemas, Continentales, Costeros y marinos de Colombia (MEC) a escala 1:100.000, realizada por los el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), Instituto de Recursos biológicos Alexander von Humboldt (IAvH), Instituto SINCHI, Parques nacionales Naturales (PNN), e Instituto de Investigaciones Ambiental del Pacífico John von Neumann (IIAP), del año 2017, el cual se encuentra en SIAC-Sistema de información ambiental de Colombia en Formato shape y pdf.

2.3.2.2.2 Coberturas de la Tierra

- **Fase pre-campo**

Las coberturas terrestres para el área de influencia del proyecto se delimitaron a partir del uso la ortofoto para el proyecto, dicha imagen corresponde al sensor EarthScanner-JL-1KF01 con las siguientes características:

Fecha de toma: 2023-11-09

Cobertura de nubes aproximada: 0%

Angulo de toma: 0,8°

Resolución espacial: 50 centímetros

Resolución espectral: 4 bandas (Blue, Green, Red, Near-IR)

Cobertura área de interés: 100%

Según el tamaño del píxel y la resolución, se usó una escala de 1:10.000 para analizar coberturas; la escala es adecuada para el análisis, ajustándose a los TdR Específicos para la Elaboración del estudio de impacto ambiental para el Estudio de Impacto Ambiental para el proyecto parque solar Heliconia 60 MW, en los que solicitan elaborar mapas de cobertura vegetal a una escala de 1:25.000 o más detallada. En la delimitación e interpretación de coberturas de la tierra en versión preliminar se establecieron puntos de control como se puede observar en la y en la **Tabla 2-64**.

Tabla 2-64 Puntos de control coberturas preliminares de la tierra área físico-biótica Paisaje

Id punto Control	Cobertura de la tierra	Nomenclatura	Coordenadas	
			x	y
1	Pastos enmalezados	233	4793276,97	2119532,53
2	Pastos enmalezados	233	4793373,45	2119326,02
3	Vegetación secundaria alta	3231	4793494,02	2118983,18
4	Vegetación secundaria baja	3232	4792626,91	2118519,68
5	Pastos enmalezados	233	4792693,53	2118404,72
6	Cultivos transitorios	21	4792569,36	2118981,5
7	Vegetación secundaria baja	3232	4792966,2	2118908,16
8	Cultivos transitorios	21	4791981,58	2119404,06
9	Pastos arbolados	232	4792010,41	2119567,53
10	Bosque de galería y/o ripario	314	4789864,22	2120949,23
11	Bosque de galería y/o ripario	314	4789201,31	2121309,99
12	Bosque de galería y/o ripario	314	4790683,83	2120463,48
13	Bosque de galería y/o ripario	314	4788987,09	2121895,91
14	Bosque de galería y/o ripario	314	4788723,47	2122069,59

Id punto Control	Cobertura de la tierra	Nomenclatura	Coordenadas	
			x	y
15	Pastos enmalezados	233	4790296,93	2120839,56
16	Tejido urbano discontinuo	112	4791848,65	2119856,71
17	Pastos limpios	231	4790934,98	2120675,64
18	Bosque de galería y/o ripario	314	4788793,55	2123609,45
19	Cultivos transitorios	21	4789854,18	2121115,74
20	Vegetación secundaria baja	3232	4793426,3	2118954,38
21	Vegetación secundaria baja	3232	4792289,18	2120245,85
22	Vegetación secundaria baja	3232	4792877,76	2120146,37
23	Vegetación secundaria baja	3232	4792935,7	2119970,9
24	Vegetación secundaria alta	3231	4792677,52	2120147,15
25	Vegetación secundaria baja	3232	4793439,75	2119840,14
26	Pastos enmalezados	233	4793374,14	2119973,49
27	Arbustal abierto	3222	4793154,18	2120457,68
28	Vegetación secundaria baja	3232	4792876,37	2120360,84
29	Bosque de galería y/o ripario	314	4793649,48	2120341,26
30	Bosque de galería y/o ripario	314	4793552,64	2120614,31
31	Vegetación secundaria baja	3232	4793416,65	2120572,77
32	Cultivos transitorios	21	4792990,4	2120736,64
33	Vegetación secundaria baja	3232	4793254,98	2120713,36
34	Pastos arbolados	232	4792868,69	2119227,98
35	Pastos limpios	231	4792004,03	2118792,48
36	Vegetación secundaria baja	3232	4791467,17	2118354,1
37	Vegetación secundaria alta	3231	4791399,11	2118319,07
38	Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	243	4790777,77	2121267,25
39	Pastos arbolados	232	4788146,98	2124396,13
40	Pastos arbolados	232	4788281,92	2124581,87
41	Vegetación secundaria baja	3232	4788405,74	2124802,8
42	Bosque de galería y/o ripario	314	4788770,34	2124411,48
43	Vegetación secundaria alta	3231	4788867,97	2124588,49
44	Pastos arbolados	232	4792890,84	2118268,44
45	Arbustal abierto	3222	4793186,84	2120271,24
46	Vegetación secundaria baja	3232	4793477,35	2120337,91
47	Vegetación secundaria baja	3232	4792730,7	2121711,37
48	Cultivos permanentes	22	4791945,48	2121997,6

Fuente: SGS Colombia S.A.S, 2024

En campo se corroboraron las coberturas sobre las cuales se tenía un nivel de incertidumbre, mediante la verificación de puntos de control propuestos en oficina, a continuación, se presenta registro fotográfico de ello. (**Figura 2-35**).

Figura 2-35 Registro Fotográfico Puntos control coberturas de la tierra-Área de influencia-Físico-biótica-Paisaje



1. Pastos arbolados 2. Cultivos agroforestales 3. Bosque de galería y/o ripario 4. Tejido urbano discontinuo 5. Pastos limpios 6. Zonas comerciales

Fuente: SGS Colombia S.A.S, 2024

- Fase poscampo**

Luego del trabajo de campo se realizaron los ajustes necesarios y se obtuvo el mapa final de coberturas de la tierra. La codificación de las coberturas se realizó mediante la metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia en la Leyenda Nacional de Coberturas de la Tierra, (IDEAM, 2010). En la **Tabla 2-65** se observan los puntos de control establecidos en la fase pre-campo y verificados en la fase campo.

Tabla 2-65 Puntos de control coberturas de la tierra, verificados en campo en el área físico-biótica Paisaje

Id punto de control	Cobertura de la tierra verificada	Nomenclatura	Coordenadas	
			x	y
1	Pastos enmalezados	233	4793276,97	4793276,97
2	Pastos enmalezados	233	4793373,45	4793373,45
3	Vegetación secundaria alta	3231	4793494,02	4793494,02

Id punto de control	Cobertura de la tierra verificada	Nomenclatura	Coordenadas	
			x	y
4	Cultivos transitorios	212	4792626,91	4792626,91
5	Tejido urbano discontinuo	112	4792693,53	4792693,53
6	Cultivos transitorios	212	4792569,36	4792569,36
7	Vegetación secundaria alta	3231	4792966,2	4792966,2
8	Mosaico de cultivos	241	4791981,58	4791981,58
9	Mosaico de cultivos	241	4792010,41	4792010,41
10	Ríos (50 m)	511	4789864,22	4789864,22
11	Pastos arbolados	232	4789201,31	4789201,31
12	Bosque de galería y/o ripario	314	4790683,83	4790683,83
13	Bosque de galería y/o ripario	314	4788987,09	4788987,09
14	Bosque de galería y/o ripario	314	4788723,47	4788723,47
15	Cultivos transitorios	212	4790296,93	4790296,93
16	Tejido urbano discontinuo	112	4791848,65	4791848,65
17	Cultivos transitorios	212	4790934,98	4790934,98
18	Bosque de galería y/o ripario	314	4788793,55	4788793,55
19	Cultivos transitorios	212	4789854,18	4789854,18
20	Pastos enmalezados	233	4793426,3	4793426,3
21	Vegetación secundaria baja	3232	4792289,18	4792289,18
22	Pastos enmalezados	233	4792877,76	4792877,76
23	Vegetación secundaria baja	3232	4792935,7	4792935,7
24	Vegetación secundaria alta	3231	4792677,52	4792677,52
25	Vegetación secundaria alta	3231	4793439,75	4793439,75
26	Bosque de galería y/o ripario	314	4793374,14	4793374,14
27	Pastos arbolados	232	4793154,18	4793154,18
28	Vegetación secundaria alta	3231	4792876,37	4792876,37
29	Bosque de galería y/o ripario	314	4793649,48	4793649,48
30	Bosque de galería y/o ripario	314	4793552,64	4793552,64
31	Pastos arbolados	232	4793416,65	4793416,65
31	Bosque de galería y/o ripario	314	4793416,65	4793416,65
32	Pastos arbolados	232	4792990,4	4792990,4
33	Vegetación secundaria alta	3231	4793254,98	4793254,98
34	Pastos arbolados	232	4792868,69	4792868,69
35	Pastos arbolados	232	4792004,03	4792004,03
36	Cultivos agroforestales	224	4791467,17	4791467,17

Id punto de control	Cobertura de la tierra verificada	Nomenclatura	Coordenadas	
			x	y
37	Vegetación secundaria alta	3231	4791399,11	4791399,11
38	Zonas comerciales	1212	4790777,77	4790777,77
39	Pastos enmalezados	233	4788146,98	4788146,98
40	Vegetación secundaria alta	3231	4788281,92	4788281,92
42	Bosque de galería y/o ripario	314	4788770,34	4788770,34
44	Pastos arbolados	232	4792890,84	4792890,84
45	Pastos limpios	231	4793186,84	4793186,84
46	Pastos limpios	231	4793477,35	4793477,35
48	Cultivos transitorios	212	4791945,48	4791945,48

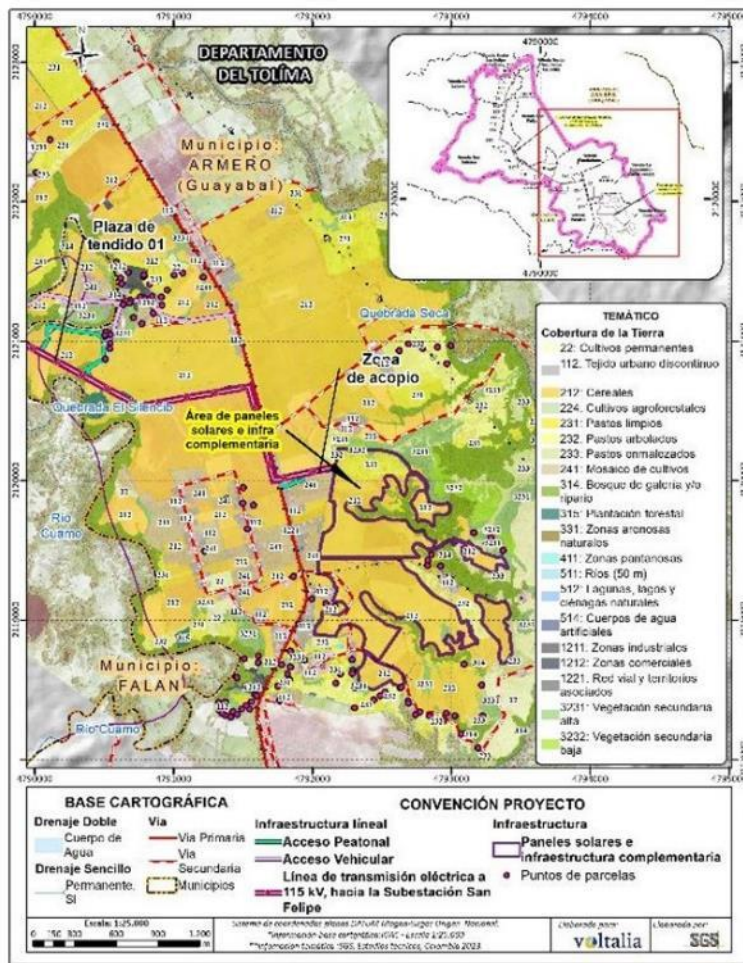
Fuente: SGS Colombia S.A.S, 2024

2.3.2.2.3 Flora

- **Fase precampo**

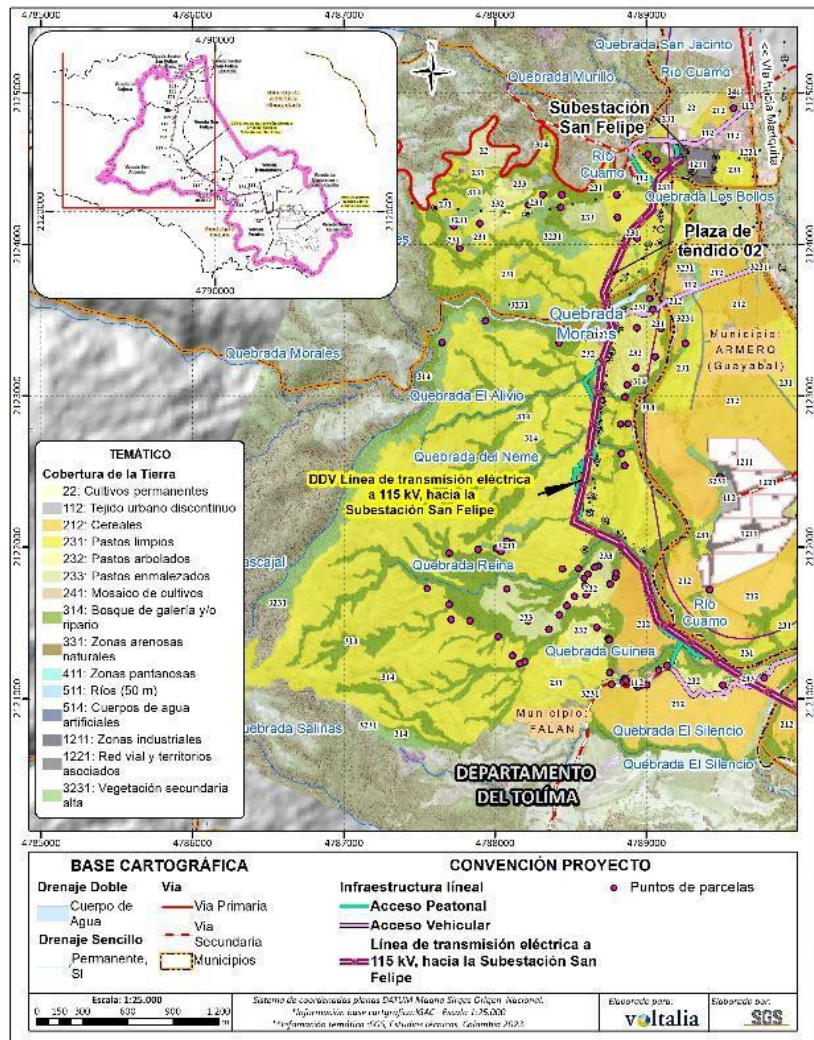
- Revisión y evaluación del alcance establecido en los términos de referencia (específicos del proyecto) para la caracterización del componente flora.
- Revisión y evaluación del alcance establecido en la Guía Metodológica para la presentación de Estudios Ambientales (MAVDT, 2018),
- Revisión de la información requerida en la estructura de la GDB.
- Gestión del permiso de colecta
- Análisis de los mapas de coberturas y ecosistemas y correlación con información de zonas de vida, geomorfología, suelos y clima.
- Revisión de cartografía base en relación con centros poblados, vías de acceso, cuerpos de agua, permisos de acceso y áreas de orden público.
- Verificación de la versión actualizada del área de aprovechamiento forestal.
- Elaboración del listado de especies en veda, endémicas, vulnerables o en riesgo.
- Ubicación y aprobación de los sitios de muestreo **Figura 2-36**
- Programación y aprobación de actividades de campo.
- Elaboración del marco metodológico específico del proyecto para revisión y aprobación del líder de conocimiento biótico y coordinador del proyecto.
- Material cartográfico digital y análogo para campo.
- Materiales y equipos.
- Reunión del equipo de flora para la divulgación de metodología específica del proyecto, identificación de sitios de muestreo y cronograma.

Figura 2-36 Localización puntos de muestreo flora (ventana 1)



Fuente: SGS Colombia S.A.S, 2024

Figura 2-37 Localización puntos de muestreo flora (ventana2)



Las figuras anteriores, contienen la especialización de los puntos de muestreo para cada unidad de muestreo, los cuales fueron establecidos de manera al azar en el área de influencia físico-biótica-paisaje, buscando abarcar cada una de las unidades.

Además, en la fase previa de la caracterización del área de influencia biótica del proyecto Estudio de Impacto Ambiental para el "Parque Solar Fotovoltaico Heliconia 60 MW y su línea de transmisión eléctrica a 115 kV hacia la Subestación San Felipe", se recopiló información secundaria relevante, esta información incluye cartografía, informes, publicaciones académicas, estudios ambientales y normatividad nacional y regional. El análisis de esta información permitió identificar las especies potenciales, sensibles, en amenaza o veda, así como las zonas protegidas cercanas o dentro del área del proyecto. Esto brinda un panorama general de la biodiversidad que podría verse afectada por el desarrollo del parque solar y su

línea de transmisión de energía. En la **Tabla 2-66** se detallan las fuentes de información consultadas durante esta etapa previa de caracterización de la flora en el área de influencia del proyecto.

Tabla 2-66 Fuentes de información a consultar en la fase previa de la caracterización de flora

FUENTE	TEMA
Resolución 0126 de 2024 de Minambiente	Listado de especies silvestres amenazadas en Colombia.
SIB Colombia.	Distribución potencial de especies.
Herbario Nacional Colombiano (COL), del Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Colombia	Especies vedadas.
Catálogo plantas y líquenes de Colombia (versión en línea)	Especies por familia, género, especie, departamento y rango altitudinal.
The Plant List (versión en línea)	Lista de trabajo de todas las especies de plantas conocidas producidas por la comunidad botánica.
Resolución 0213 de 1977 delINDERENA	Veda nacional para musgos, líquenes, lamas, parásitas, quiches y orquídeas, así como lama, capote y broza y demás especies y productos herbáceos o leñosos como arbolitos, cortezas y ramajes que constituyen parte de los hábitats de tales especies.
Resolución No. 0801 de 1988 delINDERENA	Veda permanente en todo el territorio nacional para el aprovechamiento, comercialización y movilización del helecho arborescente, clasificado bajo las familias Cyatheaceae y Dicksoniaceae, con los siguientes géneros: Dicksonia, Alsophila, Cnemidaria, Cyatheaceae, Nephelea, Sphaeropteris y Trichipteris.
Estudios ambientales que compartan total o parcialmente el área de influencia del proyecto.	Listados de especies
Resoluciones de levantamiento de veda de flora silvestre aplicables al área de influencia	Levantamientos de veda de flora silvestre aplicables al área de influencia.
Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres CITES (Versión 2023.1)	Apéndices I, II y III de la convención son listas de especies que ofrecen diferentes niveles y tipos de protección ante la explotación excesiva
Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza UICN (Versión 2022.2)	Lista Roja de Especies Amenazadas de UICN

Fuente: ANLA, Metodología General para la Elaboración y Presentación de Estudios Ambientales, 2018; Fuente: SGS Colombia S.A.S, 2024

- **Fase campo**

Para el desarrollo de la caracterización florística por cobertura se tomó como referencia los puntos de parcelas propuestos en la fase pre-campo, los cuales fueron ubicados al azar en cada una de las coberturas naturales de la tierra, buscando de esta manera obtener información confiable acerca de la composición florística para cada unidad de cobertura. La información levantada fue registrada en los respectivos formatos de campo, además se utilizaron los de materiales y equipos como se muestra en la **Tabla 2-67**.

Tabla 2-67 Materiales requeridos

EQUIPOS Y HERRAMIENTAS
Tijeras podadoras
Lápices
Borrador
Sacapunta
Lápiz de cera rojo
Sharpie
Papel periódico.
Lonas.
Bolsas herméticas.
Pintura de aceite amarilla
Frascos para salsa (pintura)
Pinceles.
Formularios para campo.
Tablas de soporte para formularios.
Cinta de enmascarar.
Decámetro.
Cinta métrica (metro para CAP).
GPS
Cámara Fotográfica
Mapas impresos.
Corta ramas (desjarretadera).

Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024.

- **Parcelas caracterización**

Para la caracterización de individuos arbóreos en cada uno de los ecosistemas presentes en el área de influencia biótica del proyecto, se tuvo en cuenta que: la unidad de muestreo para cada tipo de cobertura varía de acuerdo con la posible heterogeneidad y variación estructural que pueda ser encontrada en el terreno, es por eso, que para los individuos fustales ($DAP \geq 10$

cm) inventariados en las coberturas vegetales de bosque de galería, se seleccionó un diseño rectangular de 50 m x 20 m (0,1 ha), 100 m x 10 m (0,1 ha) respectivamente, debido a que esta forma facilita la evaluación de las variables dendrometrías en campo, permitiendo realizar recorridos en línea recta sin hacer grandes desplazamientos laterales (MATTEUCI & COLMA, 1982). En cuanto a la cobertura de vegetación secundaria alta y baja se opta por el establecimiento de unidades de muestreo de diseño cuadrado de 10 x10 m (0,01 ha). Por último, para las coberturas vegetales de pastos arbolados, enmalezados y limpios, se establecerán parcelas de 50 x 50m.

En la **Tabla 2-68** se muestran los tamaños de parcela de acuerdo con cada categoría para la caracterización florística realizada en el área de influencia físico-biótica-paisaje.

Lo anterior con base en las técnicas y diseños de muestreo aprobados y autorizados por la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA) para el presente estudio, dentro del Permiso de Estudio para la Recolección de Especies Silvestres de la Diversidad Biológica con Fines de Elaboración de Estudios Ambientales, según **Resolución 0065 del 19 de enero de 2024**.

Tabla 2-68 Tipos de parcelas a implementar para la caracterización de la vegetación del AI y área de desarrollo Heliconia.

ESTRATOS	TIPO DE COBERTURA	TAMAÑO PARCELA	N° SUBPARCELAS
Fustales	Bosque de galería y/o ripario	1000 m ² (50 m x 20 m)	10
	Vegetación secundaria alta	100 m ² (10 m x 10 m)	1
	Vegetación secundaria baja	100 m ² (10 m x 10 m)	1
	Pastos	2500 m ² (50 m x 50 m)	1
Latizales	Bosque de galería y/o ripario	25 m ² (5m x 5m)	10
	Vegetación secundaria alta	100 m ² (10m x 10m)	1
	Vegetación secundaria baja	100 m ² (10m x 10m)	1
	Pastos	1000m ² (20x50m)	1
Brinzales	Bosque de galería y/o ripario	4m ² (2 m x 2 m)	10
	Vegetación secundaria alta	100m ² (10 m x 10 m)	1
	Vegetación secundaria baja	100m ² (10 m x 10 m)	1
	Pastos	100m ² (2 m x 50 m)	1

Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024

- **Recolección de información**

Los sitios de muestreo fueron definidos en relación con la representatividad del ecosistema objetivo de estudio; donde los profesionales forestales se desplazaron ubicando la parcela en la coordenada establecida de forma previa, de acuerdo con el diseño del muestreo definido, es de aclarar que por condiciones topográficas y de accesibilidad, se establecieron puntos de

muestreo con seguridad de que se cumpliera con la representatividad requerida para cada una de las unidades, posteriormente se realizaron las siguientes actividades:

- Demarcación

Se localizó el vértice de la unidad de muestreo o parcela y a partir de él, se llevó un trazado el eje central de la unidad de muestreo o línea guía, utilizando pita. Se verificó que la parcela hubiera quedado en su totalidad dentro del ecosistema muestreado **Fotografía 2-14.**

Fotografía 2-14 Montaje de parcela.



Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024

- Abscisado

En cada una de las líneas guía, se abscisa cada 10 metros, trazando de esta manera la longitud de la unidad de muestreo y colocando una marca en la pita.

- Medición de variables

Se realizó la medición de DAP (Circunferencia a la Altura del Pecho), altura total, altura fustal y altura comercial de cada uno de los individuos presentes en las parcelas en las categorías de fustal y latizal y el conteo del número de individuos en la categoría de brinzal, así como diámetro de Copa, datos demonológicos importantes, fotografías de campo y observaciones que se requieran.

La caracterización se realizó mediante cuadrillas en campo, las cuales realizaron de manera paralela el trabajo, distribuidas en el área de estudio. Cada equipo de trabajo o cuadrilla estuvo conformado por un profesional idóneo y dos auxiliares de campo. A cada una de las cuadrillas se les asignó una letra del alfabeto, codificando de esta manera cada una de las unidades muestreadas.

Con el fin de identificar las parcelas, se elaboró una marca en un árbol que permite una identificación rápida y evidente de la siguiente manera (br1, br2... según cobertura), se marcó numéricamente de forma consecutiva, así mismo cada una de las parcelas fue marcada con

su punto inicial y la sigla según la cobertura ej: PIBr para bosque de galería y/o ripario, (Vsa) vegetación secundaria alta, (Pa) pastos arbolados, (Pe) pastos enmalezados y (Pl) pastos limpios . **(Fotografía 2-16).**

Fotografía 2-15. Además de ello, se georreferencio cada parcela de muestreo así: Parcelas en coberturas de Bosque de galería y/o ripario con punto inicial y final, indicándose tipo de cobertura, el consecutivo de la parcela y la comisión (PIPLP1-K-PFPLP1-K) y para las coberturas de vegetación secundaria y pastos se tomó el punto de georreferenciación en el centro de la parcela, marcándolas de igual manera en el gps. **(Fotografía 2-16).**

Fotografía 2-15 Marca de la Parcela



Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024

Fotografía 2-16 Marca de la Parcela



Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024

Una vez localizado el punto de muestreo por cada una de las cuadrillas, se inició con el establecimiento de la parcela de acuerdo con las especificaciones de tamaño y forma descritas en los numerales anteriores. Se usó fibra sintética con la longitud en metros señalando el eje de la parcela.

- Toma y registro de datos en campo

Con la parcela establecida se procedió a dar inicio al proceso de recolección de información primaria mediante el uso de formatos de campo o en dispositivo digital tipo Tablet. (**Ver Anexo 2 Generalidades/Anexo 2.3 Formatos de campo.**)

Para fustales se realizó el inventario y medición de todos los individuos con diámetro ≥ 10 cm diámetro a la altura de pecho (DAP a 1,3 m del suelo), teniendo en cuenta el tamaño o distribución espacial de la parcela, la información se levantó de forma ordenada, evaluando una subparcela a la vez.

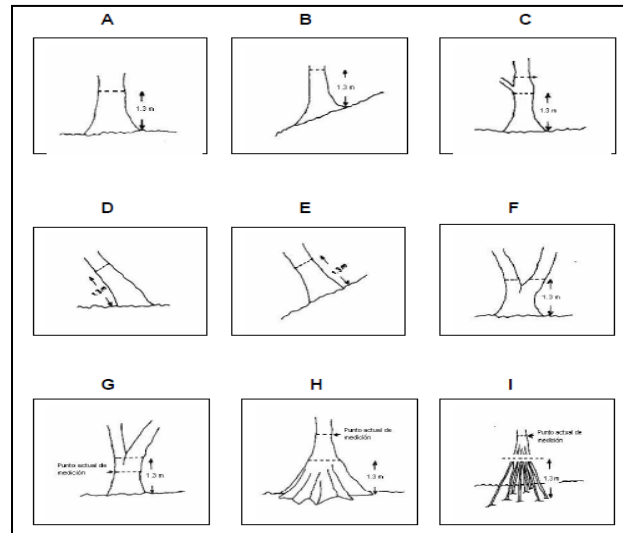
- **Definición de atributos para la caracterización forestal**

- Identificación de especies: Se trató de identificar a un nivel taxonómico detallado (nivel de especie) los individuos inventariados, siempre y cuando se contara con material fértil o que permitiera la aproximación a especie. En caso de no identificar la especie en campo se colectó la muestra para su posterior identificación (este procedimiento se detalla más adelante en el apartado: Determinación taxonómica de las especies vegetales)
- Toma del diámetro a la altura del pecho (DAP): Corresponde a la medida del diámetro del tallo del individuo a una altura a 1,3 m del suelo. Esta medida se utiliza para el cálculo del área basal y volumen. En la **Figura 2-38** se presentan las recomendaciones que se tuvieron en cuenta en la realización de la medición del DAP y se relaciona la fórmula con la cual se determina esta variable:

Ecuación 2-41

$$DAP = CAP / \pi$$

Figura 2-38 Recomendaciones para la medición de diámetros de árboles deformados, bifurcados e inclinados



Fuente: Melo; Vargas, 2003

- Toma de altura de los individuos: Altura total (Es la longitud que se presenta desde la base del árbol sobre la superficie del suelo hasta su ápice).
- Altura fustal (Es la longitud desde la base del árbol hasta la primera ramificación).
- Altura comercial (También es una altura que se define silviculturalmente como la longitud entre el tocón y un diámetro superior mínimo aprovechable para algún uso en particular).

Con el fin de obtener los datos necesarios para la realización de los perfiles de vegetación representativos por ecosistema, en los formatos de campo adicionalmente, se tomaron los diámetros de copa x y, también las coordenadas x, y respecto a la ubicación de los individuos fustales dentro del área muestreada, además de las variables dasométricas que permitan graficar el desarrollo de trabajo de campo.

• **Colección y preservación botánica**

La colección y preservación del material botánico en campo se realizó de acuerdo con la Guía para la recolección de material vegetal, publicado en la página virtual del herbario forestal de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, actividad autorizada mediante la **Resolución 0065 del 19 de enero de 2024**, en los **Anexos\Anexo2Generalidades2.5 Certificado de muestras botánicas**, se encuentra el respectivo certificado de las muestras botánicas. A continuación, se enlistan las actividades realizadas:

- Colección de muestras, con su respectivo duplicado, en lo posibles fértiles, aunque esta condición no es muy frecuente.
- Registro de datos: toma datos de localidad, altitud, coordenadas, voucher morfo, características taxonómicas relevantes (olores, colores, formas) que tienden a desaparecer después del proceso de alcoholizado. De acuerdo con los conocimientos de los profesionales se puede llegar a determinar familia, género y especie. **(Fotografía 2-17).**
- Prensado, alcoholizado y embalaje de material.
- Transporte del material botánico al herbario para su determinación.

Fotografía 2-17 Prensado de muestras botánicas



Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024

• Fase post campo

a recopilación de esta información florística se realizó a través de la consulta de diversas fuentes secundarias, incluyendo cartografía, informes, publicaciones académicas, estudios ambientales y la normativa nacional y regional aplicable. Este proceso de análisis documental brindó un panorama general de la biodiversidad presente en el área, identificando especies potenciales, sensibles, amenazadas o en veda, así como las zonas protegidas cercanas o dentro de la zona de influencia del proyecto.

• Representatividad del muestreo – error del muestreo

La estimación del error de muestreo se realizó con la información de los volúmenes estimados para fustales (árboles con diámetro a la altura del pecho –DAP- igual o superior a los 10 cm). El muestreo contó con una confiabilidad del 95% y un error inferior al 15% del volumen total a intervenir. (Ver Tabla 2-69).

Tabla 2-69 Estadígrafos Estimados en cada Estrato (Coberturas)

PARÁMETRO	SÍMBOLO	ECUACIÓN	OBSERVACIÓN
Media	\bar{u}	$\bar{u} = \frac{\sum u_j}{n}$	u= Valor observado de la unidad n= número de unidades de la muestra
Desviación	S	$s = A = \sqrt{\frac{\sum u_j^2 - (\sum u_j)^2 / n}{n - 1}}$	
Coeficiente de Variación	CV	$CV = \text{desviación estándar} / \text{media aritmética} \times 100$	
Error estándar	Sx	$Sx = \frac{S}{\sqrt{n(1 - \frac{n}{N})}}$	
Límites de confianza	Lcs ó Lci	$Lc = \bar{u} + t(S_x)$	

Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024

• Análisis estructural

Se realizó un análisis estructural por cada uno de los ecosistemas muestreados como se referencia a continuación:

○ Estructura horizontal

La estructura horizontal permite evaluar el comportamiento de los árboles individuales y de las especies en la superficie del bosque; esta estructura puede evaluarse a través de índices que expresan la ocurrencia y el número de las especies, lo mismo que su importancia ecológica dentro del ecosistema es el caso de las abundancias, frecuencias y dominancias, cuya suma relativa genera el Índice de Valor de Importancia (IVI), el grado de agregación y el coeficiente de mezcla.

○ Abundancia

Es el número de árboles por especie contabilizados en el inventario, la abundancia relativa se expresa en porcentaje y se define como la relación entre el número de árboles de cada especie y el número total de individuos encontrado en el muestreo.

○ Abundancia relativa

Indica el porcentaje (**Ecuación 2-42**) de participación de cada especie, referida al número de árboles totales encontrados.

Ecuación 2-42. Abundancia relativa.

$$AR = \left(\frac{Aa}{At} \right) * 100$$

Dónde:

Aa = número de individuos por especie en el área muestreada

At = número de individuos total en el área muestreada

Tabla 2-70 Características del porcentaje de abundancia relativa

RANGO (AR%)	CARACTERÍSTICA
<1	Pobre
1-10	Escasa
10.1-25	No numerosa
25.1-50	Abundante
>50	Muy abundante/dominante

Fuente: Protocolo revisión de PMF, Gobernanza Forestal MADS, 2014

○ Frecuencia

Es la existencia o falta de una determinada especie en una parcela de muestreo, la frecuencia absoluta se expresa en porcentaje (100%: existencia en todas las parcelas). La frecuencia relativa de una especie se calcula como la relación entre la frecuencia absoluta de la especie y la suma de las frecuencias absolutas de todas las especies. (**Ecuación 2-43**).

Ecuación 2-43 Frecuencia

$$F = \frac{U}{T} * 100$$

Dónde:

U = número de unidades de muestreo en que ocurre una especie

T = número total de unidades de muestreo

○ Frecuencia relativa

Es el porcentaje de la frecuencia absoluta de una especie en relación con la suma de las frecuencias absolutas de las especies presentes. (**Ecuación 2-44**).

Ecuación 2-44 Frecuencia relativa

$$FR = \frac{Fa}{Ft} * 100$$

Dónde:

F_t = Suma de las frecuencias absolutas

Según la frecuencia relativa, para realizar los histogramas de frecuencia, se agrupan las especies en las siguientes clases, **Tabla 2-71**.

Tabla 2-71 Características según la frecuencia relativa

CLASE DE FRECUENCIA	RANGO (FR%)	CARACTERÍSTICA
I	0-20	Rara o muy poco frecuente
II	20.1-40	Ocasional o poco frecuente
III	40.1-60	Habitual o frecuente
IV	60.1-80	Frecuente o bastante frecuente
V	>80.1	Común o muy frecuente

Fuente: Protocolo revisión de PMF, Gobernanza Forestal MADS, 2014

- Índice de valor de importancia (I.V.I.)

El índice de valor de importancia es una mezcla de expresiones de la diversidad y parámetros fisionómicos. El IVI es un valor en porcentaje que permite comparar el peso ecológico de cada especie dentro de la población. Los IVI más altos indican las especies o familias que predominan; se calcula para cada especie a partir de la suma de abundancia relativa, frecuencia y dominancia relativas. (**Ecuación 2-45**).

Ecuación 2-45 I.V.I

$$I.V.I = AR + FR + DR$$

- Grado de agregación

El grado de agregación es una variable que indica cuanto tienden al agrupamiento los individuos que componen una determinada cobertura, su valor siempre se mueve en tres rangos. La interpretación del grado de agregación se hace teniendo en cuenta los valores descritos a continuación.

Determina la distribución espacial de las especies siendo la expresión matemática de la densidad observada respecto a la densidad esperada. (**Ecuación 2-46**).

Ecuación 2-46 Distribución espacial de las especies

$$Ga = Do / De$$

Dónde:

Do = Densidad observada: Número total de árboles por especie / Número total de parcelas muestreadas.

De = Densidad esperada: $-\ln(1-F/100)$

F = Frecuencia absoluta.

Ln = Logaritmo natural o Neperiano (en base e)

Estos parámetros se pueden resumir de la siguiente manera:

Tabla 2-72 Descripción del grado de agregación

RANGO (GA%)	INDICA
>1	Tendencia al agrupamiento
>2	La sp tiene una distribución agrupada
<1	La sp se encuentra dispersa

Fuente: Guía Técnica de Inventarios Forestales, MADS 2002

Una de las características particulares de los bosques tropicales, es el gran número de individuos y sus patrones complejos de distribución entre el suelo y el dosel.

La estructura vertical se realizó según la altura, diferenciando estratos, acorde con perfiles cualitativos o cuantitativos en relación con la altura total y altura del fuste de Ogawa citado por (UNESCO, Ecosistemas de los Bosques Tropicales, 1980). Para analizar la estructura vertical, se definen los estratos arbóreos: superior (Es), medio (Em) e inferior (Ei), dependiendo de la altura máxima y mínima o con rangos preestablecidos.

- Diagrama de Ogawa

Este es un método cuantitativo de descripción de la vegetación, usado para detectar la presencia de estratos, confeccionando una gráfica con las alturas totales en las ordenadas y las alturas a la base de la copa en las abscisas, la aparición de enjambres de puntos más o menos aislados, indica el virtual vacío de las copas en los niveles intermedios, sugiriendo un número de estratos diferenciales en el perfil del bosque; cuando se genera una sola nube de puntos alargada y con pendiente positiva, no se pueden diferenciar estratos, ya que existe una continuidad de puntos desde el sotobosque hasta el dosel (UNESCO, Ecosistemas de los Bosques Tropicales, 1980).

- Posición sociológica

Indica el valor de importancia de las especies por los diferentes estratos que componen el bosque, puede decirse entonces que una especie determinada tiene un lugar asegurado en la estructura y composición florística, cuando esté presente en todos los estratos.

Se contempla dividir la población muestreada en tres estratos para lo cual es preciso calcular la diferencia entre los valores extremos de la variable altura, es decir, el valor del individuo con mayor altura menos el valor del individuo con menor altura. Siguiendo la metodología de Finol (1976), se asigna un valor fitosociológico a cada subestrato, dividiendo el número de individuos de cada subestrato por el número de individuos de todas las especies. (**Ecuación 2-47**).

Ecuación 2-47 Valor Fitosociológico

$$VF = \frac{n}{N}$$

VF= Valor Fitosociológico

n= Número de individuos del sustrato

N=Número total de individuos de todas las especies.

Para calcular el valor absoluto de la Posición Sociológica de una especie, se suman sus valores fitosociológicos en cada sustrato, efectuando el producto del Valor Fitosociológico del estrato considerado por el número de individuos de la especie en ese mismo estrato. (**Ecuación 2-48**).

Ecuación 2-48 Posición Sociológica absoluta de la especie

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

PSa= Posición Sociológica Absoluta de la especie

VF= Valor fitosociológico del sustrato

n= N° de Individuos de cada especie

i: inferior; m: medio; s: superior

La PS% de cada especie, se expresa como porcentaje sobre la sumatoria total de los valores absolutos, de acuerdo con la **Ecuación 2-50**:

Ecuación 2-49 Porcentaje de la sumatoria total de los valores absolutos

$$PS\% = PSa / \sum PSa$$

- Regeneración natural y dinámica sucesional**

La regeneración natural según (Lamprecht, 1990), implica el desarrollo de un estado más productivo del bosque; de esta manera un buen desarrollo de la regeneración determina que se presenten unas cantidades suficientes de semillas viables, así como unas condiciones micro climático y edáfico adecuado para su germinación y desarrollo.

El análisis de la regeneración natural se realizó, a través del mismo procedimiento metodológico descrito para la posición sociológica, pero cambiando los estratos por categorías de tamaño de la regeneración natural, de la siguiente manera, **Tabla 2-73**.

Tabla 2-73 Categorías de regeneración natural

NOMBRE DE CLASE	TAMAÑO DE CLASE O CATEGORÍA	CATEGORÍA DE TAMAÑO
Renuevo o plántula	Altura menor a 30 cm	Ct1
Brinzal	Altura entre 31 a 150 cm	Ct2

NOMBRE DE CLASE	TAMAÑO DE CLASE O CATEGORÍA	CATEGORÍA DE TAMAÑO
Latizal	Altura > 150cm y DAP<10 cm	Ct3

Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024

Dónde:

Ct1	=	< 0.3 m
Ct2	=	0.3 – 1.5 m
Ct3	=	1.5 – 5 m (DAP<10cm)

Las categorías de tamaño se determinan en forma similar a la Posición sociológica. (**Ecuación 2-50**).

Ecuación 2-50 Regeneración natural relativa

$$RN\% = \frac{A\%RN + F\%RN + CT\%RN}{3}$$

Dónde:

RN%	=	Regeneración natural relativa.
A%RN	=	Abundancia relativa de la regeneración natural.
F%RN	=	Frecuencia relativa de la regeneración natural.
CT%RN	=	Categoría de tamaño relativa de la regeneración natural.

• Diversidad

La diversidad biológica se refiere a la variedad y abundancia de especies, a su composición genética y a las comunidades, ecosistemas y paisajes en los cuales esta ocurre; igualmente se refiere a las estructuras ecológicas, funciones y procesos en todos estos niveles.

La diversidad se compone de dos elementos: variedad o riqueza y abundancia relativa de especies, su expresión se logra mediante el registro del número de especies, la descripción de la abundancia relativa o mediante el uso de una medida que combine los dos componentes.

La información sobre el número de especies presentes se utiliza para determinar la riqueza de especies, por medio de la aplicación del índice de riqueza de especies de Margalef, el índice estructural de diversidad de Shannon y el índice de equidad de Simpson, a través de las siguientes formulas:

Índice de diversidad de Shannon: Para medir la riqueza o variedad de especies se utilizó el índice de Shannon, expresión matemática que relaciona el número de especies con el número de individuos en una comunidad dada. Este índice también asume que todas las especies

están representadas en la muestra y es igualmente una medida de la diversidad o riqueza en especies de una población determinada; en este caso, el máximo valor es igual a $\ln(S)$, donde S es el número total de individuos. El índice de diversidad de Shannon permite calcular la suma de probabilidades de las especies y la homogeneidad de la distribución para una cantidad de especies, **Tabla 2-74** y **Ecuación 2-51**.

Ecuación 2-51 Índice de diversidad de Shannon

$$H = - \sum (p_i \times \ln p_i)$$

Dónde:

p_i = Abundancia de cada una de las especies (n_i/N).

n_i = Número de individuos muestreados para la especie i .

N = Número total de individuos muestreados.

\ln = Logaritmo neperiano.

Tabla 2-74 Características del índice de diversidad de Shannon

SHANNON (H)	CARACTERÍSTICA
<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: Protocolo revisión de PMF, Gobernanza Forestal MADS, 2014

Índice de riqueza de Margalef: Transforma el número de especies por muestra a una proporción a la cual las especies son añadidas por expansión de la muestra. Supone que hay una relación funcional entre el número de especies y el número total de individuos $S=k\sqrt{N}$ donde k es constante. Si esto no se mantiene, entonces el índice varía con el tamaño de muestra de forma desconocida. Usando $S-1$, en lugar de S , da $DMg = 0$ cuando hay una sola especie. **Tabla 2-75** y **Ecuación 2-53**.

Ecuación 2-52 Índice de riqueza de Margalef

$$DMg = S - 1 / \ln N$$

Dónde: S = número de especies

N = número total de individuos

Tabla 2-75 Características del índice de riqueza de Margalef

MARGALEF (DMG)	CARACTERÍSTICA
<1	Muy baja diversidad
1-2	Baja diversidad
2-2,7	Diversidad media
2,7-3	Alta diversidad
>3	Muy alta diversidad

Fuente: Protocolo revisión de PMF, Gobernanza Forestal MADS, 2014

El índice de Margalef es una medida utilizada en ecología para estimar la biodiversidad de una comunidad con base en la distribución numérica de los individuos de las diferentes especies en función del número de individuos existentes en la muestra analizada.

Índice de equidad de Simpson: manifiesta la probabilidad de que dos individuos tomados al azar de una muestra sean de la misma especie. Está fuertemente influido por la importancia de las especies más dominantes. (**Ecuación 2-53**).

Ecuación 2-53 Índice de equidad de Simpson

$$\lambda = \sum p_i^2$$

Dónde: p_i = abundancia proporcional de la especie i , es decir, el número de individuos de la especie i dividido entre el número total de individuos de la muestra.

El índice de Simpson se refiere a la probabilidad de que dos individuos de una comunidad tomados al azar pertenezcan a la misma especie, mide el grado de concentración y varía entre 0 y 1, cuando la diversidad es baja tiende a 1.

Para la interpretación de este índice, los valores numéricos se expresan en forma recíproca ($1/\lambda$), de esta manera son directamente proporcional a la diversidad.

Cociente de mezcla: (También llamado coeficiente de mezcla). Este proporciona una indicación somera de la intensidad de la mezcla, así como una primera aproximación de la heterogeneidad de los bosques naturales. Con este fin se divide el número de especies encontradas entre el número total de árboles, obteniéndose una cifra que representa el promedio de individuos de cada especie dentro de la asociación. (**Ecuación 2-54**).

Ecuación 2-54 Cociente de mezcla

$$CM = \left(\frac{Ns}{Na} \right) * 100$$

Dónde:

Ns = Número de especies

Na = Número de árboles

Puesto que los valores de CM dependen fuertemente medición del diámetro mínimo de medición y del tamaño de la muestra, por lo tanto, deben compararse ecosistemas con muestreos similares y para ello se establecen las siguientes relaciones y su correspondiente evaluación o característica, **Tabla 2-76**.

Tabla 2-76 Coeficiente de mezcla

CM	RELACIÓN	CARACTERÍSTICA
0.5	1:2	Heterogéneo
0.33	1:3	Con tendencia a la heterogeneidad
0.25	1:4	Con tendencia a la heterogeneidad
0.2	1:5	Homogéneo
0.166	1:6	
0.14	1:7	
0.125	1:8	
0.11	1:9	
0.1	1:10	

Fuente: Protocolo revisión de PMF, Gobernanza Forestal MADS, 2014

Medidas de similaridad: Dentro de éstas, se encuentran los índices de similaridad de Jaccard y Sorensen, los cuales comparan las especies compartidas por dos (2) comunidades sin tener en cuenta las abundancias.

Estos índices por no tener en cuenta la distribución de las abundancias, pueden considerar dos comunidades como similares a pesar de que sus estructuras sean totalmente diferentes. (**Ecuación 2-55**).

✓ Índice de Jaccard

Ecuación 2-55 Índice de Jaccard

$$(Cj): Cj = j / a + b - j$$

Donde

a = número de especies en el ecosistema A

b = número de especies en el ecosistema B

j = número de especies compartidas por las comunidades

- ✓ Coeficiente de Sorensen (C_s) (**Ecuación 2-56**).

Ecuación 2-56 Coeficiente de Sorensen

$$C_s = 2j / (a+b)$$

- ✓ Coeficiente cuantitativo de Sorensen (C_N) (**Ecuación 2-57**):

Ecuación 2-57 Índice de cuantitativo de Sorensen

$$C_N = 2jN / (aN + bN)$$

Donde:

aN = Número de individuos en el ecosistema A

bN = Número de individuos en el ecosistema B

jN = Sumatoria de las abundancias más bajas ocurridas en los dos ecosistemas

- **Determinación de especies en veda, endémicas, amenazadas o en peligro crítico, con valor científico y cultural**

Para dar cumplimiento con la reglamentación de especies clasificadas como tal, se realizó la identificación de las especies con alguna categoría especial: endémicas, vedadas o amenazadas, ello se realiza consultando a nivel nacional la resolución 0126 de 2024 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de especies amenazadas, bases de datos de la ANLA, especies en categoría de amenaza declaradas por la UICN, apéndices de la CITES, registros en IAvH, además, estados de vedas nacionales en la legislación actual, teniendo en cuenta que la CAR no tiene especies forestales vedadas a nivel regional. Finalmente, para conocer el uso dado a las especies, se consultó fuentes de información local (consultas a la comunidad aledaña y baquianos), además de las fuentes locales, se realiza la consulta en fuentes internacionales disponibles en la web como The Plant List, The International Plants Name Index, Integrated Taxonomic Information System, catálogo de la biodiversidad de Colombia, el catálogo de líquenes y plantas de Colombia. (**Tabla 2-77**).

Tabla 2-77 Normatividad aplicable a especies en estado de veda grados de amenaza o endémicas

ENTIDAD-NORMA	DESCRIPCIÓN	PROPÓSITO DE CONSULTA
Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS)- Resolución 0126 de 2024	Por la cual se establece el listado de las especies silvestres amenazadas de la diversidad biológica colombiana continental y marino costera, se actualiza el Comité Coordinador de Categorización de las Especies Silvestres Amenazadas en el territorio nacional, y se dictan otras disposiciones.	Determinación de especies con alguna categoría de Amenaza
Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza	Lista roja (UICN)-(www.iucnredlist.org, Versión 2022.2)	Determinación de especies con alguna categoría de amenaza.
Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH).	Los libros rojos de plantas de Colombia (volúmenes I al VI)	Determinación de especies con alguna categoría de amenaza.
Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES)	Apéndices de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (www.cites.org, apéndices en vigor a partir del 23 de febrero de 2023).	Determinación de especies con comercio internacional prohibido
Instituto Nacional de los Recursos Naturales Renovables y del Ambiente (INDERENA). Resoluciones 0213 de 1977, 0316 de 1974, 0801 de 1977.	Veda indefinidamente y en todo el territorio nacional el aprovechamiento de las especies descritas en las resoluciones.	Consulta de especies en veda a nivel nacional.

Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024

2.3.2.2.4 Flora en otros hábitos de crecimiento

A continuación, se describen las diferentes etapas para la caracterización de flora silvestre vascular y no vascular en otros hábitos de crecimiento.

2.1.1.1.1 Etapa Pre-campo

Se realizó una revisión bibliográfica e información secundaria para el área de estudio, con el fin de conocer las posibles especies de flora silvestre en veda. Adicionalmente, se obtuvo el mapa preliminar de coberturas vegetales y ecosistemas, estableciendo las unidades muestrales y el cálculo de parcelas aproximadas por coberturas, dentro de las cuales se determinaron y realizaron los muestreos de flora de hábito epífita, rupícola y terrestre.

2.1.1.1.2 Etapa de campo

A continuación, se describe la metodología empleada para la selección de forófitos en cada una de las coberturas presentes en el área de influencia biótica y el área de intervención.

De acuerdo con las referencias descritas en la metodología de Análisis Rápido y Representativo de la Diversidad de Epífitas (RRED-analysis) (Gradstein et al, 2003)²⁵, se indica que, en México, alrededor de la mitad de las especies de epífitas vasculares se encontraron en 0,5 hectáreas de bosque, el 50% de las especies del Valle de Tehuacanas, Bolivia, ocurrió en menos de 0,1 ha, y así mismo el 50% de las especies en la montaña en La Carbonera, Venezuela, se identificó en 0,01 ha.

Con relación a las especies no vasculares, monitoreos entre tres (3) y cinco (5) árboles arrojaron el 75% y 80% de la diversidad total de briofitas y líquenes de una estación en el bosque tropical.

Se concluyó que con un muestreo de ocho (8) forófitos por hectárea de bosque es suficiente para obtener una representatividad superior al 80%. Sin embargo, las coberturas que presentan menor densidad de potenciales forófitos como es el caso de las coberturas antropizadas, se ajustó el número de unidades de muestreo (Forófitos) de acuerdo con el porcentaje de vegetación arbórea descrita para cada cobertura en la leyenda de Corine Land cover, con el fin de obtener una representatividad de muestreo acorde al porcentaje de vegetación arbórea por unidad de cobertura.

Es claro que no es necesario caracterizar la totalidad de árboles registrados en el inventario forestal al 100%, teniendo en cuenta que se cumple la representatividad de muestreo de especies en veda, teniendo como soporte adicional el cumplimiento de los lineamientos de la metodología mencionada para el área objeto de solicitud.

Con base en la metodología implementada (Gradstein et al, 2003)²⁶, se considera que ocho (8) forófitos constituyen una muestra representativa en una (1) Ha para especies vasculares y cinco (5) para no vasculares.

Es importante aclarar que, se realizaron parcelas en el área de influencia en cada una de las coberturas presentes, adicionalmente, se realizó la caracterización de especies vasculares y no vasculares en cada uno de los árboles sujetos a intervención y dentro del área de intervención. Para la flora silvestre en veda vascular y no vascular de hábito epífita, se tuvo una representatividad de ocho (8) forófitos en cada una de las parcelas establecidas, aumentando así, el esfuerzo de muestreo para las especies no vasculares.

Selección de forófitos para caracterización de flora silvestre en veda de hábito epífita.

2.3.2.2.4.1 Selección de forófitos para caracterización de flora silvestre en veda de hábito epífita

Se registraron, marcaron y midieron únicamente las especies arbóreas con DAP mayor o igual a 9 cm. Los árboles seleccionados como hospederos fueron georreferenciados y su identificación se realizó de acuerdo con el inventario forestal previamente realizado. **(Fotografía 2-18 y Fotografía 2-19).**

²⁵ Gradstein, S.R., N.M. Nadkarni, T. Krömer, I. Holz & N. Nöske. (2003). A protocol for rapid and representative sampling of vascular and non-vascular epiphyte diversity in tropical rain forests. Selbyana 24: 105-111.

²⁶ Ibid.

La selección de los forófitos se realizó de acuerdo con las especificaciones del método de Gradstein et al 2003²⁷, donde se establece que los árboles cercanos entre sí tienden a tener una flora epífita similar como resultado de la distribución agrupada de muchas especies de epífitas, por ello, la metodología menciona que como mínimo debe existir una distancia entre forófitos de 25 metros, de tal forma que las copas de los árboles muestreados no se superpongan, que sean arboles maduros y presenten cortezas rugosas donde es más fácil el establecimiento de las especies en veda.

De igual manera, árboles en los márgenes de los bosques deberían evitarse debido al potencial efectos de borde microclimáticos, por ello la selección de los forófitos para evaluación de la flora silvestre en veda en el presente estudio, se realizó de acuerdo con dichas especificaciones del método, sin embargo, teniendo en cuenta la distribución de los árboles, las características del área de estudio y las características de la cobertura vegetal, escases de los árboles, se seleccionaron árboles con una distancia entre 2 metros y 25 metros entre ellos y con DAP inferiores a 10 cm.

Fotografía 2-18 Medición de DAP



Coordenadas Planas Magna Sirgas Origen
Nacional:

E: 4791959,32 N: 2118757,74

Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024

Fotografía 2-19 Marcación de forófitos



Coordenadas Planas Magna Sirgas Origen
Nacional:

E: 4791595,46 N: 2118482,63

Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024

2.3.2.2.4.2 Caracterización de flora silvestre en veda

La caracterización de las especies de flora silvestre en veda se realizó en parcelas definidas con antelación a la salida de campo, identificando lugares estratégicos de acuerdo a las coberturas presentes, biomas y posible presencia de vegetación arbórea (•Determinación del número de forófitos para caracterización de flora silvestre en veda de hábito epífita) hasta establecer un esfuerzo de muestreo suficiente para estimar la riqueza de especies de flora vascular y no vascular, por cada cobertura presente en el área de intervención y área de influencia.

A continuación, se relaciona la información tomada en campo, para la caracterización de flora silvestre en veda.

²⁷ Ibid.

- Registro de información en campo

Para cada una de las epífitas encontradas se tomaron los siguientes datos:

- Código de parcela.
- Cobertura de la Tierra.
- No. del forófito en inventario forestal, así como del consecutivo del profesional en campo en el área de influencia.
- Coordenadas (Forófito).
- Especie y nombre común del forófito (inventario forestal).
- DAP del forófito.
- Altura del forófito.
- Hábito de la epífita.
- Morfoespecie epífita.
- Características (Grupo, abundancia y estratificación).
- Altitud.
- Registro fotográfico.

La información se diligenció en el formato de campo con presentación en digital (**Figura 2-39**), también se relacionó datos de ecología tales como hábito de crecimiento, sustrato, distribución vertical, y datos de localización hasta el nivel de predio cuando fue posible. A cada muestra de las especies de hábito epífita, rupícola o terrestre, se le asignó un número único consecutivo, con su correspondiente identificación, anotando sus características y condición ecológica.

Figura 2-39 Formato de captura de datos de flora silvestre en otros hábitos de crecimiento

SGS		CAPTURA DE DATOS EN CAMPO								voltaia		
FLORA EN OTROS HÁBITOS DE CRECIMIENTO												
PROYECTO:						FECHA:				PÁGINA		
DEPARTAMENTO:						RESPONSABLE:						
MUNICIPIO:						DATUM:				N°		
VEREDA:						ORIGEN:						
PREDIO:						ALTURA (m.s.n.m.)						
COB.	PARCELA	ID No.	COORDENADAS		Nombre común tipo de sustrato	CAP (cm)	Altura (m)	Morfoespecie	V / NV	Abun. (N°) Área (cm²)	Estratificación	OBSERVACIONES
			ESTE	NORTE								

COB: Cobertura, ID N°: Número de forófito o sustrato. CAP: Circunferencia a la altura del pecho (cm). Hábito: Epífita (E), Rupícola (R), Terrestre (T). V: Epífita vascular. NV: Epífita no vascular. Grupo: Bromelias (B), Orquídeas (O), Musgo (M), Hepática (H), Lúquen (L), Antocero (A). Estratificación: Base (B), Tronco (T), Copa (C).

Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024

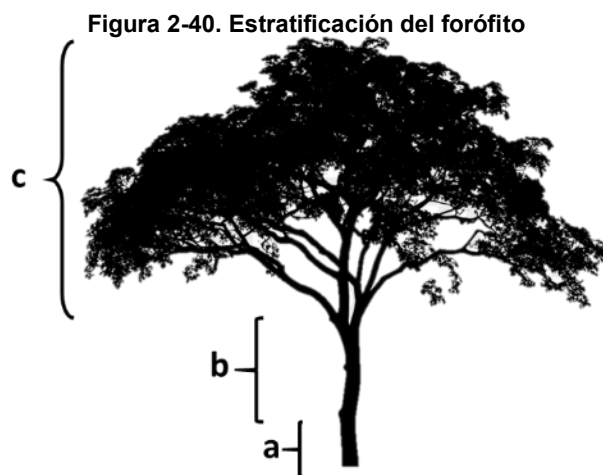
2.3.2.2.4.3 Plantas Vasculares

A continuación, se describe la metodología para la caracterización de flora silvestre vascular en veda y del proceso de colecta.

2.3.2.2.4.3.1 Plantas vasculares de hábito epífita

Cada muestreo se llevó a cabo sobre un forófito en pie, el cual fue posible observar desde la base del tronco hasta las ramas más externas. La distancia de observación fue por medio del método descrito por Went (1940)²⁸, en áreas del hospedero donde la altura no permitió realizar el conteo de organismos, se hizo uso de binoculares y cámaras de alta resolución, con el fin de facilitar esta labor en los estratos verticales, permitiendo registrar las abundancias y riquezas de estas poblaciones.

Las epífitas se distribuyen de manera vertical sobre el árbol hospedero (Forófito) de acuerdo con las diferentes exigencias medioambientales tales como disponibilidad de agua, luz, humedad y temperatura. Esta distribución irregular de las epífitas puede ser encontrada en árboles de varios tamaños. Para el análisis de composición y estructura horizontal y vertical de la comunidad de epífitas se definieron tres estratos para cada árbol, el primero (estrato1) base del tronco (0 -1.5 m), el segundo (estrato 2) tronco (1,5 m hasta la primera ramificación) y tercero (estrato 3) dosel (desde la primera ramificación hasta la copa) **Figura 2-40**, según Kersten & Silva, 2002²⁹.



Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024

²⁸ Went, F. W. (1940). Soziologie der Epiphyten eines tropischen Urwaldes. Ann. Jard. Bot. Buitenz (50), 1-98.

²⁹ Kersten, R. A.; Silva, S. M. 2002. Florística e estrutura do componente epifítico vascular em floresta ombrófila mista aluvial do rio Barigüi, Paraná, Brasil. Revista Brasileira de Botânica, 25: 259-267.

El conteo de número de individuos (abundancia) de epifitas vasculares se realizó de forma directa sobre los hospederos, separando por morfoespecies y tomando registro fotográfico de los individuos. La abundancia se expresó como el número de individuos que crecen sobre el árbol hospedero. (**Fotografía 2-20**).

Fotografía 2-20 Conteo de individuos *In situ*



Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024

2.3.2.2.4.3.2 Colecta de muestras de morfotipos vasculares

Para la colecta de muestras botánicas se tuvo en cuenta las técnicas de campo propuestas por el Jardín Botánico de Missouri³⁰. Se colectaron muestras que se encontraban en lo posible en estado de floración y/o fructificación (fértil), tomando una sola muestra de cada morfoespecie, con la finalidad de poder identificar, de manera adecuada, hasta el menor nivel taxonómico posible. La toma de muestras se realizó mediante tijeras de poda para especímenes que se encuentran a la altura del personal y con desjarretadora o corta-ramas (aprox. 10 m) para estratos superiores. Las muestras se colectaron, prensaron (**Fotografía 2-21**) y se conservaron en alcohol, teniendo en cuenta las especificaciones de la **Tabla 2-78**.

Tabla 2-78. Técnicas de preservación, movilización y transporte para flora vascular

PRESERVACIÓN	MOVILIZACIÓN Y TRANSPORTE
Lianas y epífitas de gran tamaño: las muestras fueron tomadas de ramas con secciones preferiblemente fértiles (Flores y frutos), así mismo con parte del rizoma, tallo y hojas.	Los paquetes de muestras prensadas se depositaron en bolsas independientes, y cada bolsa en un costal de fibra acomodándolas siempre de forma fija. El secado del material se llevó a cabo en un horno con flujo de aire, a una temperatura de 60°C a 80°C por 36 horas, posterior a la

³⁰ Técnicas de campo utilizadas por el Jardín Botánico de Missouri. Compiladas por Ron Liesner con sugerencias del personal técnico, científico y colaboradores. Traducido del inglés por Claudio Tygier, Santa Cruz, Bolivia. Revisión del texto: Carmen Ulloa Ulloa y Rosa Ortiz, Missouri Botanical Garden, abril de 1996. Disponible Online: <http://www.mobot.org/MOBOT/molib/spanishfb/intro.shtml>.

PRESERVACIÓN	MOVILIZACIÓN Y TRANSPORTE
<p>Hierbas, si son de porte pequeño se colectaron desde su raíz, si son de porte más grande se tomaron sus ramas terminales (fértil).</p> <p>En Gramíneas y otras herbáceas que crecen en macollas se colectaron toda o parte de la macolla incluyendo sus raíces y tubérculos en el caso que los hubiere, en caso de especies estoloníferas es recomendable también tomar muestra de los tallos subterráneos.</p> <p>Se tomaron muestras suficientes para al menos un ejemplar y su duplicado. Cada muestra se colocó entre hojas de papel periódico doblado por la mitad, se acomodaron hojas por el envés como por el haz; estructuras reproductivas en un primer plano de la muestra y se protegieron con papel encerado, Orquídeas y frutos grandes, se envolvieron en papel periódico. Cada muestra se marcó en el papel con lápiz de cera (incluyendo acrónimo del colector, número de colección, entre otros).</p> <p>El prensado en campo se realizó mediante paquetes de 20 a 30 cm de altura, con hojas dobles de papel periódico, separando cada muestra. En el paquete se ejerció presión y se aseguró con un nudo en cruz lo más ajustado posible. Se humedeció con alcohol al 75% las muestras.</p>	<p>identificación, se realizó la inclusión en la colección biológica registrada.</p>

Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024

Fotografía 2-21 Conteo de individuos *In situ*



Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024

2.3.2.2.4.3.3 Plantas vasculares de hábito terrestre o rupícola

Para el muestreo de flora vascular de hábito rupícola o terrestre, se realizaron subparcelas de 1x1 m en cada una de las coberturas realizando el conteo del 100% de los individuos dentro del cuadrante, se realizaron subparcelas teniendo en cuenta la presencia o no de las especies vasculares, realizando ocho (8) subparcelas por cobertura por punto de monitoreo, adicionalmente, en la caracterización del inventario forestal, se realizó una subparcela de 1x1 m paralela a cada uno de los forófitos monitoreados. Para colecta de flora vascular de hábito terrestre y rupícola se siguieron las técnicas de campo propuestas por el Jardín Botánico de Missouri³¹. Con relación al grupo de las Orquídeas y Bromelias se tuvo en cuenta en lo posible que el espécimen presentará estado fértil, el cual es base de identificación taxonómica. El tamaño y la forma de crecimiento determinan la forma de recolección, si la planta era de menor tamaño que la hoja de herbario se recolectó completa, para las plantas grandes se seleccionaron en lo posible piezas fértiles y vegetativas contiguas; se incluyeron detalles del rizoma, de la emergencia de las inflorescencias, de segmentos representativos de las raíces y de su longitud original como lo describe Aguirre (1986)³². Los ejemplares de herbario se acompañaron de fotografías a color de la planta completa y de la flor cuando así lo presentaron (Chater, 2000)³³. **(Fotografía 2-22).**

Fotografía 2-22 Caracterización de especies vasculares de hábito terrestre



Coordenadas Planas Magna Sirgas Origen Nacional:
E: 4791492,20 N: 2118691,87
Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024

2.3.2.2.4.4 Plantas No Vasculares

A continuación, se describe la metodología para para la caracterización de flora silvestre no vascular en veda y del proceso de colecta.

³¹ Ibid.

³² Aguirre, L. E. 1986. Epífitas, pp. 113-119. En: A. Lot y F. Chiang (comp.). Manual de Herbario. Administración y manejo de colecciones, técnicas de recolección y preparación de ejemplares botánicos. Consejo Nacional de la Flora de México, AC, México.

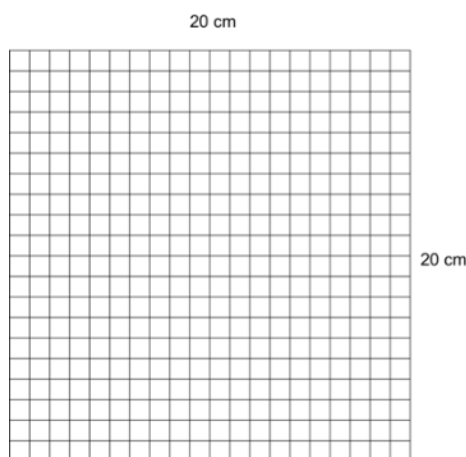
³³ Chater, A. O. 1997. Atlas 2000: some notes on pressing specimens. Supplement to Botanical Society of the British Isles News 75.

2.3.2.2.4.4.1 Plantas no vasculares de hábito epífita

Las especies de epífitas no vasculares presentan una estratificación vertical definida desde el suelo del bosque hasta el dosel superior, y por los requerimientos de luz de algunas familias pueden restringir el crecimiento de sus especies a las zonas de Dosel (Komposch y Hafellner, 2000)³⁴. Sin embargo, Shaw (2004)³⁵, indica que las especies de epífitas restringidas al dosel superior en bosques cerrados pueden estar presentes también cerca al nivel del suelo a lo largo de bordes muy expuestos o en bosques muy abiertos.

Para la caracterización musgos, hepáticas y líquenes de hábito cortícola, se realizó la cuantificación de la cobertura (cm^2) sobre los forófitos. La cobertura se cuantificó con la utilización de plantillas de acetato transparente, con áreas de 400 cm^2 (Iwatzuki, 1960)³⁶, que presentan una trama cuadriculada subdividida en áreas de 1 cm^2 . Se asume, que las comunidades de briofitos y líquenes constituyen una capa rasante ya que sus alturas varían desde pocos milímetros (en líquenes crustáceos) hasta 4-5 cm (en musgos). Según lo anterior, a partir de la plantilla de acetato se pudo aplicar un método efectivo para estimar la cobertura de cada una de las especies. (**Figura 2-41**).

Figura 2-41. Cuadrícula de 20 x 20 cm para el conteo de cobertura



Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024

El método consistió en poner la plantilla sobre cada estrato del forófito (), ubicándola en cada uno de los cuatro puntos cardinales (Gradstein et al., 2003); para el dosel se empleó la desjarretadora para bajar algunas ramas y poder estimar la cobertura de cada epífita no vascular; registrando la frecuencia con la que cada especie ocupa un determinado número de cuadrados de un (1) cm. Se usaron áreas con estas características (400 cm^2), ya que las

³⁴ Komposch, H. & J. Hafellner. 2000. Diversity and vertical distribution of lichens in a Venezuelan tropical lowland rain forest. Selbyana 21: 11-24.

³⁵ Shaw, D.C., 2004. Vertical organization of canopy biota, p. 73-101. In M.D. Lowman & H.B. Rinker (eds.). Forest canopies (second edition). Elsevier Academic, San Diego, California, EEUU.

³⁶ Iwatzuki Z. The Epiphytic Briophyte Communities in Japan. J Hattori Bot Lab. 1960; 22:159-339.

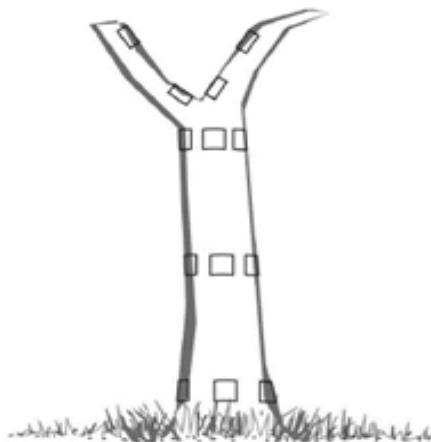
superficies que se encontraron variaron de regulares a irregulares y estos tipos de plantilla, facilitaron la medición en los diferentes sustratos. (**Fotografía 2-23; Figura 2-42**).

Fotografía 2-23 Conteo del área de las especies no vasculares



Coordenadas Planas Magna Sirgas Origen Nacional:
E: 4792033,40 N: 2118806,94
Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024

Figura 2-42. Ejemplo de distribución de plantilla sobre el forófito



Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024

2.3.2.2.4.4.2 Plantas no vasculares de hábito terrestre o rupícola

Se realizaron dos (2) recorridos lineales libres de 100 x 4 m en cada parcela, sobre los cuales se registró la abundancia de la flora no vascular presente en los diferentes sustratos, realizando ocho (8) subparcelas de 1x1 m dentro de estos recorridos y registrando la abundancia de las especies halladas por medio de la cuadrícula de acetato. Estas parcelas se realizaron por punto de monitoreo por cobertura. Adicionalmente, en la caracterización del

inventario forestal, se realizó una parcela de 1x1 m paralela a cada uno de los forófitos monitoreados. (**Fotografía 2-24**).

Fotografía 2-24 Caracterización de especies no vasculares de hábito rupícola o terrestre



Coordenadas Planas Magna Sirgas Origen Nacional:
E: 4791102,81 N: 2118979,57
Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024

2.3.2.2.4.4.3 Colecta de muestras botánicas de flora no vascular

Las muestras se extrajeron con la ayuda de una espátula, bisturí y/o cuchillo (**Fotografía 2-25**), una vez extraída la muestra se guardó en un sobre de papel kraft y se rotuló con la siguiente información: Código de la parcela, Cobertura de la Tierra, No. del forófito en inventario forestal, Especie y nombre común del forófito (inventario forestal), Nombre de la epífita, Cobertura (%) en cada punto cardinal, Coordenadas (Forófito), Altitud, Biotipo, Forma de crecimiento, Estrato en el forófito y Fotografía.

Fotografía 2-25 Colecta de muestras no vasculares



Coordenadas Planas Magna Sirgas Origen Nacional:
E: 4788016 N: 2080345
Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024

La información se diligenció en el formato de campo (**Figura 2-39**), también se relacionaron los datos ecológicos tales como hábito de crecimiento, sustrato, distribución vertical, y datos de localización hasta el nivel de predio cuando fue posible. A cada muestra se le asignó un código único consecutivo, con su correspondiente identificación, anotando sus características y condición ecológica. En la **Tabla 2-79** presentan los métodos de preservación y movilización de los individuos que se colectaron.

Tabla 2-79. Técnicas de preservación, movilización y transporte para flora no vascular

PRESERVACIÓN	MOVILIZACIÓN Y TRANSPORTE
Cada muestra tomada por forófito se dispuso en bolsas de papel independientes debidamente marcadas con los datos de la colecta. Se dejaron abiertas para iniciar el proceso de secado, el cual terminó en el laboratorio con horno de flujo de aire (durante dos días).	Fueron trasladadas en bolsas de papel y luego unidos en sobres de papel blanco de 75 gr con su ficha correspondiente y etiqueta. Por último, se realizó inclusión en la colección biológica registrada.

Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024

Fotografía 2-26 Secado a temperatura ambiente de muestras no vasculares



Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024

Para la caracterización de flora silvestre y el levantamiento de veda establecida por la Resolución 0213 de 1977 del Inderena, se monitorearon las especies de los sustratos, rupícola, terrestre y epífita. La presente caracterización se enmarca en lo establecido mediante la Resolución 00403 del 17 de febrero de 2022, emitida por la ANLA, por medio de la cual se otorga el Permiso de Estudio para la recolección de Especies Silvestres de la Diversidad Biológica con Fines de Elaboración de Estudios Ambientales, para Estudios Técnicos S.A.S.

2.1.1.1.3 Etapa Pos-campo

A continuación, se detallan las actividades que se incluyen dentro de la fase de análisis de resultados obtenidos en campo:

2.3.2.2.4.5 Fase de laboratorio

Durante esta fase se procedió al análisis de las muestras colectadas en campo mediante la determinación de la composición y abundancia de las especies de flora silvestre en veda. El trabajo de laboratorio inició con la limpieza y la preparación de las muestras para su posterior análisis, donde se realizó la identificación de los organismos hasta el menor nivel taxonómico, finalmente, se realizó el reporte de resultados y el registro fotográfico de los individuos encontrados.

2.3.2.2.4.6 Representatividad de muestreo

La representatividad del muestreo se realizó mediante las curvas acumulación de especies por tipo de cobertura susceptible de intervención conforme a lo propuesto por Villareal et al., 2018. La curva de acumulación de especies representa gráficamente la forma de cómo las especies van apareciendo en las unidades de muestreo (Forófitos) o de acuerdo con el incremento en el número de individuos. Para tal fin se empleó el software Estimates: Biodiversity Estimation de Robert Colwell versión 9.1.0³⁷.

Los estimadores usados para la representación gráfica de las curvas de acumulación fueron CHAO 1, ACE, Singletons y Doubletons, dado que las especies no vasculares se registraron a través de cobertura en (cm²), los datos del muestreo fueron procesados cuantitativamente.

Es preciso resaltar, que diversos estudios de ecología han empleado las curvas de acumulación de especies con el fin de determinar cuán eficaz es un muestreo realizado. En este contexto, se utilizó la información de los estimadores para conocer qué porcentaje de las especies esperadas se colectó o registro en el muestro y así se definió si la información generada pudo ser utilizada para realizar un análisis de similitud y complejidad. Si las curvas indican la obtención de más del 80% de las especies esperadas en un sitio de muestro es considerado representativo. Se utilizó y comparó los valores generados por más de tres (3) estimadores.

De esta manera se describe a continuación cada índice utilizado:

- **ACE:**

Basado en el número de individuos de las especies "raras". El nivel de abundancia para el cual una especie se considera "rara" (se suele recomendar usar 10 como valor umbral)^{38 39}.

- **Chao 1:**

El índice hace referencia a especies encontradas una vez (Singletons) y Especies encontradas dos veces (Doubletons)⁴⁰.

³⁷ Software libre disponible en <http://viceroy.eeb.uconn.edu/estimates/>.

³⁸ CHAO A (1984) Non-parametric estimation of the number of classes in a population. Scandinavian Journal of Statistics 11:265-270.

³⁹ CHAO A (1987) Estimating the population size for capture-recapture data with unequal catchability. Biometrics 43:783- 791.

⁴⁰ Ibid.

Una vez obtenido el cálculo de los índices, se procedió a realizar las gráficas exportando los resultados del programa Estimate Versión 5.0.1., a tablas en Excel, que posteriormente fueron graficadas.

2.3.2.2.4.7 Índices ecológicos

El análisis estadístico se realizó mediante la aplicación de índices ecológicos, los cuales son herramientas que permiten estudiar de forma cuantitativa las interacciones dentro y entre las comunidades. Como parte de los objetivos de sus usos, es determinar la diversidad de las comunidades; para calcularlos es necesario contar con más de una especie (taxón) por comunidad, ya que, de acuerdo con las propiedades emergentes típicas de cada nivel de organización ecológico, una comunidad está compuesta y definida por más de una especie (población)⁴¹.

Medir la abundancia relativa de cada especie permite identificar aquellas que por su escasa representatividad en la comunidad son más sensibles a las perturbaciones ambientales. Así, identificar un cambio en la diversidad, ya sea en el número de especies, en la distribución de la abundancia de estas o en la dominancia, puede alertar sobre procesos que alteren la diversidad o riqueza en los ecosistemas⁴².

El planteamiento estadístico se estableció en el cálculo y la comparación de las riquezas y abundancias de las comunidades presentes en las parcelas establecidas sobre las coberturas terrestres del área de estudio, esto con el fin de identificar la estabilidad o causas que estén moldeando las poblaciones bióticas, adicionalmente, el análisis estadístico permitió desarrollar herramientas para establecer un criterio del estado del sistema.

Para el cálculo de los índices ecológicos se usó el programa estadístico Past Versión 2.17.C (2001); el análisis estadístico está determinado por los índices ecológicos de Simpson (Ds) y uniformidad (J'), los cuales se describen en la **Tabla 2-80**.

Tabla 2-80. Técnicas de preservación, movilización y transporte para flora no vascular

INDICE	CONCEPTO	FORMULA	VARIABLES	RANGO
Simpson (Dominancia)	Mide la probabilidad de que dos individuos de una muestra tomados al azar sean de la misma especie; está influenciado por las especies más dominantes (Moreno, 2001). Los valores más cercanos a 1 indican la dominancia de una o dos especies.	$D_s = P_i^2$ $P_i = \frac{n_i}{N}$	Ds: Índice de Simpson. Ni: Número de individuos de la especie i. N: Número total de individuos.	0–1
Pielou (Uniformidad)	Mide la proporción de la diversidad observada con la diversidad esperada (Moreno, 2001). Indica la uniformidad	$J' = H'/H'_{max}$	J': Índice de Pielou H': Índice de Shannon-Wiener. S: número de especies	0–1

⁴¹ Barnes, C y Massarini, S. (2008). Curtis Biología. Séptima edición. Editorial Panamericana. Madrid, España. 1009p.

⁴² Magurran, A. (1988). Ecological diversity and its measurement. Princeton University Press, New Jersey, 179 p.

INDICE	CONCEPTO	FORMULA	VARIABLES	RANGO
	de las especies de una muestra, donde los valores más cercanos a uno muestran mayor uniformidad.	$H'_{max} = \ln S$		

Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024

2.3.2.2.5 Fauna

La diversidad biológica en Colombia está caracterizada por presentar una gran variedad de ecosistemas que albergan una alta cantidad de especies, donde reportan cerca de 58.312 especies (SiB, 2020). En términos de fauna el país no se queda atrás, el grupo anfibios presenta 887 especies, de las cuales 818 son anuros (ranas y sapos), 28 salamandras y 41 apodos (cecilias) (Acosta Galvis, 2023). En los reptiles, se reportan 591 especies que se distribuyen en tres órdenes: Squamata, Testudines y Crocodylia, de los cuales 38 están catalogadas en alguna categoría de amenaza (a nivel nacional), siendo 11 especies en la categoría de en Peligro Crítico (CR), 15 en Peligro (EN) y 12 Vulnerables (VU), (SiB Colombia, 2022) El país presenta el mayor número de especies de aves con un total de 1999 especies, en donde aproximadamente 470 se encuentran en alguna categoría de amenaza, 82 son endémicas y 158 migratorias (SiB, 2020). Los mamíferos, han sido un grupo poco estudiado, por lo que se tiene registros de 520 especies (SIB, 2020) que se distribuyen en 14 órdenes y 49 familias, siendo el Orden Chiroptera el de mayor riqueza (Ramírez-Chaves et al., 2016). Además, del total de las especies, 58 son endémicas y 42 están bajo categoría de amenaza (SIB, 2020).

A continuación, se presentan las metodologías empleadas para la caracterización de la fauna del Área de Influencia del proyecto EIA Parque Solar Fotovoltaico Heliconia 60 MW y su línea de transmisión eléctrica a 115 kV hacia la Subestación San Felipe, las cuales se elaboraron y ejecutaron teniendo en cuenta los términos de Referencia específicos para la elaboración del estudio de impacto ambiental para el proyecto parque solar Heliconia 60MW y su línea de transmisión eléctrica de 115 KV, elaborados por CORTOLIMA; de igual manera, se tuvo en cuenta la "Metodología General para la presentación de Estudios Ambientales" (MADS, 2018) y las metodologías propuestas por el Grupo de Monitoreo Ambiental (GEMA) del Instituto de Investigaciones Biológicas de Colombia Alexander Von Humboldt plasmada en el "Manual de Métodos para el Desarrollo de Inventarios de Biodiversidad" (Villarreal et al., 2006).

- **Fase Pre-Campo**

En esta etapa se realizó la búsqueda de información secundaria de la fauna silvestre que pueda encontrarse en el área y posteriormente se realiza la selección de puntos de monitoreo a partir del mapa preliminar de coberturas.

Se realizó la revisión bibliográfica de los principales grupos de fauna silvestre (anfibios, reptiles, aves y mamíferos), con el fin de obtener información sobre el uso y asociación a coberturas, así como la distribución dentro del ecosistema; las características de cada una de las especies, el estado de conservación, valor comercial, distribución, grado de amenaza, migración y/o veda, haciendo énfasis en el departamento de Tolima. A partir de la información

contenida en estudios recientes y guías de campo, libros, colecciones biológicas (portales web), documentos, catálogos y bases de datos con mapas de distribución de especies, tal como se observa en la (Tabla 2-81).

Tabla 2-81 Información secundaria consultada para la documentación de registros potenciales en el área de estudio.

GRUPO DE FAUNA	TIPO DE DOCUMENTO	TÍTULO	AUTOR Y AÑO
	Base de datos	Sistema de Información Sobre Biodiversidad –SIB Colombia.	Instituto de investigaciones de recursos biológicos Alexander Von Humboldt, 2023
	Base de datos	The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2021-1	UICN, 2023
	Base de datos	Reptiles del Ecuador	Torres, 2018
	Base de datos	Anfibios del Ecuador	Ron, 2018
	Base de datos	http://www.batrachia.com	Acosta Galvis, A. R. 2023
	Base de datos	The Reptile Database, http://www.reptile-database.org	Uetz, P., Freed, P. & Jiri Hošek (eds.), 2018
	Artículo	Lista actualizada de los anfibios del departamento del Tolima, Colombia	Clavijo-Garzón, y otros, 2018
	Libro	Libro Rojo de Reptiles de Colombia	(Morales-Betancourt, Lasso, Páez, & Bock, 2015)
	Artículo	Lista de anfibios y reptiles del departamento del Tolima, Colombia	Llano-Mejía, Cortés-Gómez, & Castro-Herrera, 2010
	Libro	Falan, Cuna de la Vida.	Gallego, Quevedo, Luna, & Figueroa, 2008
	Revisión	Ranas, Salamandras y Caecilias, (Tetrapoda: Amphibia) de Colombia	(Acosta, 2000)
Aves	Base de datos	The birdlife Checklist of the World	(BirdlifeInternational, 2015)
	Revisión	Aves del norte de Suramérica	(Restall, Rodner, & Lentino, 2007)
	Base de datos	A classification of the bird species of South America. American Ornithological Society. http://www.museum.lsu.edu/~Remsen/SACCBaseline.htm.	(Remsen, J et al., febrero 2020).
	Libro	Guía de las aves de Colombia	(Hilty & Brown, 2001)
	Guía	Guía de campo de las aves de Colombia	(McMullan & Donegan, 2014)
	Guía	Guía ilustrada de la avifauna colombiana,	(Ayerbe, Fernando, 2018)

GRUPO DE FAUNA	TIPO DE DOCUMENTO	TÍTULO	AUTOR Y AÑO
	Libro	Libro Rojo de las Aves de Colombia Vol 1 y Vol 2	(Renjifo, et al, 2014; Renjifo et al, 2016)
	Revisión	Listado actualizado de las aves endémicas y casi endémicas de Colombia	(Chaparro-Herrera, Echeverry-Galvis, Córdoba-Córdoba, & Sua-Becerra, 2013)
	Guía	Guía de las aves migratorias de Colombia	(Naranjo, Amaya, Eusse-González, & Cifuentes-Sarmiento, 2012)
Mamíferos	Libro	Mamíferos de Suramérica Volumen 1	(Gardner, 2007)
	Libro	Mamíferos de Suramérica Volumen 2	(Patton, Pardiñas, & D'Elia, 2015)
	Libro	Libro rojo de los mamíferos de Colombia	Rodrigo-Mahecha, J., Alberico, M., Trujillo, F., & Jorgeson, J. (2006)
	Revisión	Riqueza, endemismo y conservación de los mamíferos de Colombia. Mastozoología neotropical, 20(2), 301-365	Solari, S., Muñoz-Saba, Y., Rodríguez-Mahecha, J. V., Deer, T. R., Ramírez-Chaves, H. E. & Trujillo, F. (2013).
	Revisión	Cambios recientes a la lista de mamíferos de Colombia. Mammalogy Notes. 3. 1-9	Ramírez-Chaves, Héctor & Suárez Castro, Andrés & González-Maya, José. (2016).
	Base de datos	Colección en línea ICN/UNAL	ICN/UNAL

Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024

• Fase de Campo

Para la caracterización de fauna silvestre se evaluaron cada una de las coberturas vegetales durante máximo tres días y se desarrollaron metodologías específicas para cada grupo faunístico, de igual manera se recopiló información mediante encuestas estructuradas, referente a la presencia, uso y percepción de fauna silvestre por parte de pobladores y comunidad en general. La salida de campo se realizó entre el 23 de enero y el 7 de febrero de 2024, una vez validados los puntos propuestos en la etapa anterior, se identificaron y ubicaron en la **Tabla 2-82**. En las coberturas naturales de tipo boscoso se instalaron equipos para la captura de individuos (punto pasivo) y en los restantes puntos con coberturas antrópicas se realizaron transectos libres de observación (recorridos). La información recolectada en campo se registró en bases de datos y formatos de campo (ver **Anexo 5 Línea Base/5.2 Biotico/5.2.2 Caracterización/5.2.2.2 Fauna**).

Los métodos de muestreos empleados en la manipulación y captura de herpetofauna, aves y mamíferos se encuentran amparados bajo la Resolución 00432 del 22 de febrero de 2022 "Por la cual se otorga Permiso de Estudio para la Recolección de Especímenes de Especies Silvestres de la Diversidad Biológica con Fines de Elaboración de Estudios Ambientales y se toman otras determinaciones".

Tabla 2-82 Puntos de muestreo realizados en la caracterización de fauna

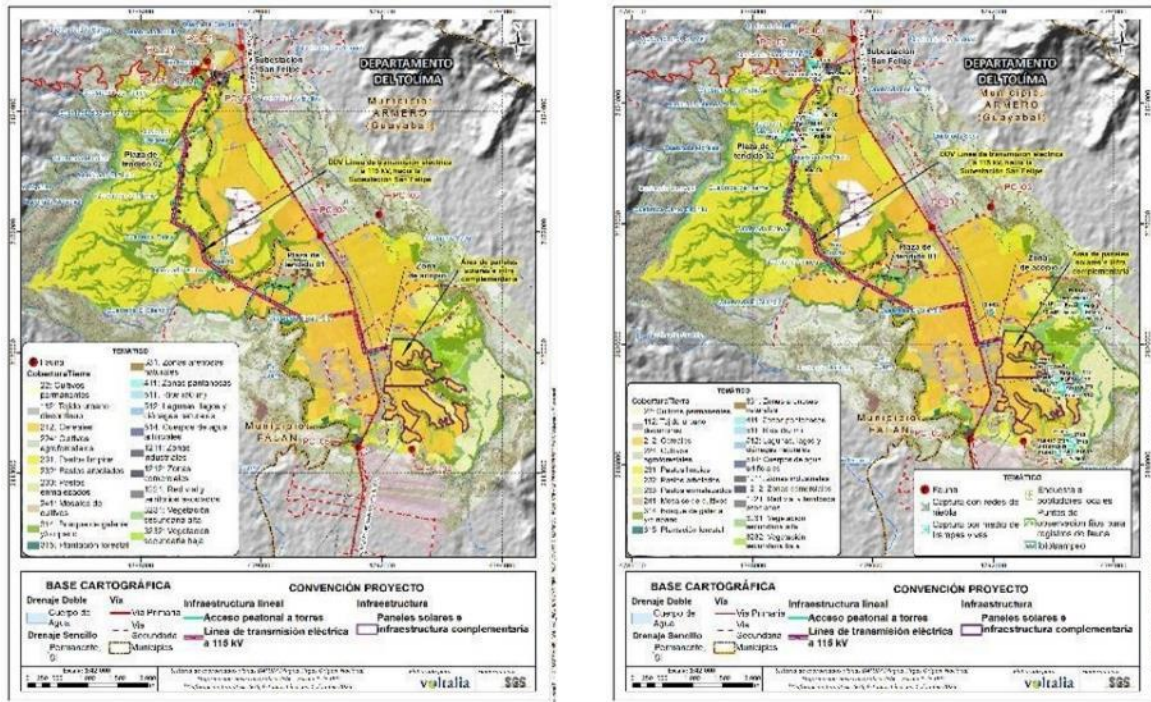
Punto de Control	Criterio	Ubicación (Coordenadas Origen Único Nacional CTM12)		Municipio	Vereda	Descripción
		Este	Norte			
PC_01	Vía Nacional	4789678,92	2125066,10	Armero Guayabal	Sector San Felipe Antiguo	Presencia de Barrera antrópica o corredor vial ruta nacional 43 (Armero Guayabal – San Sebastián de Mariquita), siendo el principal corredor vial observado en el área de influencia
PC_02	Vía Nacional	4790981,12	2121939,88	Armero Guayabal	Fundadores	Presencia de Barrera antrópica o corredor vial ruta nacional 43 (Armero Guayabal – San Sebastián de Mariquita), la cual hace conexión con vía secundaria observada en el caserío San Lorenzo
PC_03	Cobertura antrópica y pastos	4791956,47	2122281,91	Armero Guayabal	Fundadores	Se observan cambios de coberturas de fragmentos de bosques de galería y/o ripario a áreas de pastos
PC_04	Cobertura natural y vegetación riparia	4792501,57	2118395,53	Armero Guayabal	Nuevo Horizote	Cambios de cobertura de vegetación natural riparia hacia zonas de pastos y cultivos
PC_05	Cobertura antrópica y corredores viales	4791615,30	2118425,32	Armero Guayabal	Paraíso	Se observan barreras antrópicas de la ruta nacional 43 (Armero Guayabal – San Sebastián de Mariquita) y cambios de

Punto de Control	Criterio	Ubicación (Coordenadas Origen Unico Nacional CTM12)		Municipio	Vereda	Descripción
		Este	Norte			
						coberturas de vegetación secundaria o en transición hacia áreas de pastos y cultivos
PC_06	Cobertura natural y vegetación	4788900,26	2124650,02	Falan	La Lajosa	Cambios de coberturas permeados por el corredor vial que comunica el caserío San Felipe comunica con el municipio de Falan
PC_07	Corredor vial	4788952,35	2124691,08	Armero Guayabal	Sector San Felipe Antiguo	Presencia de barrera antrópica o corredor vial secundario entre el caserío San Felipe comunica con el municipio de Falan
PC_08	Cobertura natural y vegetación riparia	4789111,91	2124828,06	Armero Guayabal	Sector San Felipe Antiguo	delimitación por cambios observados entre vegetación antrópica y natural, continuidad hasta donde se da el cambio de cobertura

Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024

En la Figura 2-43 se presenta la ubicación central de los puntos de muestreo para la caracterización del componente de fauna silvestre. Los mismos se ubican sobre la unidad de muestreo (cobertura vegetal).

Figura 2-43 Ubicación espacial de los puntos de muestreo para la caracterización de fauna



DDV: Servidumbre del proyecto
Fuente: SGS Colombia S.A.S, 2024

• Anfibios y Reptiles

– Recorrido de Observación

Para el inventario y caracterización de anfibios y reptiles, se realizaron recorridos de observación utilizando el método VES (Visual Encounter Surveying) (Heyer et al., 1994), mediante la búsqueda de individuos en un área delimitada y durante un tiempo previamente definido. (Tabla 2-83).

Tabla 2-83 Transectos de observación para el registro de Anfibios y reptiles

TRANSECTO	COORDENADAS				Cobertura	LONGITUD DE TRANSECTO (M)
	Magna Sirgas Origen CTM 12					
	Coordenadas Iniciales		Coordenadas Finales			
	E	N	E	N		
HT-01-D.	4792759,33	2119509,65	4793073,89	2119250,95	Bg	1191,05
HT-02-N.	4792756,1	2119503,88	4793075,26	2119256,48	Bg	1138,23
HT-03-D.	4793105,35	2119253,01	4793108,59	2119260,53	Bg	927,92
HT-04-D.	4792766,69	2119512,17	4792947,51	2119531,86	Bg	1054,48
HT-05-N.	4793091,51	2119248,7	4793125,84	2119264,29	Bg	1086,97

TRANSECTO	COORDENADAS				Cobertura	LONGITUD DE TRANSECTO (M)
	Magna Sirgas Origen CTM 12					
	Coordenadas Iniciales		Coordenadas Finales			
	E	N	E	N		
HT-06-D.	4792775,88	2119437,71	4792115,46	2119485,62	Cu	1059,02
HT-07-N.	4792857,2	2119497,42	4792882,62	2119581,71	Bg	1693,69
HT-08-D.	4792986,45	2118286,16	4792978,23	2118312,28	Bg	802,72
HT-09-D.	4793350,63	2118344,73	4793344,22	2118298,34	Vs	414,23
HT-10-D.	4793348,82	2118366,39	4793349,72	2118347,89	Vs	415,45
HT-11-D.	4793348,82	2118366,39	4793349,72	2118347,89	Vs	415,45
HT-12-D.	4793368,83	2118295,07	4793520,31	2118775,82	Cu	798,30
HT-13-D.	4793343,78	2118298,84	4793303,98	2118430,16	Vs	681,02
HT-14-D.	4788880,97	2123658,99	4789066,61	2123814,68	Bg	1283,64
HT-15-N.	4793206,01	2118095,56	4792986,61	2118284,24	Bg	726,25
HT-16-N.	4792988,82	2118293,92	4792980,42	2118317,91	Bg	778,60
HT-17-D.	4788411,53	2123441,76	4788499,65	2123284,8	Bg	941,45
HT-18-D.	4788268,41	2123542,13	4788274,87	2123540,23	Vs	454,67
HT-19-N.	4788598,52	2122472,29	4788704,04	2123449,12	PI	1193,71
HT-20-N.	4788904,02	2122692	4788597,5	2122468,36	PI	1055,03
HT-21-N.	4789069,76	2123547,93	4788908,46	2122704,66	Par	1129,59
HT-22-D.	4789102,97	2123587,21	4789117,24	2123311,99	Par	937,60
HT-23-N.	4789114,4	2123590,01	4788878,11	2123011,62	Bg	869,41
HT-24-D.	4788689,93	2122753,06	4789178,24	2123261,71	Bg	1116,51
HT-25-D.	4788904,82	2123554,06	4788664,93	2122795,85	Par	906,89
HT-26-N.	4789024,21	2123745,31	4789001,56	2123741,92	Bg	1388,52
HT-27-D.	4788992,8	2121864,13	4789051,9	2121603,17	Bg	870,08
HT-28-D.	4789051,36	2121586,77	4789174,51	2121193,42	Cu	540,67
HT-29-D.	4789428,82	2121234,65	4789072,7	2121512,21	Cu	484,31
HT-30-D.	4790033,44	2121074,21	4790287,98	2121055,69	Cu	1018,84
HT-31-D.	4790572,74	2120981,69	4790440,24	2120809,91	Cu	710,33
HT-32-D.	4789839,67	2121176,09	4789706,28	2121100,87	Cu	640,60
HT-33-D.	4789086,62	2124439,3	4788715,64	2123672,05	PI	1118,37
HT-34-N.	4793007,53	2120334,51	4793007,18	2120292,01	Vs	1108,82

TRANSECTO	COORDENADAS				Cobertura	LONGITUD DE TRANSECTO (M)
	Magna Sirgas Origen CTM 12					
	Coordenadas Iniciales		Coordenadas Finales			
	E	N	E	N		
HT-35-D.	4788967,36	2124598,57	4788918,98	2124648,55	Bg	584,34
HT-36-D.	4788962,49	2124649,24	4789124,75	2124479,21	Bg	269,26
HT-37-D.	4789215,1	2124551,55	4788957,53	2124672,66	Bg	409,59
HT-38-N.	4788951,39	2124656,01	4788956,93	2124666,45	Bg	654,10
HT-39-D.	4793151,83	2120584,31	4793474,57	2120785,49	Vs	466,67
HT-40-N.	4793475,13	2120665,78	4793465,35	2120676,41	Bg	1051,69
HT-41-D.	4793413,79	2120576,27	4793399,7	2120542	Bg	1092,96
HT-42-N.	4793055,93	2120541,41	4793078,25	2120656,59	Vs	706,81
HT-43-D.	4793524,25	2120308,1	4793360,97	2120208,33	Bg	831,77
HT-44-D.	4791600,69	2120689,29	4791785,85	2119931,94	Cu	1608,67
HT-45-D.	4789095,68	2124700,79	4789067,9	2124713,1	PI	288,37
HT-46-D.	4789347,03	2124735,98	4789299,93	2124723,29	PI	284,76
EOH-01.	4791963,36	2120532,68			Rv/ Cu	-

Convenciones: Bosque de galería y/o ripario (Bg); Vegetación secundaria o en transición (Vs); Pastos limpios (PI); Pastos arbolados (Par); Cultivos semipermanentes y permanentes (Cu); Red vial, ferroviaria y terrenos asociados (Rv).

Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024

Los recorridos se realizaron a pie, con el fin de aumentar la eficiencia del estudio y de cubrir el mayor número de microhábitats disponibles (**Fotografía 2-27**). Estos se efectuaron en el día y en la noche, por logística se muestreo entre las 8:00 y las 13:00 horas para las especies diurnas y entre las 17:00 y 21:00 horas para las especies nocturnas, dado que la mayoría de las especies, especialmente los anfibios presentan su pico de actividad en las horas de la noche (Rueda-Almonacid et al., 2004).

Fotografía 2-27 Recorrido nocturno para el registro de herpetofauna



Coordenadas origen nacional: E 4788856,72 - N 2123635,36
Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024

La búsqueda se realizó sobre todos los posibles hábitats presentes en el transecto, se revisaron cuerpos de agua, hojarasca, madrigueras, ramas y hojas mediante el apoyo de una pinza y gancho herpetológico (**Fotografía 2-28**).

Fotografía 2-28 Búsqueda directa de herpetofauna con gancho herpetológico

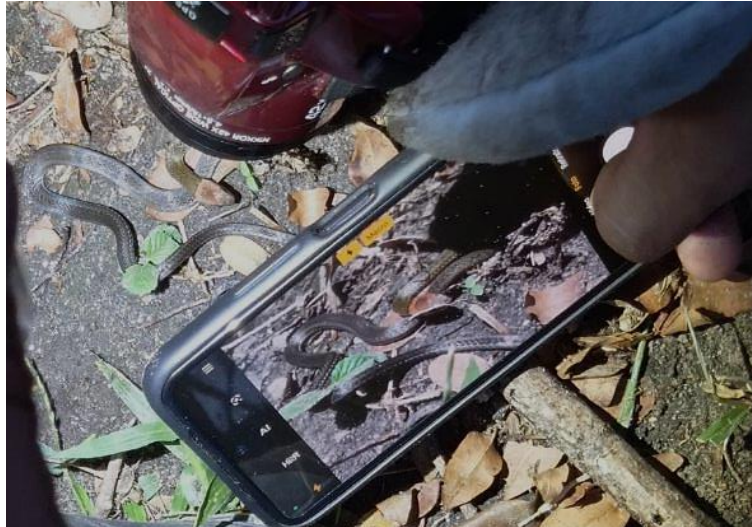


Coordenadas origen nacional: E 4788930,42 - N 2124748,99
Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024

A todos los individuos capturados se les tomó registro fotográfico (**Fotografía 2-29**) y posteriormente se realizó la respectiva determinación taxonómica, la cual se basa en patrones, características cromáticas y estructuras tales como glándulas, membranas timpánicas, tipo de discos y almohadillas en dedos, escudetes, entre otros. Toda la información obtenida se registró en bases de datos.

Se aclara que debido a que estos registros fueron realizados dentro de transectos de observación en los cuales existe movilidad por parte del profesional observador a una velocidad constante, en horas donde se presente mayor actividad faunística, esto asegura que ninguno de los individuos registrados será objeto de re-captura.

Fotografía 2-29 Registro fotográfico de herpetofauna



Coordenadas origen nacional: E 4793538,58 - N 2120677,69
Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024

- **Aves**

Se definieron los lugares de muestreo, basados en las coberturas vegetales establecidas para el área de influencia del proyecto, de la siguiente manera: Bosque de galería y/o ripario (Bg), Cereales (Ce), Cultivos permanentes (Cp), Mosaico de cultivos (Mc); Pastos arbolados (Pa), Pastos enmalezados (Pe); Pastos limpios (Pl), Tejido urbano discontinuo (Tud) y Vegetación secundaria o en transición (Vs). Teniendo en cuenta la oferta de recursos para las aves y su representatividad dentro del área de estudio. La salida de campo se realizó entre el 24 de enero de 2024 y el 7 de febrero de 2024.

- **Recorridos o transectos de observación y audición**

La caracterización de este grupo de fauna se realizó de acuerdo a lo planteado en la metodología por, donde se combina distintas estrategias como censos visuales, auditivos, captura de aves en redes y la realización de encuestas, cada una aporta elementos complementarios para elaborar una caracterización completa del grupo, donde los censos permiten cubrir un área extensa registrando numerosas especies, por otra parte, las encuestas a los habitantes, permiten identificar algunas especies y a determinar los usos que la población hace de la avifauna. En ellos se recolectó información a través del método de observación directa, utilizando binoculares 10x40. Adicionalmente se realizará un registro fotográfico de la avifauna observada, para la posterior confrontación con guías de campo

Dentro de la metodología de observación directa se realizaron transectos ó recorridos de observación los cuales en su mayoría tenían una longitud variable entre los 500 y 1000 metros de distancia, en los cuales se registraron visual y auditivamente aves en el proyecto, se tomaron datos sobre la especie, alimento consumido, comportamiento y estrato de la vegetación donde se encontró.

Se realizaron 27 recorridos de observación de fauna se efectuaron en las primeras horas de la mañana desde las 06:00 a.m. hasta las 05:00 p.m. A continuación, se reportan los recorridos en la **Tabla 2-84**.

Tabla 2-84 Ubicación recorridos de observación para el registro de aves

Recorrido	Localidad	Cobertura	Coordenadas iniciales		Coordenadas finales	
			Este	Norte	Este	Norte
Rec01	Nuevo Horizonte	Bosque de galería y/o ripario, cereales, pastos enmalezados y tejido urbano discontinuo	4792903,1	2119327,3	4792838,7	2119509,3
Rec02	Nuevo Horizonte	Bosque de galería y/o ripario, cereales, pastos enmalezados	4792325,4	2119414,3	4792900,2	2119303,4
Rec03	Nuevo Horizonte	Bosque de galería y/o ripario cereales, pastos	4793550,4	2120796,0	4791601,3	2120676,5
Rec04	Nuevo Horizonte	Bosque de galería y/o ripario cereales, pastos enmalezados	4792892,7	2119514,0	4793006,2	2119513,5
Rec05	Nuevo Horizonte	Bosque de galería y/o ripario, cereales	4792944,2	2119619,8	4792611,7	2119448,0
Rec06	Nuevo Horizonte	Bosque de galería y/o ripario, cereales, pastos enmalezados	4792776,5	2119530,5	4793114,6	2119260,8
Rec07	Nuevo Horizonte	Pastos arbolados, vegetación secundaria o en transición	4792928,1	2118325,7	4793041,0	2118219,1
Rec08	Nuevo Horizonte	Bosque de galería y/o ripario, cultivos permanentes, pastos enmalezados, vegetación secundaria o en transición	4793503,1	2118759,7	4793274,5	2118225,0
Rec09	San Antonio	Bosque de galería y/o ripario, Pastos arbolados, Pastos limpios	4788922,1	2123540,4	4788382,8	2123458,2
Rec10	San Felipe	Cereales, Vegetación secundaria o en transición	4788999,7	2123537,9	4789465,3	2123753,9
Rec11	San Antonio	Bosque de galería y/o ripario, Pastos limpios	4788543,0	2123101,7	4788835,1	2122620,5
Rec12	San Antonio	Bosque de galería y/o ripario, Pastos arbolados, Pastos limpios	4788887,5	2122647,1	4788981,9	2123456,2
Rec13	San Felipe	Bosque de galería y/o ripario	4789107,5	2123642,5	4789096,6	2123833,7

Recorrido	Localidad	Cobertura	Coordenadas iniciales		Coordenadas iniciales	
			Este	Norte	Este	Norte
Rec14	San Antonio	Bosque de galería y/o ripario, Pastos arbolados, Pastos limpios	4788914,6	2123371,8	4788674,8	2122908,6
Rec15	San Antonio	Bosque de galería y/o ripario, Pastos limpios,	4788609,1	2122506,0	4788901,3	2122672,5
Rec16	Fundadores	Cereales, Vegetación secundaria o en transición	4791289,9	2121177,6	4790873,6	2121238,5
Rec17	San Antonio	Bosque de galería y/o ripario, Cereales, Pastos enmalezados	4789215,6	2121336,0	4788814,2	2122017,8
Rec18	San Antonio	Bosque de galería y/o ripario, Cereales, Pastos arbolados	4789160,8	2121200,7	4789245,2	2121366,6
Rec19	San Antonio	Pastos enmalezados	4789582,7	2121106,2	4789830,7	2121210,7
Rec20	Fundadores	Bosque de galería y/o ripario, cereales, pastos enmalezados, vegetación secundaria o en transición	4790493,8	2120998,6	4790048,5	2120916,7
Rec21	La Lajosa	Bosque de galería y/o ripario	4793139,7	2120680,8	4793154,9	2120662,5
Rec22	Sector San Felipe La Ceiba	Bosque de galería y/o ripario	4788951,3	2124663,6	4789015,0	2124678,6
Rec23	La Esperanza - Santa Cecilia	Cereales, Pastos arbolados	4791877,8	2120471,1	4792526,9	2120281,9
Rec24	La Esperanza - Santa Cecilia	Bosque de galería y/o ripario, Cereales, Pastos arbolados	4792974,7	2120473,4	4793118,1	2120645,3
Rec25	La Esperanza - Santa Cecilia	Pastos arbolados, Vegetación secundaria o en transición	4792892,5	2119365,2	4792661,2	2119441,9
Rec26	La Esperanza - Santa Cecilia	Bosque de galería y/o ripario, Pastos arbolados, Vegetación secundaria o en transición	4793283,3	2120542,6	4791853,7	2119944,3
Rec27	La Esperanza	Cereales, Mosaico de cultivos	4788909,3	2124645,3	4788926,5	2124650,1

Recorrido	Localidad	Cobertura	Coordenadas iniciales		Coordenadas finales	
			Este	Norte	Este	Norte
	- Santa Cecilia					

Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024

Fotografía 2-30 Recorrido de observación de fauna No. 1



Coordenadas de origen nacional: E: 4792903,162
– N: 2119327,335

Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024

Fotografía 2-31 Recorrido de observación de fauna No. 9



Coordenadas de origen nacional: E: 4788922,186
– N: 2123540,494

Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024

En cuanto a los recorridos de observación, el esfuerzo de muestreo se presenta en términos de tiempo de realización de estos.

– Captura con redes de niebla

La captura de individuos se realizó utilizando redes de niebla de 12 x 3 m con un ojo de malla de 36 mm, ubicándolas estratégicamente en cada sitio evaluado, teniendo en cuenta zonas transicionales entre diferentes coberturas o que constituyeron ecotonos o donde se observó mayor afluencia o movimiento de individuos (ej. Bordes de bosques, cerca de cuerpos de agua, entre otros) a fin de tener mayores tasas de captura. El trabajo con redes se ejecutó entre las 5.30 y las 10.00 en la mañana y entre las 15.30 y 18.00 horas en la tarde, verificando cada 15 minutos la presencia de individuos (**Tabla 2-85** y **Fotografía 2-32**). Los individuos capturados fueron bajados manualmente y dispuestos en bolsas de tela para posteriormente identificarlos, medirlos, pesarlos y fotografiarlos, una vez realizado el proceso de identificación y toma de datos las aves capturadas se liberaron en el mismo sitio verificando que se encuentren en buen estado.

Tabla 2-85 Ubicación redes de niebla para la captura de aves

Puntos de Observación	Cobertura	Localidad	Coordenadas	
			Este	Norte
Red01	Bosque de galería y/o ripario	Nuevo Horizonte	4792949,4	2119625,8
Red02	Bosque de galería y/o ripario	Nuevo Horizonte	4792941,6	2119611,1
Red05	Bosque de galería y/o ripario	Nuevo Horizonte	4792941,4	2119605,6
Red06	Bosque de galería y/o ripario	Nuevo Horizonte	4792951,9	2119578,5
Red07	Bosque de galería y/o ripario	San Felipe	4793016,6	2119518,2
Red08	Bosque de galería y/o ripario	San Felipe	4793006,7	2119516,3
Red09	Bosque de galería y/o ripario	San Felipe	4789063,1	2123788,4
Red10	Bosque de galería y/o ripario	San Antonio	4789076,6	2123802,0
Red11	Bosque de galería y/o ripario	San Felipe	4789070,1	2123815,5
Red12	Bosque de galería y/o ripario	San Felipe	4789070,0	2123778,1
Red13	Bosque de galería y/o ripario	San Felipe	4789131,2	2124490,2
Red14	Bosque de galería y/o ripario	San Felipe	4789128,0	2124492,8
Red15	Bosque de galería y/o ripario	San Felipe	4789131,3	2124471,0
Red16	Bosque de galería y/o ripario	San Felipe	4789140,8	2124458,4
Red17	Pastos arbolados	La Esperanza - Santa Cecilia	4789066,4	2123762,6
Red18	Vegetación secundaria baja	La Esperanza - Santa Cecilia	4793098,1	2120666,5
Red19	Vegetación secundaria baja	La Esperanza - Santa Cecilia	4793094,8	2120655,4
Red20	Vegetación secundaria baja	La Esperanza - Santa Cecilia	4789065,2	2123758,1
Red21	Vegetación secundaria baja	La Esperanza - Santa Cecilia	4789131,2	2124490,2
Red22	Vegetación secundaria baja	La Esperanza - Santa Cecilia	4789128,0	2124492,8

Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024

Fotografía 2-32 Instalación de redes de niebla



Coordenadas origen nacional E: 4788922,186 – N:
2123540,494

Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024

Adicionalmente se realizaron tres (3) entrevistas con la comunidad aledaña a los hábitats, haciendo uso de libros de aves en la zona y sus nombres comunes usados en la región. Las entrevistas realizadas se pueden consultar en los anexos pertinentes a formatos de campo.

Con la intención de complementar información se realizaron en campo tres (3) entrevistas con la comunidad, como se muestra en la **Tabla 2-86** y **Fotografía 2-33**.

Tabla 2-86 Identificación de los sitios de entrevistas de aves

Puntos de entrevistas	Localidad	Cobertura	Coordenadas	
			Este	Norte
Entrevista01 Fernando Cristancho	Pastos arbolados	San Felipe	4788488,4	2123280,5
Entrevista02 Jaider Guevara	Bosque de galería y/o ripario	Sector San Felipe La Ceiba	4789119,7	2124493,7
Entrevista03 Eladio Virgüez	Pastos limpios	La Esperanza - Santa Cecilia	4793105,9	2120656,6

Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024

Fotografía 2-33 Entrevista con la comunidad



Coordenadas origen nacional: E: 4793105,9 – N: 2120656,6
Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024

El punto de observación se estableció haciendo uso de binoculares Jeddah 8x42, GPS Garmin etrex 30, cámara fotográfica Nikon P-510 32x, y los datos se registraron en formatos de campo. En estos puntos de observación se realizó registro fotográfico y grabación de cantos entre las 5.30 y las 10.00 en la mañana y entre las 15.30 y 18.00 en la tarde, entre el 19 y 24 de agosto de 2021. A continuación, en la **Tabla 2-87** se describe en detalle la ubicación de los puntos de observación.

Tabla 2-87 Ubicación de puntos de observación de aves

Puntos de Observación	Cobertura	Localidad	Coordenadas	
			Este	Norte
Pobs01	Pastos enmalezados	Nuevo Horizonte	4793050,1	2119254,1
Pobs02	Pastos arbolados	San Felipe	4788659,3	2123417,4
PObs03	Bosque de galería y/o ripario	San Antonio	4788868,0	2123027,8
PObs04	Pastos arbolados	La Esperanza - Santa Cecilia	4793105,9	2120656,6

Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024

Fotografía 2-34 Punto de observación de fauna No. 2, Hacienda San Felipe



Coordenadas origen nacional: E: 4788659,3 – N: 2123417,4
Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024

- **Mamíferos**

Los mamíferos representan un grupo con gran diversidad de hábitos, asociados a patrones de actividades, locomoción, uso de hábitat, tipo de alimentación que dificultan su localización y visualización (Vázquez & Ulloa, 1997). De acuerdo con estas dificultades se consideraron diferentes técnicas que avistamiento y capturas que permitieron ampliar la posibilidad de registros para este grupo; las especies de mamíferos voladores (murciélagos) se registraron a partir de la implementación de redes de niebla, se usaron trampas tipo Sherman para a captura de mamíferos no voladores pequeños (roedores y marsupiales), cámaras trampa y trampas Tomahawk para evidenciar mamíferos medianos y grandes (canidos, felinos, entre otros), recorridos libres de observación y entrevistas como método complementario.

- **Captura de pequeños y medianos mamíferos, Trampas Sherman y Tomahawk**

Para la observación de mamíferos pequeños no voladores, se instalaron entre 30 trampas Sherman de tamaño 23 x 7.5 x 8.5 cm, dispuestas a una distancia mínima de 10 metros entre sí en el interior de la cobertura objeto de estudio, estas se ubicaron a lo largo de transectos fuera de caminos, rutas u otras áreas de actividad humana (**Fotografía 2-35; Fotografía 2-36**) (Mills et al., 1998). La salida de campo se realizó entre el 24 de enero y 7 de febrero de 2024.

Fotografía 2-35 Preparación de Trampa Sherman para la captura de pequeños mamíferos



Coordenadas origen nacional: E 4793189,28; N 2119256,985
Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024

Fotografía 2-36 Medición individuos capturados mediante trampas Sherman



Coordenadas origen nacional : E 4793189,28; N 2119256,985
Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024

Cada trampa se georreferencio individualmente, registrando el número de la estación o unidad de cobertura vegetal (**Tabla 2-88**) (Mills et al., 1998). Las trampas se instalaron entre las 5:30 y 10:00 horas y se cebaron con mezcla de avena, maní y grasa animal en una proporción de 4:2:1 respectivamente (Voss & Emmons, 1996), adicionalmente se utilizaron plátano o banano (*Musa* sp). La revisión de las trampas en cada estación se efectuó en un periodo de 24 horas entre las 5:30 y las 10:00 horas (Ramírez & Pérez, 2007), y se cebaron cada 24 horas teniendo en cuenta las condiciones climáticas, completando un periodo de monitoreo de 3 días por cobertura. Los individuos capturados se guardaron en bolsas de tela para posterior medición. Una vez culminada esta labor, se procedió a liberar los individuos in situ.

Tabla 2-88 Ubicación trampas Sherman para la captura de mamíferos pequeños

Punto	CÓDIGO	COORDENADAS		ALT	Punto	CÓDIGO	COORDENADAS		ALT
		CTM12		(MSNM)			CTM12		(MSNM)
		E	N				E	N	
1	P1SH1	4793334,309	2118344,06	278,340393	3	P3SH16	4788574,87	2123501,86	370,689301
	P1SH2	4793328,712	2118323,838	291,334412		P3SH17	4788568,76	2123491,46	278,340393
	P1SH3	4793320,49	2118356,48	286,472992		P3SH18	4788566,88	2123471,59	291,334412
	P1SH4	4793319,889	2118376,821	285,857422		P3SH19	4788532,12	2123435,95	286,472992
	P1SH5	4793314,064	2118393,397	278,340393		P3SH20	4788512,08	2123441,46	285,857422
	P1SH6	4793229,097	2118438,334	291,334412		P3SH21	4788568,5	2123481,72	278,340393
	P1SH7	4793229,097	2118438,334	286,472992		P3SH22	4788566,15	2123458,76	291,334412
	P1SH8	4793223,29	2118425,461	285,857422		P3SH23	4788549,55	2123437,01	286,472992
	P1SH9	4793223,29	2118425,461	278,340393		P3SH24	4788562,34	2123447,12	285,857422
	P1SH10	4793225,508	2118408,349	291,334412		P3SH25	4788493,95	2123443,69	278,340393
	P1SH11	4793266,633	2118336,73	286,472992		P3SH26	4789027,84	2123553,27	291,334412
	P1SH12	4793281,776	2118316,319	285,857422		P3SH27	4789013,93	2123549,05	286,472992
	P1SH13	4793242,506	2118351,413	285,857422		P3SH28	4789020,79	2123550,54	285,857422

Punto	CÓDIGO	COORDENADAS		ALT	Punto	CÓDIGO	COORDENADAS		ALT
		CTM12		(MSNM)			CTM12		(MSNM)
		E	N				E	N	
	P1SH14	4793252,792	2118341,607	285,857422	4	P3SH29	4789035,03	2123559,17	285,857422
	P1SH15	4793270,308	2118325,516	285,857422		P3SH30	4789044,59	2123565,36	285,857422
	P1SH16	4793038,241	2118277,137	300,221985		P4SH1	4793489,84	2120651,08	323,49472
	P1SH17	4793032,806	2118290,561	278,340393		P4SH2	4793509,51	2120649,11	323,49472
	P1SH18	4793044,979	2118294,001	291,334412		P4SH3	4793524,05	2120635,28	303,745422
	P1SH19	4793047,44	2118306,411	286,472992		P4SH4	4793551,32	2120636,42	307,896423
	P1SH20	4793031,655	2118313,406	285,857422		P4SH5	4793516,07	2120643,25	278,340393
	P1SH21	4793143,218	2118159,762	281,798248		P4SH6	4793539,86	2120630,68	291,334412
	P1SH22	4793147,597	2118160,546	278,340393		P4SH7	4793497,38	2120649,67	286,472992
	P1SH23	4793147,597	2118160,546	291,334412		P4SH8	4793529,48	2120631,76	285,857422
	P1SH24	4793152,208	2118157,947	286,472992		P4SH9	4793560,74	2120639,41	278,340393
	P1SH25	4793154,146	2118153,577	285,857422		P4SH10	4793554,28	2120622,78	291,334412
	P1SH26	4793070,71	2118196,47	278,340393		P4SH11	4793518,25	2120543,4	286,472992
	P1SH27	4793061,36	2118205,99	291,334412		P4SH12	4793516,77	2120535,85	285,857422
	P1SH28	4793062,51	2118223,86	286,472992		P4SH13	4793517,24	2120529,5	278,340393
	P1SH29	4793062,11	2118216,11	285,857422		P4SH14	4793522,32	2120522,93	291,334412
	P1SH30	4793053,04	2118231,34	285,857422		P4SH15	4793531,31	2120519,72	286,472992
2	P2SH1	4793189,28	2119256,99	295,700195	P4SH16	4793533,64	2120504,22	285,857422	
	P2SH2	4793195,56	2119252,14	295,700195	P4SH17	4793531,54	2120489,83	278,340393	
	P2SH3	4793195,56	2119252,14	295,700195	P4SH18	4793522,4	2120548,12	291,334412	
	P2SH4	4793189,28	2119256,99	295,700195	P4SH19	4793528,1	2120552,19	286,472992	
	P2SH5	4793189,28	2119256,99	295,700195	P4SH20	4793532,23	2120511,93	285,857422	
	P2SH6	4793116,9	2119296,44	267,253815	P4SH21	4793434	2120712	303,745422	
	P2SH7	4793123,78	2119302,16	269,953217	P4SH22	4793436	2120717	307,896423	
	P2SH8	4793122,9	2119303,6	269,867859	P4SH23	4793439	2120723	278,340393	
	P2SH9	4793114,47	2119300,75	318,859589	P4SH24	4793454	2120742	291,334412	
	P2SH10	4793116,36	2119301,3	320,469971	P4SH25	4793442	2120726	286,472992	
	P2SH11	4793141,53	2119265,96	300,014282	P4SH26	4793446	2120730	285,857422	
	P2SH12	4793141,53	2119265,96	300,014282	P4SH27	4793448	2120734	278,340393	
	P2SH13	4793146,4	2119263,93	300,014282	P4SH28	4793450	2120738	291,334412	
	P2SH14	4793141,53	2119265,96	300,014282	P4SH29	4793461	2120741	286,472992	
	P2SH15	4793141,53	2119265,96	300,014282	P4SH30	4793468	2120743	286,472992	
	P2SH16	4793271,06	2119206,33	288,991913	5	P5SH1	4788950,44	2124655,53	278,340393
	P2SH17	4793278,19	2119209,29	288,991913		P5SH2	4788952,62	2124651,15	291,334412
	P2SH18	4793278,19	2119209,29	288,991913		P5SH3	4788955,03	2124646,97	286,472992
	P2SH19	4793284,08	2119207,74	288,991913		P5SH4	4788956,48	2124643,39	285,857422
	P2SH20	4793271,06	2119206,33	288,991913		P5SH5	4788947,55	2124669,06	278,340393

Punto	CÓDIGO	COORDENADAS		ALT	Punto	CÓDIGO	COORDENADAS		ALT
		CTM12		(MSNM)			CTM12		(MSNM)
		E	N				E	N	
	P2SH21	4793127,58	2119272,53	310,963165		P5SH6	4788947,77	2124664,3	291,334412
	P2SH22	4793139,2	2119284,59	310,963165		P5SH7	4788947,62	2124659,47	286,472992
	P2SH23	4793132,17	2119279,02	310,963165		P5SH8	4788959,09	2124639,38	285,857422
	P2SH24	4793132,17	2119279,02	310,963165		P5SH9	4788960,12	2124633,72	278,340393
	P2SH25	4793127,58	2119272,53	310,963165		P5SH10	4788962,42	2124627,51	291,334412
	P2SH26	4793102,34	2119322,79	305,414551		P5SH11	4788964,8	2124624,17	286,472992
	P2SH27	4793103,76	2119336,45	305,414551		P5SH12	4788964,8	2124624,17	285,857422
	P2SH28	4793096,42	2119331,99	305,414551		P5SH13	4788976,12	2124621,49	278,340393
	P2SH29	4793096,42	2119331,99	305,414551		P5SH14	4788980,97	2124620,29	291,334412
	P2SH30	4793102,34	2119322,79	305,414551		P5SH15	4788985,1	2124616,7	286,472992
3	P3SH1	4789030,1	2123751,37	376,906494	P5SH16	4788999,61	2124593,61	285,857422	
	P3SH2	4789047,16	2123760,64	278,340393	P5SH17	4789005,45	2124594,79	278,340393	
	P3SH3	4789035	2123751,62	291,334412	P5SH18	4789005,44	2124589,03	291,334412	
	P3SH4	4789040,11	2123754,05	286,472992	P5SH19	4789007,62	2124585,05	286,472992	
	P3SH5	4789040,1	2123760,21	285,857422	P5SH20	4789014,64	2124575,69	285,857422	
	P3SH6	4789044,03	2123774,1	373,099396	P5SH21	4789020,47	2124573,49	278,340393	
	P3SH7	4789047,17	2123767,34	278,340393	P5SH22	4789024,84	2124570,9	291,334412	
	P3SH8	4789045,75	2123779,66	291,334412	P5SH23	4788983,63	2124613,32	286,472992	
	P3SH9	4789048,4	2123771,51	286,472992	P5SH24	4788989,21	2124611,32	285,857422	
	P3SH10	4789051,73	2123776,6	285,857422	P5SH25	4788993,32	2124602,17	278,340393	
	P3SH11	4788653,18	2123483,39	278,340393	P5SH26	4788989,94	2124608,34	291,334412	
	P3SH12	4788647,19	2123471,6	291,334412	P5SH27	4789001,58	2124598,17	286,472992	
	P3SH13	4788647,19	2123471,6	286,472992	P5SH28	4789011,75	2124585,24	285,857422	
	P3SH14	4788628,43	2123458,44	285,857422	P5SH29	4789013,2	2124581,65	285,857422	
	P3SH15	4788678,73	2123488,88	285,857422	P5SH30	4789029,23	2124568,36	285,857422	

Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024

• Captura con redes de niebla

Para la captura de individuos se realizó una salida de campo entre el 24 de enero y el 7 de febrero de 2024, en ese lapso se emplearon seis (6) redes de 12 x 3 m con un ojo de malla de 36 mm **Tabla 2-89**, las cuales estuvieron activas entre las 16:00 hasta las 21:30 horas, con revisiones cada treinta (30) minutos en el transcurso de la noche. El monitoreo se efectuó durante tres (3) noches por punto de muestreo, abarcando distintos sectores y trasladando las redes cada día para aumentar la tasa de captura. Las redes se ubicaron al interior y en áreas abiertas para intentar cubrir posibles rutas de desplazamiento con el propósito de conseguir el mayor número posible de murciélagos (Ramírez & Pérez, 2007). Los ejemplares capturados se depositaron en bolsas de tela, registrando la hora de observación, coordenadas

y en algunos casos familia y/o género; posterior a esto se procedió la toma de medidas corporales, datos reproductivos y ecológicos.

Tabla 2-89 Ubicación redes de niebla para la captura de mamíferos voladores

PUNTO DE MUESTREO	CÓDIGO	COORDENADAS		ALTITUD
		Magna Sirgas Origen CTM12		(MSNM)
		E	N	
1	P1RN1	4793253,84	2118211,79	278,340393
	P1RN2	4793273,326	2118224,846	291,334412
	P1RN3	4793261,886	2118217,929	286,472992
	P1RN4	4793298,358	2118243,946	285,857422
	P1RN5	4793306,552	2118259,435	286,536774
	P1RN6	4793304,203	2118250,36	363,054382
2	P2RN1	4792999,605	2119511,342	295,700195
	P2RN2	4793003,482	2119505,576	267,253815
	P2RN3	4793006,135	2119497,618	269,953217
	P2RN4	4793028,373	2119450,322	269,867859
	P2RN5	4793038,075	2119444,336	318,859589
	P2RN6	4793050,219	2119437,74	320,469971
3	P3RN1	4789079,364	2123635,818	376,906494
	P3RN2	4789071,607	2123645,738	278,340393
	P3RN3	4789061,436	2123655,934	291,334412
	P3RN4	4789048,289	2123678,157	286,472992
	P3RN5	4789044,23	2123684,77	285,857422
	P3RN6	4789041,63	2123692,64	373,099396
4	P4RN1	4793499,54	2120767,25	285,857422
	P4RN2	4793501,46	2120758,9	278,340393
	P4RN3	4793502,3	2120752,35	291,334412
	P4RN4	4793494,52	2120733,94	286,472992
	P4RN5	4793502,49	2120738,7	285,857422
	P4RN6	4793486,63	2120727,84	278,340393
5	P5RN1	4788961,03	2124680,31	285,857422
	P5RN2	4788969,26	2124676,75	278,340393
	P5RN3	4788977,04	2124675,34	291,334412
	P5RN4	4788984,57	2124673,92	286,472992
	P5RN5	4788992,6	2124675,1	285,857422
	P5RN6	4789000,14	2124675,47	278,340393

Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024

Los especímenes capturados fueron medidos y fotografiados para su identificación taxonómica. Las variables morfológicas medidas para los mamíferos voladores son las siguientes: Largo total (LT), Largo cabeza-cuerpo (LCC), Largo cola (LC), largo pie (LP), Largo oreja (LO). Para mamíferos voladores se tomaron los siguientes datos: Medida del antebrazo (AB), Longitud tibia-pie (Lt), Longitud de la hoja nasal (LHN). Una vez culminada esta labor, se procedió a liberar los individuos in situ. (**Fotografía 2-37** y **Fotografía 2-38**).

Fotografía 2-37 Instalación de redes de niebla para la captura de murciélagos



Coordenadas origen nacional: E 4792999,605 N
2119511,342
Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024

Fotografía 2-38 Captura de murciélagos



Coordenadas origen nacional: E 4792999,605 N
2119511,342
Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024

- **Transectos de observación**

Entre el 24 de enero y el 7 de febrero de 2024, se realizaron recorridos (transectos) de duración y distancia variable, en compañía de un auxiliar de campo, con el fin de registrar todo avistamiento directo de mamíferos y todo rastro o evidencia indirecta tales como huellas, senderos, rasguños, heces, letrinas, comederos, madrigueras, hozaderos, restos óseos, entre otros (**Fotografía 2-39** y **Fotografía 2-40**). La información tomada en cada recorrido se consignó en el correspondiente formato de campo. (**Tabla 2-90**).

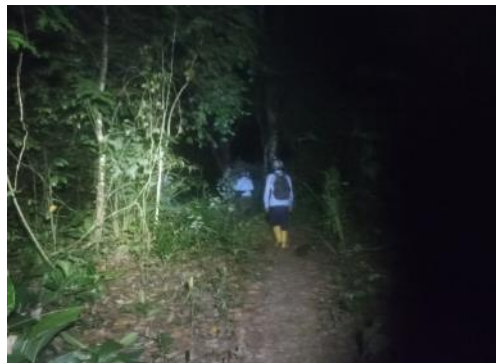
Fotografía 2-39 Transectos de observación diurnos



Coordenadas origen nacional: E 4793074,09-N
2119241,31

Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024

Fotografía 2-40 Transecto de observación nocturnos



Coordenadas origen nacional: E 4793187,13-N
2119292,8

Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024

Tabla 2-90 Ubicación recorridos de observación para el registro de mamíferos

PUNTO DE MUESTREO	TRANSECTO	COORDENADAS				COBERTURAS ASOCIADOS
		Magna Sirgas Origen CTM12				
		Coordenadas Iniciales		Coordenadas Finales		
		E	N	E	N	
P2	MTK1	4793074,09	2119241,31	4793058,96	2119263,64	Bosque de galería y/o ripario
	MTK2	4793307,24	2119188,93	4793307,38	2119162,63	Bosque de galería y/o ripario
	MTK3	4793019,91	2119277,42	4792935,39	2119354,81	Bosque de galería y/o ripario
	MTK4	4793187,13	2119292,8	4793041,37	2119263,17	Bosque de galería y/o ripario
	MTK5	4793047,24	2119262,11	4793258,65	2119273,6	Bosque de galería y/o ripario
	MTK5A	4793271,04	2119273,32	4793354,47	2119454,14	Pastos enmalezados
	MTK6	4793366,05	2119466,18	4793456,18	2119376,68	Vegetación secundaria alta
	MTK6A	4793459,05	2119368,17	4793035,07	2119264,32	Bosque de galería y/o ripario
	MTK7	4793054,92	2119254,05	4793039,7	2119261,23	Bosque de galería y/o ripario
	MTK7A	4793048,06	2119256,8	4793047,89	2119261,85	Bosque de galería y/o ripario
	MTK8	4793219,39	2119358,74	4793044,07	2119585,31	Pastos enmalezados
	MTK8A	4793037,57	2119599,22	4793042,49	2119263,89	Bosque de galería y/o ripario
P1	MTK9	4793344,34	2118302,3	4793348,23	2118339,95	Vegetación secundaria alta
	MTK9A	4793297,34	2118243,24	4793350,63	2118344,73	Vegetación secundaria alta
	MTK10	4792926,75	2118322,79	4792980,32	2118290,1	Vegetación secundaria alta
	MTK10A	4792986	2118285,16	4793186,98	2118113,46	Bosque de galería y/o ripario
	MTK10B	4793168,8	2118106,79	4793225,07	2117958,04	Pastos enmalezados
	MTK11	4793303,98	2118430,16	4793295,45	2118269,22	Vegetación secundaria alta
	MTK12	4792929,3	2118322,4	4792980,98	2118286,9	Vegetación secundaria alta
	MTK12A	4792986,61	2118284,24	4793206,01	2118095,56	Bosque de galería y/o ripario
	MTK12B	4793206,81	2118089,76	4793112,74	2118143,88	Pastos enmalezados

PUNTO DE MUESTREO	TRANSECTO	COORDENADAS				COBERTURAS ASOCIADOS
		Magna Sirgas Origen CTM12				
		Coordenadas Iniciales		Coordenadas Finales		
		E	N	E	N	
P3	MTK13	2123681,41	4789133,59	2123629,42	4789122,31	Bosque de galería y/o ripario
	MTK13A	2123652,53	4789044,81	2123669,48	4789023,8	Bosque de galería y/o ripario
	MTK13B	2123539,01	4789047,78	2123665,3	4788997,56	Vegetación secundaria alta
	MTK14	2123505,84	4789104,09	2123452,64	4789121,39	Pastos limpios
	MTK14A		4789140,5	2123632,67	4789119,73	Bosque de galería y/o ripario
	MTK15	2123633,96	4789132,32	2123628,2	4789137,65	Bosque de galería y/o ripario
	MTK15A	2123596,22	4789118,07	2123576,74	4789108,38	Pastos arbolados
	MTK16	2123578,47	4789075,15	2123586,03	4789062,65	Vegetación secundaria alta
	MTK17	2123742,33	4789005,4	2123742,27	4789013,54	Bosque de galería y/o ripario
	MTK17A	2123651,82	4789042,89	2123701,68	4789020,48	Bosque de galería y/o ripario
	MTK17B	2123629,31	4789118,97	2123629,69	4789134,68	Bosque de galería y/o ripario
	MTK17C	2122618,25	4788408,15	2122995,87	4788386,4	Pastos limpios
	MTK17D	2122882,32	4788420,33	2122603,45	4788676,7	Pastos limpios
	MTK17E	2123545,62	4788671,64	2122902,46	4788888,94	Pastos limpios
	MTK18	2123669,9	4789085,44	2123612,04	4789051,13	Vegetación secundaria alta
	MTK18A	2123558,35	4789031,49	2123739,32	4788687,52	Bosque de galería y/o ripario
	MTK18B	2123776,29	4788856,74	2123687,95	4789054,83	Bosque de galería y/o ripario
	MTK19	2123651,32	4789072,07	2123584,91	4789032,67	Vegetación secundaria alta
	MTK19A	2123880,11	4789007,12	2123740,92	4789090,25	Bosque de galería y/o ripario
P4	MTK20	4793071,39	2120488,03	4793319,11	2120485,15	Pastos arbolados
	MTK20A	4793310,95	2120488,43	4793408,06	2120406,92	Bosque de galería y/o ripario
	MTK20B	4793401,35	2120412,15	4793074,06	2120523,53	Pastos arbolados
	MTK23	4793044,38	2120474,98	4793385,37	2120549,06	Pastos arbolados
	MTK23A	4793392,39	2120547,45	4793487,61	2120733,99	Bosque de galería y/o ripario
	MTK23B	4793485,23	2120737,58	4793172,28	2120549,23	Vegetación secundaria alta
	MTK23C	4793025,14	2120503,63	4793390,09	2120617,58	Pastos arbolados
	MTK23D	4793398,43	2120622,91	4793192,04	2120298,86	Bosque de galería y/o ripario
	MTK23E	4793192,94	2120304,75	4793117,94	2120470,48	Pastos arbolados
	MTK24	4793019,51	2120506,83	4793182,67	2120632,24	Pastos arbolados
	MTK24A	4793186,99	2120632,78	4793502,1	2120746,85	Vegetación secundaria alta
	MTK24B	4793505,64	2120745,36	4793399,62	2120495,56	Bosque de galería y/o ripario
	MTK24C	4793393,59	2120493,84	4793015,83	2120500,4	Pastos arbolados
	MTK25	4793059,33	2120479,73	4793463,9	2120672,1	Pastos arbolados
	MTK25A	4793467,09	2120675,22	4793472,56	2120667,95	Bosque de galería y/o ripario
	MTK25B	4793468,68	2120664,86	4793062,48	2120477,55	Pastos arbolados
	MTK26	4793005,88	2120511,05	4793025,4	2120487,88	Pastos arbolados
	MTK27	4793008,11	2120484,43	4793381,75	2120536,42	Pastos arbolados
	MTK27A	4793384,09	2120530,91	4793272,57	2120455,71	Bosque de galería y/o ripario

PUNTO DE MUESTREO	TRANSECTO	COORDENADAS				COBERTURAS ASOCIADOS
		Magna Sirgas Origen CTM12				
		Coordenadas Iniciales		Coordenadas Finales		
		E	N	E	N	
	MTK27B	4793273,09	2120462,09	4793043,38	2120463,79	Pastos arbolados
	MTK28	4791842,85	2119959,25	4791846,62	2119949,78	Mosaico de cultivos
P5	MTK22	4788947,36	2124673,45	4788958,12	2124677,89	Bosque de galería y/o ripario
	MTK22A	4788949,49	2124673,7	4788958,14	2124677,93	Bosque de galería y/o ripario
	MTK22B	4789090	2124699,43	4789042,86	2124727,21	Pastos limpios
	MTK22C	4789344,06	2124732,84	4789296,59	2124723,25	Pastos limpios
TORRES	torres 1-2	4789128,92	2124468,28	4789219,56	2124552,94	Bosque de galería y/o ripario
	torres 1-2a	4789214,37	2124558,38	4789256,56	2124636,31	Zonas industriales
	torres 14-17	4789179,02	2121185,51	4789221,4	2121326,6	Pastos arbolados
	torres 14-17a	4789228,7	2121327,57	4789227,42	2121354,24	Bosque de galería y/o ripario
	torres 14-17b	4789227,83	2121359,26	4789046,21	2121632,46	Cereales
	torres 14-17c	4789051,81	2121632,84	4788857,74	2121944,59	Bosque de galería y/o ripario
	torres 14-17d	4788858,97	2121949,15	4788826,88	2121964,79	Pastos enmalezados
	torres 14-17e	4788822,49	2121959,64	4789008,97	2121782,72	Bosque de galería y/o ripario
	torres 14-17f	4789003,39	2121782,74	4789225,53	2121361,8	Cultivos transitorios
	torres 14-17g	4789220,8	2121363,85	4789216,21	2121335	Bosque de galería y/o ripario
	torres 14-17h	4789215,84	2121330,49	4789158,13	2121201,25	Pastos arbolados
	torres 7-3	4788855,53	2123818,25	4788858,72	2123973,83	Pastos limpios
	torres 7-3a	4788859,23	2123978,99	4788861,57	2124000,06	Vegetación secundaria alta
	torres 7-3b	4788865,12	2124000,02	4789053,53	2124273,63	Pastos limpios
	torres 7-3c	4789041,87	2124276,05	4789075,53	2124325,39	Bosque de galería y/o ripario
	torres 7-3d	4789082,11	2124331,04	4789120,29	2124415,83	Pastos limpios
	torres 8-13	4788402,87	2123257,51	4788395,99	2123176,83	Bosque de galería y/o ripario

Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024

• Cámaras trampa

Para la detección de mamíferos medianos y grandes, se instalaron 20 cámaras de rastreo sensibles al movimiento distribuidas en cada punto de muestreo (muestreo pasivo). Estas cámaras permiten el reconocimiento de animales grandes y medianos que son difíciles de observar directamente, por sus hábitos nocturnos o esquivos. La ubicación de las cámaras-trampa (**Tabla 2-91**, Fotografía 2-41 y Fotografía 2-42) se hizo atendiendo las recomendaciones de Díaz & Payán (2012, en (Payán Garrido et al., 2015)), y también aprovechando la presencia de rastros y evidencias indirectas de la actividad de mamíferos en los sitios de muestreo. La actividad se realizó entre el 24 de enero y el 7 de febrero de 2024.

Tabla 2-91 Ubicación cámaras trampa para el registro de mamíferos

PUNTO DE MUESTREO	CÓDIGO	COORDENADAS		ALTITUD
		Magna Sirgas Origen CTM12		(MSNM)
		E	N	
P2	CT1	4793319,392	2119178,818	286,247711
	CT2	4793404,214	2119213,249	286,247711
	CT3	4793414,076	2119250,036	300,694916
	CT4	4792984,764	2119568,559	311,9823
	CT5	4792854,279	2119414,157	315,47052
	CT6	4793402,407	2119431,155	321,400757
	CT7	4793182,473	2119281,107	322,680206
	CT8	4793207,452	2119214,038	294,785309
	CT9	4793370,603	2119473,808	397,612976
P4	CT10	4793678,78	2120233,577	285,055908
	CT11	4793534,588	2120809,005	285,055908
P1	CT12	4793239,272	2118447,923	285,055908
	CT13	4793302,571	2118410,147	285,055908
	CT14	4793335,725	2118371,142	286,536774
P3	CT15	4788493,928	2123455,325	286,536774
	CT16	4789086,88	2123610,35	363,054382
	CT17	4788982,892	2123736,611	363,164917
	CT18	4788919,529	2123697,526	363,164917
P5	CT19	4789234,233	2124469,139	363,164917
	CT20	4789047,375	2124675,952	363,164917

Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024

Fotografía 2-41 Instalación cámara trampa



Coordenadas origen nacional: E 4793534,588-N
2120809,005

Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024

Fotografía 2-42 Registro *Cerdocyon thous*



Coordenadas origen nacional: E 4793534,588-N
2120809,005

Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024

- **Entrevistas a la comunidad**

Como método complementario se realizaron entrevistas a la comunidad, estas se efectuaron a cualquier habitante de la zona con al menos 10 años de residencia en el área de estudio, se preguntó acerca de las especies de fauna silvestre observados recientemente, y los cambios que han observado en el tiempo con las poblaciones de fauna. La ubicación de las entrevistas realizadas se registra en la **Fotografía 2-43**. Dado que en inmediaciones al área de influencia físico-biótica-paisaje solo se hallaron eventualmente algunos trabajadores de los viveros aledaños dispuestos a realizar la encuesta, esta fuente de información se considera valiosa para el presente documento dado que aporta información adicional corroborable con la lista de especies potenciales, sin embargo, dado que en la zona de estudio hay pocos pobladores, no se logró un tamaño de muestra para realizar cálculos estadísticos de la percepción de la fauna por parte de los habitantes. Así las cosas, se tiene esta información adquirida como dato relevante para nutrir el documento más no para realizar tratamiento estadístico exclusivamente del mismo.

Fotografía 2-43 Entrevista realizada a la comunidad



Coordenadas origen nacional: E 4793074,09-N 2119241,31
Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024

Tabla 2-92 Ubicación de entrevistas realizadas a la comunidad para el registro de mamíferos

CÓDIGO	COORDENADAS		ALTITUD
	Magna Sirgas Origen CTM12		(MSNM)
	E	N	
Ec1	4793074,09	2119241,314	278,340393

Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024

2.3.2.2.6 Fase Pos-Campo

- **Análisis de la información**

Con la información colectada se elaboraron matrices primarias de datos basadas en los listados de especies. Para cada una de las especies se registró como mínimo la siguiente información: tipo de registro (observación, auditivo, captura, indicio, entrevista), y parámetros ecológicos (distribución altitudinal, dieta, hábitat, abundancia relativa, endemismo, rareza, vulnerabilidad, migración y uso).

Una vez se tomaron los datos de campo, se efectuó el análisis, depuración y manejo de la información agrupando cada taxón en una matriz con la siguiente información: rangos altitudinales, abundancias, uso e interacciones con las unidades vegetales, especies sensibles (endémicas, amenazadas, de valor comercial, migratorias, vedadas), principales cadenas tróficas y fuentes naturales de alimentación, como se describe a continuación:

- **Tratamiento taxonómico**

Para la asignación de nombres comunes y la respectiva clasificación taxonómica de las especies encontradas se siguieron los criterios más recientes encontrados en diferentes bases de datos: para los anfibios se utilizó la base de datos Amphibian Species of the World versión 6.0 (Frost, 2018) y Batrachia Colombia (BATRACHIA, 2020), para los reptiles se usaron los criterios taxonómicos de la base The Reptile Database (Uetz et al., 2021).

Para la avifauna registrada (residente y migratoria) se usó la "Guía de Aves de Colombia" (Hilty & Brown, 2001) y la Guía de aves del norte de Sur América "Birds of Northern South America: An Identification Guide" (Restall et al., 2007) para la asignación de nombres comunes, mientras que la asignación de nombres científicos se siguió la nomenclatura propuesta y más actualizada para la avifauna de Suramérica, realizada por la Unión americana de ornitología "American Ornithologists' Union (AOU)" Versión (01/03/2018) (Remsen et al., 2018).

Para la clasificación taxonómica de mastofauna se siguieron los criterios más recientes encontrados en diferentes bases de datos. Para los mamíferos, se utilizó la taxonomía propuesta por (Wilson & Reeder, 2005) y por Simmons (2005).

- **Abundancia relativa**

La abundancia relativa de cada grupo de fauna se entendió como el porcentaje de cada especie animal con respecto al total de los individuos capturados y observados. Así mismo, con el fin de hacer una aproximación al estado poblacional de las especies registradas, se

empleó rangos de abundancia según criterios utilizados por Parker para medir inventarios citado por Villareal et al (2006):

- Abundante: Registrada en todos los recorridos de observaciones y grabaciones dentro de hábitat apropiado en números mayores a dos individuos por km de recorrido.
- Común: Registrada en todos los recorridos dentro de hábitat apropiado en números menores a dos individuos por km. de recorrido.
- Poco común: Registrada no en todos los recorridos y menos de dos individuos por kilómetro de recorrido, pero registrado más de tres veces del total de muestreos.
- Rara: Registrada menos de tres veces durante todos los recorridos de muestreo.

- **Selección y uso de hábitat**

En cuanto a la asociación de los taxones con las unidades de cobertura vegetal, todas las especies se agruparon con base al tipo de unidad vegetal donde fueron registradas según el inventario florístico teniendo en cuenta las coberturas de la tierra definidas en la Corine Land Cover adaptada para Colombia (IDEAM, 2010).

Esto permitió la agrupación de todos los taxones evaluados con base al uso de las unidades de vegetación, donde se emplearon criterios de selección como sitios de refugio, alimentación, corredor de migración y concentración estacional. Así mismo, para las coberturas boscosas donde se presenta estructura vertical y horizontal, se determinó la distribución espacial, tanto horizontal (borde o interior) como vertical (estratos: sotobosque, medio o subdosel, dosel y emergente).

- **Esfuerzos de muestreo, representatividad y cálculos de diversidad**

Para obtener los cálculos de esfuerzos y representatividad de los muestreos, así como los índices de diversidad con las metodologías empleadas en los diferentes grupos estudiados, se siguió lo planteado en la **Tabla 2-93**.

Tabla 2-93 Cálculos de los análisis estadísticos para la fauna registrada en el EIA

ESFUERZO DE MUESTREO	
Recorridos de observación (Herpetos, Aves y Mamíferos)	$EM = h \cdot d$ Dónde: h= horas totales de detección visual/auditiva d= distancia total recorrida Éxito de captura: $E = (n/EM) \cdot 100$ Donde n es el número de observaciones o registros.
Capturas en redes de niebla (Aves y Mamíferos)	$EM = \sum R \times T$ Dónde: R= número de redes abiertas en cada sitio T= tiempo en horas en el que permanecieron abiertas las redes Éxito de captura: $E = (n/EM) \cdot 100$ Donde n es el número de individuos capturados en total.
Trampas Sherman y Tomahawk (Mamíferos)	$EM = t \cdot n$ Dónde: t= número de trampas activas n= número de noches de muestreo Éxito de captura: $E = (n/EM) \cdot 100$ Donde n es el número de individuos capturados.
Cámaras trampa (Mamíferos)	Esfuerzo de muestreo = horas totales X número de trampas cámaras activas
REPRESENTATIVIDAD DEL MUESTREO	

$E(S) = \sum 1 - \frac{(N - N_i)/n}{N/n}$ <p>Dónde:</p> <p>E (S)= número de especies encontradas en el tamaño n de muestra</p> <p>N= número total de individuos anuros, reptiles, aves o mamíferos en la muestra</p> <p>n= tamaño de muestra estandarizado</p> <p>Ni = número de individuos en la i-estima especie</p>	<p>Para determinar la representatividad de los muestreos realizados, se construyeron y graficaron curvas de rarefacción de interpolación y extrapolación para cada hábitat con el fin de conocer qué tan completos fueron los muestreos realizados usando el programa INEXT Online. La estimación de las curvas se basó en la serie de números de Hill o números efectivos de especies del orden q=0 que representa la diversidad verdadera considerando mayor peso a la riqueza de especies sobre la abundancia de estas a partir de la cobertura de muestreo; cuyos análisis se realizaron por medio de 50 aleatorizaciones de las muestras con un intervalo de confianza al 95%.</p>
<div> <div></div> <div> <div></div> <div></div> </div> </div> <div> <div></div> <div></div> </div>	
<p>Simpson:</p> $D = \frac{\sum_{i=1}^S n_i(n_i - 1)}{N(N - 1)}$ <p>Dónde:</p> <p>S = número de especies</p> <p>N = total de organismos presentes</p> <p>n = número de ejemplares por especie.</p>	<p>Shannon-Wiener:</p> $H' = -\sum p_i \ln p_i$ <p>Dónde:</p> <p>Pi = abundancia proporcional de la especie i</p> <p>El cálculo de estos índices correspondientes a la diversidad Alpha, se realizó con la ayuda del programa Past.</p>
<div> <div></div> <div> <div></div> <div></div> </div> </div> <div> <div></div> <div></div> </div>	
<p>Índice de Sorensen (Coeficiente de similitud-cuantitativo)</p> $I_{Scuant} = \frac{2pN}{aN + bN}$ <p>Donde,</p> <p>aN = número de individuos en el sitio A</p> <p>bN = número de individuos en el sitio B</p> <p>pN = sumatoria de la abundancia más baja de cada una de las especies compartidas por los dos sitios</p>	<p>Evaluada mediante la similitud entre coberturas y el grado de recambio de especies de una cobertura a otra.</p> <p>Para el primer caso, se realizó un análisis de conglomerados (Clúster Analysis) con base en el índice de Bray-Curtis o índice de Sorensen cuantitativo, el cual es bastante robusto y tiene en cuenta las bajas abundancias de las especies compartidas.</p> <p>Adicionalmente, para el cálculo de estos conglomerados mediante dicho índice, se utilizó el programa BioDiversity Pro.</p>

Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024

- Gremios tróficos

Para determinar las principales cadenas tróficas y fuentes naturales de alimentación de la fauna, se procedió a evaluar su estructura trófica, la cual hace referencia a las relaciones

alimenticias de los taxones de una comunidad que son determinados por el flujo de materia y energía en los ecosistemas.

Para la herpetofauna se usaron los criterios propuestos por Cobos & Ribas (1987 y Díaz-Páez & Ortiz (2003) (Díaz-Páez & Ortiz, 2003), agrupando las especies en cinco (5) gremios alimentarios (frugívoro, insectívoro, carnívoro, omnívoro y carroñero) de acuerdo con el nivel trófico (consumidor primario, secundario y terciario) y al tipo de alimento consumido.

Para la avifauna se utilizó una clasificación general de los gremios, determinando las dietas teniendo en cuenta la descripción de hábitos alimenticios propuestos por Stiles & Rosselli (1998). En tal caso, se definieron ocho (8) grupos tróficos con base en la disponibilidad de alimento y las necesidades fisiológicas de las especies: Insectívoros (I), aquellas especies que se alimentan principalmente de artrópodos y que pueden o no complementar su dieta con frutos. Herbívoro (H), especies que consumen preferiblemente hojas, rizomas y meristemos de las plantas. Frugívoros (F), las que se alimentan de frutos carnosos. Granívoros (G), especies que se alimentan de semillas. Carnívoros (C), las que se alimentan de animales que cazan activamente. Nectarívoro (N), especies que se alimentan del néctar de las flores. Carroñeros (CN), aves que se alimentan de animales muertos o en descomposición. Omnívoros (O), especies que tienen una dieta amplia incluyendo los hábitos antes descritos.

Para el grupo de mamíferos se empleó una clasificación general con base en los criterios propuestos por Jaksic, F. et al. en; Stiles & Rosselli (1998) y Pérez, G. et al., en; Stiles & Rosselli (1998), especies que se alimentan de Insectos (I: Insectívoro), de carne (C: Carnívoro), peces (Pis: Piscívoro), plantas (H: Herbívoro), frutas (F: Frugívoro), y los que consumen todas las anteriores (O: Omnívoro); para los mamíferos voladores se añaden otros dos gremios, los que consumen sangre (He: Hematófago), polen (Pol: Polínívoro) y néctar floral (N: Nectarívoro).

- **Especies con Vedas Nacionales**

En relación a las vedas nacionales fueron consultadas la Resolución No 574 de 1969 que establece la veda de la caza de algunas especies de la fauna silvestre, Resolución No 174 de 1970 por el cual se establece la veda de la caza de algunas especies de la fauna silvestre, Resolución No 530 de 1970 por la cual se veda la caza y el comercio de los productos de dos especies de la fauna silvestre, Resolución 0787 de junio 22 de 1977 que establece veda permanente en todo el territorio nacional para la caza deportiva de mamíferos, aves y reptiles de la fauna silvestre y Resolución No 848 de 1973 por medio de la cual se veda la caza de mamíferos silvestres del Orden Carnívoro.

- **Especies endémicas y casi endémicas**

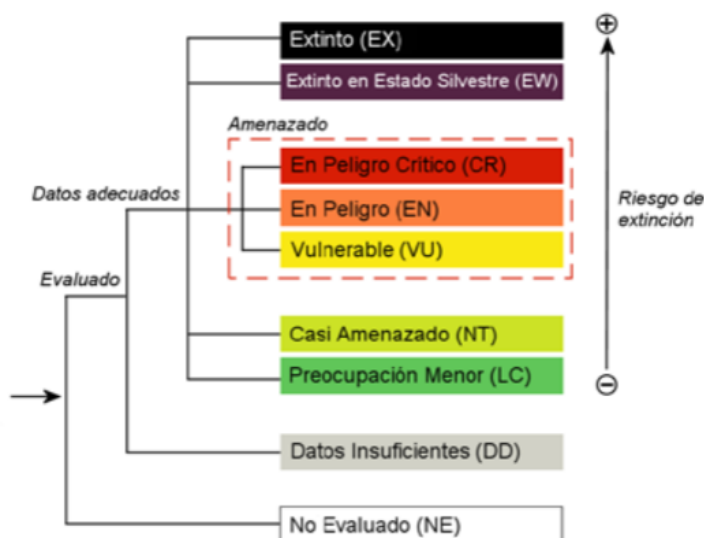
Para definir si una especie es endémica o casi endémica se consultó la distribución espacial de cada una, considerando como endémica aquella que limita su presencia a territorio colombiano o una región de éste y como casi-endémica cuando presenta la mitad o más de su distribución en Colombia, con extensiones menores hacia uno o más países vecinos. Siguiendo este postulado para herpetos se revisaron las distribuciones geográficas de mamíferos según Solari, Muñoz-Saba(2013) y Muñoz-Saba(2015), utilizando como complemento para las especies endémicas para todos los grupos de fauna, se establecieron de acuerdo al centro de endemismos y unidades biogeográficas en Colombia (Hernández-

Camacho, 1992). Adicionalmente, para las aves se revisó el listado de aves endémicas de Colombia elaborado por la SACC (South American Classification Committee) (Remsen, y otros, 2018) y la lista actual de aves endémicas y casi-endémicas registradas en el país (Chaparro-Herrera et al., 2013).

- **Especies amenazadas**

Los taxones amenazados de cada grupo taxonómico se determinaron según las categorías de amenazas establecidas a nivel nacional en la Resolución 0126 de 2024 (MADS, 2024) y las series de Libros Rojos de Especies Amenazadas de Colombia: Anfibios (Rueda-Almonacid, Lynch, & Amezquita, 2004), Reptiles (Morales, Lasso, Páez, & Castaño, 2015), Aves (Renjifo et al., 2014; Renjifo et al., 2016) y Mamíferos (Rodríguez-Mahecha et al., 2006). Igualmente, se revisó el estado de amenaza a nivel global con base en los criterios que se encuentran en la lista roja de especies amenazadas de la IUCN (IUCN, 2018). (**Figura 2-44**).

Figura 2-44 Estructura de las categorías definidas por la IUCN



Fuente: UICN VER 3.

También se tuvo en cuenta las especies incluidas en las resoluciones de vedas nacionales expedidas en su momento por el Instituto de los Recursos Naturales (INDERENA) y los taxones que son objeto de comercio encontrados en alguno de los apéndices de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES) para determinar su valor comercial (CITES, 2017).

- **Especies focales**

Para determinar las especies focales se tuvo en cuenta y adoptó la "Metodología para La selección de Especies focales" propuesta por Franco et al.(2009), la cual incluye una "Propuesta para la identificación de especies focales y sus ecosistemas", donde señala y establece unas pautas y prioridades de conservación basadas en criterios como la presencia en el área de estudio, el riesgo y amenazas de extinción que enfrentan a escala nacional, rango de distribución geográfica, especificidad de hábitat y los usos identificados de la especie (valor cultural o comercial).

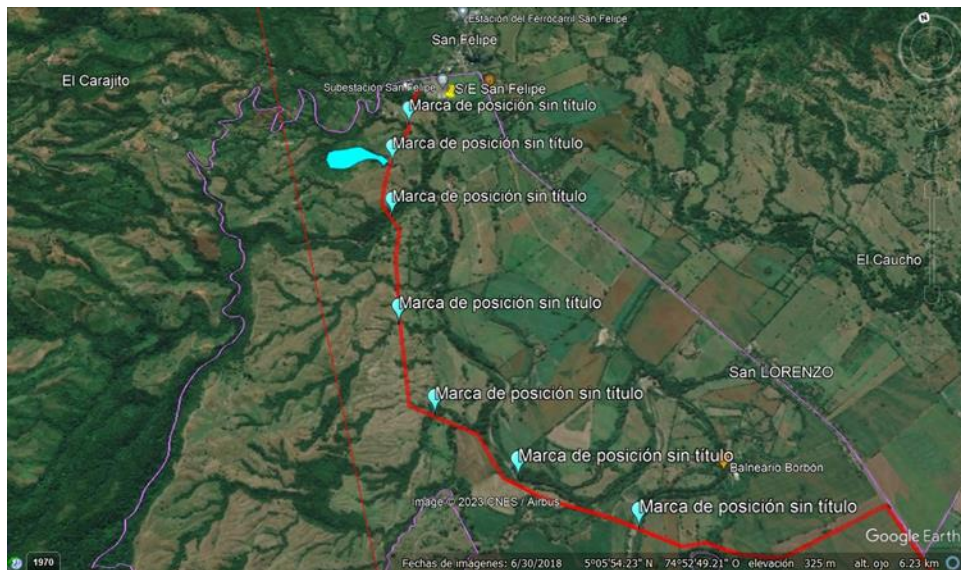
- **Especies migratorias**

Las especies migratorias de todos los grupos se definieron según el "Plan Nacional de Especies Migratorias" (Naranjo & Amaya, 2009). Igualmente, para las aves se usó la "Guía de las especies migratorias de la biodiversidad en Colombia" (Naranjo et al., 2012), en la que se encuentran establecidas tres (3) categorías de las especies que hacen su arribo al país: Invernantes No Reproductivas (INR), Invernantes con Poblaciones Reproductivas Permanentes (IPRP) e Invernantes con Poblaciones Reproductivas Ocasionales (IPRO); a cada taxón migratorio registrado se elaboró una ficha a partir de información secundaria de aspectos ecológicos y que incluyó principalmente lo siguiente: Mapa de distribución, amenazas, distribución global y nacional, época de migración en Colombia y rutas de migración que sigue la especie. Para la elaboración de cada una de las fichas, se consultó principalmente lo documentado por Naranjo et al. (2012) y las bases de datos de NeotropicalBirds (Birds, 2010) y la IUCN (IUCN, 2018). En los presentes monitoreos se revisaron, posterior a la debida determinación, cuales de las especies halladas/avistadas/capturadas se encontraban en alguna categoría migratoria.

2.3.2.2.7 Ecosistemas Acuáticos

Luego de llevar a cabo una exploración rápida de imágenes satelitales empleando la herramienta Google Earth 2023 e imágenes del 06 de junio de 2018, se identificó la presencia de cuerpos de agua lóticos y lénticos (**Figura 2-45**), a pesar de que inicialmente no fueron contemplados por la empresa en el área de influencia establecida, no obstante, en experiencias anteriores, por ronda hídrica se hace necesario contemplar los cuerpos de agua cercanos, aunado a lo anterior, se establecieron impactos asociados a las actividades inherentes al proyecto que puede llegar a los sistemas acuáticos por escorrentía (Área de influencia de trascendencia de impactos).

Figura 2-45 Puntos de cuerpos de agua lóticos y lénticos identificados.



Fuente: Google Earth 2023

Con base en lo anterior y de acuerdo con los términos de referencia para la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental para el parque solar Heliconia 60 MW se requiere la caracterización de la hidrobiota presente en estos sistemas acuáticos, siendo los componentes a monitorear en sistemas de aguas corrientes o lóticos: perifiton, macroinvertebrados bentónicos y peces, adicionalmente en sistemas de aguas lentas o lénticos: fitoplancton, zooplancton y macrófitas acuáticas; estos últimos, no están tan cercanos a la línea propuesta, siendo el único detectable correspondiente una madre vieja del río Guamo (**Figura 2-46**).

Para cumplir con los requisitos del EIA y garantizar una evaluación ambiental completa e integral, es necesario llevar a cabo la caracterización de estos cuerpos de agua presentes en el AI. Estamos comprometidos en asegurar que nuestro proyecto cumpla con los más altos estándares ambientales y regulatorios.

Figura 2-46 Madre vieja río Guamo.



Fuente: Google Earth 2023

Existen otros puntos que localizan sobre el trazado, que podría ser un cruce directo, a pesar de que la infraestructura pueda que no toque el río u otros cercanos a la línea (**Figura 2-47**), se debe monitorear para caracterizar el AI (**Figura 2-48**).

Figura 2-47 Cruce de drenaje por parte de la línea propuesta



Fuente: Google Earth 2023

Figura 2-48 Punto cercano río Guamo a la línea propuesta



Fuente: Google Earth 2023

2.3.2.2.8 Áreas protegidas, Ecosistemas Estratégicos, Áreas Sensibles y Estrategias de Conservación.

De acuerdo con lo contemplado en la metodología general para la elaboración y presentación de estudios ambientales, por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS) y La Autoridad Ambiental de Licencias Ambientales (ANLA) del 2018, para el presente proyecto "Estudio de Impacto Ambiental para el "Parque Solar Fotovoltaico Heliconia 60 MW y su línea de transmisión eléctrica a 115 kV hacia la Subestación San Felipe", se buscó identificar:

- Ecosistemas sensibles y estratégicos identificados en el ámbito local, regional, nacional, y/o internacional (p. e. humedales, páramos, manglares, bosques secos, arrecifes coralinos, pastos marinos, entre otros).
- Áreas sensibles y estratégicas identificadas en el ámbito local, regional, nacional, y/o internacional (p. e. zonas de recarga de acuíferos, rondas hídricas, entre otras).
- Áreas con prioridades de conservación contempladas por parte de Parques Nacionales Naturales de Colombia, dentro de las que se incluyen también las Zonas de protección y desarrollo de los recursos naturales renovables y del medio ambiente.
- Zonas declaradas y delimitadas por Minambiente. Es necesario verificar la vigencia de estas zonas; las zonas actualmente vigentes fueron declaradas mediante las Resoluciones 1628 de 2015 (prorrogada por la Resolución 1433 de 2017), 1814 de 2015 (prorrogada por la Resolución 2157 de 2017) y 705 de 2018.
- Áreas protegidas (de carácter público o privado) legalmente declaradas.
- Zonas amortiguadoras declaradas para las áreas protegidas del SPNN (en caso de que la hubiere) y zonas con función amortiguadora.
- Áreas de reserva forestal definidas por la Ley 2 de 1959 y sus reglamentaciones.

- Áreas con distinciones internacionales (estrategias complementarias para la conservación de la biodiversidad) y áreas con protección conferida por los instrumentos de ordenamiento o planificación del territorio y áreas de reglamentación especial (p. e. Sitios Ramsar, Reservas de Biósfera, AICA, Patrimonio de la Humanidad).

De acuerdo con lo anterior, para la identificación de las áreas protegidas, ecosistemas sensibles y estratégicos, se consultó la información a nivel internacional, nacional, regional y local en los principales geovisores ambientales como, TREMARCTOS, el Sistema de Información Ambiental de Colombia (SIAC), el geovisor de Parques Nacionales Naturales (PNN), con el fin de obtener información cartográfica de estas zonas cruzando con directa y el área de influencia del presente estudio.

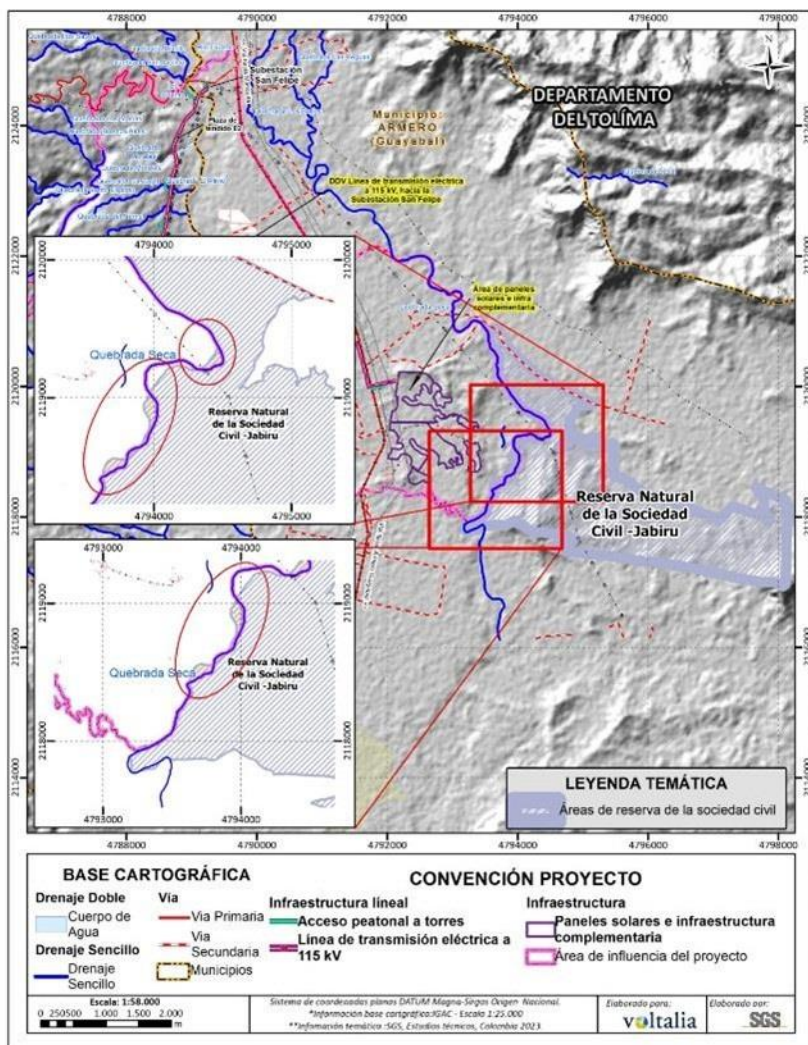
A nivel local se hizo revisión a la información contenida en los POT, EOT de los municipios Armero y Falan bajo la jurisdicción del departamento del Tolima, especialmente en su uso reglamentado y ecosistemas estratégicos, además de tener en cuenta uno de los principales Marcos del ordenamiento territorial consignado en el Decreto-Ley 2811 de 1974 (Codigo de Recursos Naturales), donde se definen una serie de Áreas de Manejo Especial (AME), que como áreas genéricas de ordenación permiten avanzar en la definición de objetivos de administración de recursos naturales. También se hizo revisión y se validó la información suministrada por el decreto 2372 de 2010, 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.

También se hizo revisión y se validó la información suministrada por el decreto 2372 de 2010, 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.

Las áreas protegidas en el ámbito nacional, regional y local, de carácter público o privado, fueron consultadas en el Registro Único Nacional de Áreas Protegidas (RUNAP), disponible en la plataforma de datos abiertos del SIAC. De igual forma, se validó la presencia de estas áreas en el geovisor de Parques Nacionales Naturales (PNN), también se consultó la plataforma de datos abiertos de la Corporación Autónoma Regional del Tolima (CAR) donde se encuentra la información cartográfica de áreas protegidas en su jurisdicción y también se formalizó la consulta con RESNATUR para identificar Reservas Naturales de la Sociedad Civil o reservas naturales privadas en el área de influencia biótica.

Como se menciona en el ítem 2.1.3 Solicitud de información a entidades, Tabla 2-1 (Relación de consultas y respuestas de solicitud de información ante autoridades competentes).de acuerdo con la respuesta de parque nacionales el área de la reserva se traslapa con el área de influencia del proyecto, para ello, se debe tener presente la diferencia de escala, ya que la escala con la que presentan la información es 1:100.000 y la escala manejada en el proyecto es 1:10.000. si se observa a detalle, el límite claro para la reserva es la quebrada la Seca y como se describe en líneas anteriores, se puede ver una pequeña área de la reserva dentro del área de influencia del proyecto, que corresponde al 0,96% del total del área de la reserva, es decir, que el 99,04% del área de la reserva esta fuera del AI del proyecto, sin embargo, el cuerpo de agua puede ser el límite de la reserva nacional de la sociedad civil (ver Figura 2-49)

Figura 2-49 Reserva Jaribú en el área de influencia físico-biótica paisaje



DDV: Servidumbre del proyecto
Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024

2.3.2.3 Medio Socioeconómico

En este ítem, se exponen de forma detallada los métodos y procedimientos implementados para la participación comunitaria, la recolección y caracterización de información correspondiente al medio socioeconómico del área de influencia del proyecto parque solar fotovoltaico Heliconia 60 MW y su línea de transmisión eléctrica a 115 kV hacia la Subestación San Felipe.

Para ello se tiene en cuenta la Metodología General para la Elaboración y Presentación de Estudios Ambientales , (2018) y los Términos de Referencia para la elaboración **DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PARA EL PROYECTO PARQUE SOLAR**

HELICONIA 60 MW Y SU LÍNEA DE TRANSMISIÓN ELÉCTRICA DE 115 kV emitidos por la Corporación Autónoma Regional del Tolima- CORTOLIMA (2023).

Se destaca que las metodologías se encuentran establecidas por los principios de participación e información a las comunidades; esto en el marco de la normativa ambiental y de participación vigente la cual se expone a continuación:

2.3.2.3.1 Lineamientos jurídicos en el marco de la participación ciudadana y medio Ambiente

Es importante mencionar que el proyecto se concibe como un proyecto de generación de energía mediante el uso de Fuentes No Convencionales de Energía Renovable (FNCER) incentivado por el gobierno colombiano a través de la Ley 1715 de 2014, la Ley 2099 de 2021 y demás normas del ordenamiento jurídico nacional que promueven la utilización de FNCER para generación de energía, como parte de las estrategias de política pública para la reducción de gases de efecto invernadero y en el marco de la transición energética de nuestro país.

- Política CONPES 4075

La política que se presenta diseña, articula, e implementa, estrategias intersectoriales que fomentan la transición energética, impulsando un crecimiento sostenible, eficiente, tecnológico, ambiental, y social. Esta política de transición energética plantea lineamientos y estrategias para incrementar la seguridad energética; incentivar el conocimiento y la innovación en transición energética; generar mayor competitividad y desarrollo económico desde el sector energético, y desarrollar un sistema energético con bajas emisiones de GEI en el marco de la realidad colombiana.

El artículo 8 de la Constitución Política de Colombia consagra como obligación del Estado y de las personas proteger las riquezas culturales y naturales de la Nación.

El artículo 79 ibidem elevó a rango constitucional la obligación que tiene el Estado de proteger el ambiente y el derecho que tienen todos los ciudadanos a gozar de un ambiente sano y de participar en las decisiones que puedan afectarlo. Así mismo establece que es deber del Estado proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación para el logro de estos fines.

El artículo 80 ibidem consagra como deber del Estado planificar el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales para garantizar el desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución y tomar las medidas necesarias de prevención y control de los factores de deterioro ambiental.

La Corte Constitucional ha dicho en reiteradas ocasiones que la participación ciudadana no se reduce al simple derecho al sufragio, por el contrario, existen diferentes métodos para promover el acercamiento de la ciudadanía con las decisiones que pueden llegar a afectar sus intereses individuales o colectivos, e igualmente, dichas circunstancias pueden variar de acuerdo con el grupo social o las materias puntuales en cada caso, sin embargo, cualquier mecanismo de participación tiene el objetivo de garantizar que las personas involucradas se

encuentren debidamente informadas de las acciones de la administración pública, o de las autoridades y contar con espacios para expresar sus puntos de vista, lo cual es consonante con la naturaleza pluralista e inclusiva del Estado colombiano. (Corte Constitucional, Sala Plena, sentencia C-065-21)

De igual forma, la Corte afirmó que una de las características intrínsecas de la justicia ambiental es la justicia participativa, ya que así se garantiza un proceso legal de discusión, información y convocatoria, para así llegar al objetivo de dialogo informado, donde se escuchen y entiendan las opiniones de las comunidades y que sean relevantes a la hora de tomar una decisión que pueda llegar a afectar al medio ambiente y, por ende, a las personas. (Corte Constitucional, Sala Plena, sentencia SU -123 del 2018)

No solo los altos tribunales en el orden nacional se han encargado de hablar acerca de la participación ciudadana en temas ambientales, en el ámbito internacional la Declaración de Principios de Río de Janeiro se ocupó de reglamentar el principio 10, relativo a la participación ciudadana, acceso a la información y justicia ambiental, siendo este uno de los principios que orienta las actuaciones de las autoridades ambientales y en general de todo el andamiaje participativo ambiental. (Organización de las Naciones Unidas, 1992)

Este principio se incorporó en el artículo 1 de la Ley 99 de 1993, con el fin de concretar el derecho a la participación ciudadana, creando a su vez el Sistema de Información Ambiental (SIAC) para la participación social en medio del desarrollo sostenible y garantizar la participación ciudadana en materia ambiental mediante audiencias públicas, consultas previas, participación en la evaluación de licencias, entre otros.

- **Métodos cualitativos y cuantitativos para la elaboración del medio socioeconómico**

Tabla 2-94 Métodos para la caracterización socioeconómica

Enfoque	
Cualitativo	La investigación cualitativa es un conjunto de técnicas que se utilizan para lograr una visión global del comportamiento y la percepción de las comunidades sobre un tema en particular. Crea imágenes, posibilidades e hipótesis que pueden ayudar a comprender cómo es percibida una situación por la población objetivo y ayuda a definir o identificar opciones relacionadas con esa situación o problema.
Nivel	
Descriptivo	Su intención es identificar y profundizar las características, propiedades, dimensiones y regularidades del fenómeno en estudio.
Técnicas de recolección de datos	
Revisión documental / archivos de registro	Este método usa documentos fiables preexistentes y fuentes de información similares a la fuente de datos menciona la información secundaria analizada.
Técnicas de recolección de datos	
Observación	Este método se caracteriza por no ser intrusivo y requiere evaluar el comportamiento del objeto de estudio por un tiempo continuo, sin

	intervenir. Esta actividad es realizada por los profesionales que estuvieron en territorio.
Fichas de caracterización veredal	Consiste en obtener datos directamente de los sujetos de estudio a fin de conseguir sus opiniones o sugerencias. Los cuestionarios y demás instrumentos de recolección de información fueron diseñados por la empresa SGS- y avalados por Voltalia.
Procesamiento de datos	
Análisis de contenido	Procesos y análisis de la sistematización partir de la información cuantitativa y cualitativa.

Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024.

2.3.2.3.2 Fase -Precampo

Previo a la realización de actividades en campo, se realizó la consulta de información secundaria para la caracterización de cada uno de los componentes del medio socioeconómico en lo que corresponde al nivel municipal. Para esto, se hizo la revisión de información disponible en portales web de instituciones, autoridades y entidades competentes, se realizó la revisión de fuentes oficiales tales como: Planes de desarrollo municipal, regional y nacional, esquemas de ordenamiento territorial-EOT, reportes del DANE entre otras consultas realizadas en páginas web oficiales. **Tabla 2-95.**

**Tabla 2-95 Información secundaria consultada para elaboración del Estudio de Impacto Ambiental-
Heliconia**

Fuente de información consultada	Enlace de la información y/o Página web
Esquema de Ordenamiento territorial 2020-2031	Anexos\Anexo2Generalidades\2.4 Información secundaria Anexo 2 Generalidades/ 2.4 Información secundaria/ Municipio de Falan. Anexos\Anexo2Generalidades\2.4 Información secundaria Anexo 2 Generalidades/ 2.4 Información secundaria/ Municipio de Armero Guayabal.
Esquema de Ordenamiento territorial Municipio de Guayabal -2004	
Plan de Desarrollo 2020-2023 Oportunidades para Todos- Armero Guayabal-Tolima. PLAN DE DESARROLLO MUNICIPAL - EL GOBIERNO DE LAS OPORTUNIDADES PARA TODOS - 2020 - 2023 Falan-Tolima	
Ficha Terridata Municipio de Armero - Guayabal 2023	https://terridata.blob.core.windows.net/fichas/Ficha_73055.pdf
Ficha Terridata Municipio de Falan 2023	https://terridata.blob.core.windows.net/fichas/Ficha_73270.pdf

Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024.

Radicación de oficios de solicitud de información a las dependencias de la Alcaldía de Armero Guayabal y Falan -Tolima.

Se realizó la solicitud de información mediante radicación de oficios ante entidades y autoridades. **Anexo 2 Generalidades/ 2.1 Correspondencia.** En la **Tabla 2-96** se detalla la información consultada por entidad y tipo de solicitud.

Tabla 2-96 Solicitud de información a entidad o dependencias municipales

Entidad o dependencia	Fecha de solicitud	Número de radicado	Tipo de solicitud
EMPRESA DE SERVICIOS PÚBLICOS DOMICILIARIOS DE ARMERO GUAYABAL S.A. E.S.P Y FALAN TOLIMA	18 de diciembre 2023	Falan: 077-19-12-2023 Armero-Mercedes Castro 18-12-2023	Características del acueducto urbano y acueductos rurales, las fuentes de abastecimiento, número de usuarios, costos del servicio y la infraestructura relacionada con este sistema (plantas de tratamiento, bocatomas, redes, tanques, etc.). Características del sistema de alcantarillado, infraestructura relacionada y número de usuarios. Características del servicio de recolección de residuos sólidos, infraestructura o equipos para la prestación del servicio, sitios de recolección y disposición, frecuencia y número de usuarios en el área rural y urbana.
SECRETARIA DE PLANEACIÓN E INFRAESTRUCTURA	18 de diciembre 2023	Armero 10180-10-12-2023 Falan 001525-18-12-2023	Certificado de las veredas, corregimientos y centros poblados definidos como unidad territorial que se encuentran dentro del área del proyecto se adjunta (KMZ y Shape) y cartografía oficial de la división política del municipio.
SECRETARIA DE GOBIERNO	18 de diciembre 2023	Armero- 10176-18-12- 2023 Falan- 001528-18-12-2023	Organizaciones Sociales, Juntas, Asociaciones, Gremios, Comités Económicos de carácter público y privado, tiempo de permanencia en la zona, programas y proyectos en ejecución y población beneficiada que hagan presencia a nivel general en el municipio y en las veredas Nuevo Horizonte, Paraíso, La Esperanza – Santa Cecilia, Fundadores y San Felipe.
SECRETARÍA DE GESTIÓN SOCIAL	18 de diciembre 2023	Falan- 001527-18-12- 2023	Infraestructura asociada a cultura y deporte en el municipio, grupos conformados, actividades y/o cursos que se estén llevando a cabo actualmente.
OFICINA DEL SISBEN MUNICIPAL	18 de diciembre 2023	Armero-10179-18-12-2023. Falan 001529-18-12-2023	Base de datos del SISBEN del municipio. En aras de proteger la reserva estadística de la población y el derecho a la confidencialidad de los datos de los ciudadanos colombianos, solicitamos muy comedidamente que la información sea entregada omitiendo las columnas de nombre, apellido, dirección y teléfono; ya que el objetivo es obtener información sobre variables que permitan desarrollar estadísticas referentes a demografía, condiciones de vida, economía, educación, etc.

Entidad o dependencia	Fecha de solicitud	Número de radicado	Tipo de solicitud
SECRETARÍA DE DESARROLLO AGROPECUARIO, MEDIO AMBIENTE Y GESTIÓN DEL RIESGO	18 de diciembre 2023	Armero 1077-18-12-2023 Falan 001526-18-12-2023	Actividades económicas predominantes en el municipio, cultivos principales, hectáreas por cultivo, número de cabezas de ganado y especies menores, redes de comercialización, cadenas productivas, presencia de empresas del sector primario, secundario y terciario, tipo de mano de obra en la zona y características de la estructura de la propiedad (minifundio, mediana propiedad o gran propiedad).
PERSONERÍA MUNICIPAL Armero Guayabal, Tolima	18 de diciembre 2023	Armero y Falan 206-12-2023	Tipos de conflictos presentes en el municipio, actores involucrados y formas de resolución.

Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024.

2.3.2.3.3 Fase de campo

✓ Identificación de las unidades territoriales de Análisis

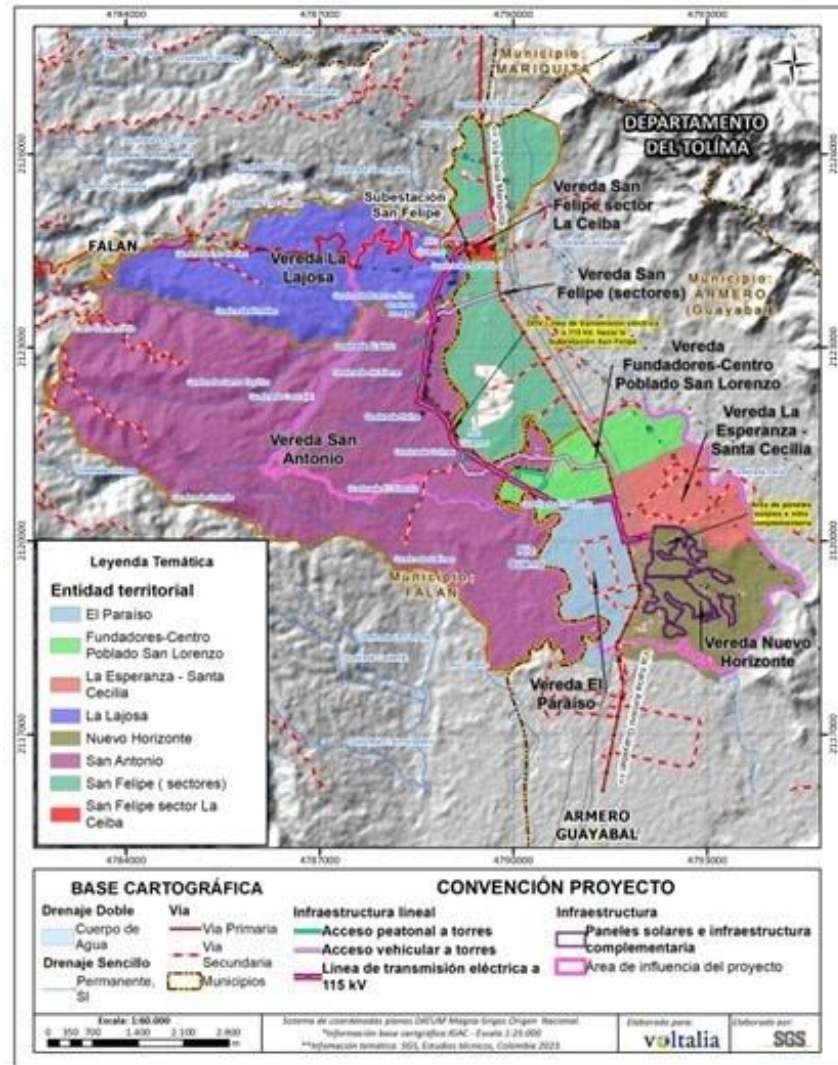
Las unidades territoriales para el medio socioeconómico están conformadas por las veredas y sectores identificados en el Área de influencia Socioeconómica. Las veredas identificadas como unidades territoriales del proyecto Parque solar Heliconia, de acuerdo con la plancha cartográfica de los EOT, IGAC, ESRI, son: las unidades territoriales: Nuevo Horizonte, El Paraíso, La Esperanza-Santa Cecilia, Fundadores-Centro Poblado San Lorenzo y San Felipe sectores (La Ceiba y Antiguo) del municipio de Armero Guayabal; vereda San Antonio y La Lajosa del municipio de Falan- Tolima (**Tabla 2-97** y **Figura 2-50**).

Tabla 2-97 Unidades territoriales EIA proyecto Heliconia

Municipio	Unidad territorial
Armero-Guayabal	Nuevo Horizonte
	El Paraíso
	La Esperanza -Santa Cecilia
	Fundadores-Centro Poblado San Lorenzo
	San Felipe sectores (La Ceiba y Antiguo)
Falan	San Antonio
	La Lajosa

Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024.

Figura 2-50 Área de influencia social



DDV: Servidumbre del proyecto
Fuente: SGS Colombia S.A.S, 2024

- Lineamientos de participación

Los lineamientos de participación y socialización con comunidades y autoridades, se realizó acorde con lo reglamentado en los Términos de Referencia para la elaboración **DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PARA EL PROYECTO PARQUE SOLAR HELICONIA 60 MW Y SU LÍNEA DE TRANSMISIÓN ELÉCTRICA DE 115 kV** emitidos por la Corporación Autónoma Regional del Tolima- CORTOLIMA reconociendo, los derechos constitucionales de participación ciudadana y a un ambiente sano.

Para el desarrollo de los lineamientos de participación se definió un plan de trabajo, el cual consta de tres momentos de participación y socialización. Es pertinente resaltar, que cada etapa contiene la siguiente información establecida para los tres momentos de socialización.

Existen diferentes etapas de acción en el ámbito de la participación ciudadana y el ejercicio de planificación, las cuales son transversales a los momentos ya mencionados, a continuación, se menciona las etapas del proceso de participación y socialización para los tres momentos de socialización con las comunidades

Etapas 1. Conocimiento previo del entorno: El propósito de esta etapa es prepararse para abordar a las instituciones y las comunidades estratégicamente, identificando las realidades ambientales y socioculturales de la zona y sus particularidades, adaptando así las etapas subsiguientes a estas características.

Etapas 2. Planeación Estratégica: Durante esta etapa se consolida y adapta la información obtenida en la etapa de conocimiento previo del entorno y se determina todo el desarrollo metodológico clave para que la etapa de implementación sea exitosa.

Etapas 3. Implementación del proceso de participación y socialización con actores sociales: En esta etapa se llevan a cabo todas las estrategias planeadas en las fases anteriores reduciendo la incertidumbre y previniendo posibles conflictos con los actores sociales, autoridades territoriales y/o la comunidad.

Etapas 4. Evaluación y análisis: Finalmente se realiza un análisis de resultados cualitativos y cuantitativos y se obtienen conclusiones en cuanto al proceso desarrollado.

Como soporte de los tres momentos de participación realizados se encuentran en los **Anexos\Anexo5LineaBase\5.3 MSE** los soportes de primer, segundo, tercer momento, actas de reunión, registro de asistencia, registro fotográfico, cartografía social, taller de impactos ambientales y materiales audiovisual utilizado.

✓ Reconocimiento y clasificación inicial de actores

Durante el trabajo de campo e indagación a las diferentes autoridades se establece el reconocimiento en territorio y se realiza la base de datos de los principales actores sociales identificados para la gestión e invitación realización de reuniones, caracterización del territorio; entre otros.

Tabla 2-98 Clasificación inicial de actores

Caracterización de actores			
Nombre del actor*	Cargo o rol que desempeña en su organización/comunidad/entidad	Correo Electronico	Teléfono de contacto: (Celular)*
Ferney Munevar	Alcalde Municipio de Falan	alcaldia@falan-tolima.gov.co	3215082872
Mauricio Cuellar Arias	alcalde Municipio de Armero-Guayabal	contactenos@armeroguayabal-tolima.gov.co	
Andrés Felipe Guzmán Padilla	Secretario de Planeación Armero	planeacion@armero-guayabal-tolima.gov.co	3102327185
Yessica acuña	Secretaria de Gobierno Municipio de Falan	secretariageneral@falan-tolima.gov.co	3204867092

Caracterización de actores			
Nombre del actor*	Cargo o rol que desempeña en su organización/comunidad/entidad	Correo Electronico	Teléfono de contacto: (Celular)*
Marlon Gonzales	Personero Municipio de Falan	personeria@falan-tolima.gov.co	3204252453
Luz Mora	Presidente JAC El Paraíso	Sin correo	3116886968
Campo Elias Ramos	Presidente JAC Fundadores-centro Poblado San Lorenzo	Sin correo	321 9991973
Maria Sanchez	Presidente JAC La Lajosa	Sin correo	321 9991973
Humberto Murcia	Presidente JAC Nuevo Horizonte	Sin correo	3203023544
Flor Maria Reina	Presidente JAC San Antonio	Sin correo	310 7386748
Ivan Olaya	Presidente JAC San Felipe-sectores	Sin correo	3165393184
Haner Arreano	Presidente JAC La Ceiba	Sin correo	312 4886407
Oswaldo Blandon	Presidente JAC La Esperanza-Santa Cecilia	Sin correo	313 2686629
Fgabian Barrero	Personero Municipio de Armero - Guayabal	contactenos@armeroguayabal-tolima.gov.co	3183308606
Carmen Amparo Ocampo	Representante Asojuntas-Armero	Sin correo	302 2096427
Osiris Ocampo-Maria Teresa	Movimientos Ambientales Falan	osorioo@ut.edu.co	3144548444
JOSE ANTONIO RODRIGUEZ BARRANTES	VISTA HERMOSA	Sin correo	3103442619 (Propietario)
GRACIELA VANEGAS CANTOR	Lo BRUJAS 1	Sin correo	3175974856 (Hermano Propietaria - Fidel Vanegas)
CARMEN ROCIO TRUJILLO GARCIA	LT 25A	Sin correo	Oficinas de Agrovar en Ibagué
CARMEN ROCIO TRUJILLO GARCIA	HACIENDA BORBON	Sin correo	Oficinas de Agrovar en Ibagué
SANTIAGO AGUILAR MURCIA	EL FUTURO	Sin correo	3208533060 (Propietario)
SANTIAGO AGUILAR MURCIA	HORIZONTE	Sin correo	3208533060 (Propietario)
JOSE MARIA RODRIGUEZ (Q.E.P.D.)	EL CALLEJON	Sin correo	3164489147 (Hermana y representante de la familia)
SANTIAGO OSORIO ALVAREZ (Y OTROS)	LOTE B	Sin correo	3228454556 (Maribel Lozano)
LORENS STEFANNY VASQUEZ LOZANO	GOLFO 1	Sin correo	3228454556 (Maribel Lozano)
GUILLERMO TRUJILLO BERNAL (Y OTROS)	LT B SAN CARLOS	Sin correo	3204953450 (Guillermo Trujillo)
LORENS STEFANNY VASQUEZ LOZANO (OTRO)	ALEJANDRIA	Sin correo	3228454556 (Maribel Lozano)

Caracterización de actores			
Nombre del actor*	Cargo o rol que desempeña en su organización/comunidad/entidad	Correo Electronico	Teléfono de contacto: (Celular)*
AGROVAR S.A.S.	EL ALIVIO	Sin correo	Oficinas de Agrovar en Ibagué
SOCIEDAD GANADERA EL PARAISO S.A.S	EL OCASO	Sin correo	3117649104 (Juliana Gomez - Abogada líder del proceso judicial)
EMPRESA DE ENERGIA DEL PACIFICO S.A. E.S.P	LOTE SUBESTACION SAN FELIPE	Sin correo	No registra
SOCIEDAD AVICOLA COLOMBIANA S.A	PLANTA DE INCUBACION AVICOLA COLOMBIANA	Sin correo	Oficinas de la Avicola en San Felipe (Vía Falan)
AGROISAMA CASTRO MURCIA Y CIA S EN C	HACIENDA EL COCO	Sin correo	3112369015 (Henry Castro)

Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024.

• Momentos del proceso de participación y socialización

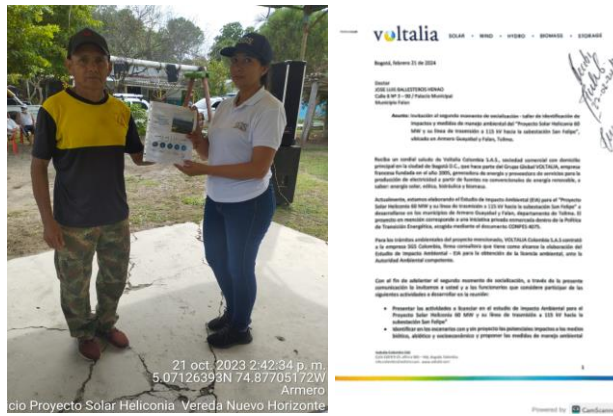
El proceso de socialización y participación se realizó con la finalidad de informar e involucrar a los actores presentes en el territorio y que directa o indirectamente puedan verse afectados por la ejecución del proyecto.

✓ Convocatorias

Durante los momentos de participación se adelantaron diferentes procesos de convocatorias, teniendo en cuenta que se identificó que las comunidades de la zona presentan un bajo interés por los procesos participativos, por tanto, se establecieron diferentes estrategias de participación, las cuales se nombran a continuación:

- **Acercamiento formal e informal.** Radicación de oficios de invitación a reuniones de socialización a presidentes de Juntas de Acción Comunal y funcionarios de las Alcaldías municipales. (**Fotografía 2-44**).

Fotografía 2-44 Entrega de oficios de invitación presencial



- **Afiches y volantes:** Publicación de afiches de invitación en lugares estratégicos en las unidades territoriales área de influencia del proyecto y entrega de volantes casa a casa en aras de incentivar y fortalecer la participación comunitaria a la asistencia de reuniones. (Fotografía 2-45 y Fotografía 2-46).

Fotografía 2-45 Ubicación de afiches de reunión



Fotografía 2-46 Entrega de volantes invitación a socialización



- **Reuniones de socialización.** La metodología presentada permitió a través de las diferentes reuniones, exponer el objetivo del Estudio de Impacto Ambiental, alcances, actividades a desarrollar durante las diferentes fases de desarrollo del proyecto y requisitos legales para adquirir la Licencia ambiental, y de esta forma, sentar las bases para futuras relaciones con los pobladores y autoridades de la zona donde se realizará el proyecto. Además, se organizaron los aspectos logísticos previos a cada encuentro, los formatos, bases de datos, presentaciones en Power Point ajustadas según requerimientos de la población, apoyo audiovisual y actas necesarias. (Fotografía 2-47).

Fotografía 2-47 Reuniones de socialización con comunidades



Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024


2.3.2.3.4 Aplicación de instrumentos para recolectar información.

Los instrumentos de recolección de información principalmente fueron: las fichas de caracterización veredal, fichas de caracterización predial, cartografía social y matrices de taller de impactos ambientales.

- **Ficha de caracterización veredal:**

Se realizó el diseño de una ficha de caracterización veredal con la que se pudiese recoger la información necesaria para la caracterización de la población asentada en el área de influencia socioeconómica previamente definida. En dicha ficha de caracterización se abordaron temas como: características de la población, acceso a servicios públicos y sociales, fuentes de economía principales y organización comunitaria, entre otros, las cuales son de insumo para describir y conocer las condiciones actuales del territorio y el sentir de las comunidades. Las fichas se diligenciaron con el 100% de las unidades territoriales; **Anexos\Anexo5LineaBase\5.3 MSE. (Fotografía 2-48).**

Fotografía 2-48 Diligenciamiento de ficha de caracterización veredal



22 oct. 2023 8:27:27 a. m.
5.07107354N 74.8772698W
Almora
Caracterización
Vereda Nuevo Horizonte Parque Solar Heliconia

INFORMACIÓN DEMOGRÁFICA Y CULTURAL			
Ficha Veredal: NUEVO HORIZONTE			
Fecha:	22	10	2023
Región:	AMERICO-QUILLAS, TOLIMA		
Nombre del proyecto:	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PARA EL PARQUE SOLAR HELICONIA		
Código DANE:	1		
LOCALIZACIÓN DE LA UNIDAD TERRITORIAL - UTE			
1. Departamento:	TOLIMA	2. Corregimiento:	NO TIENE
3. Municipio:	AMERICO-QUILLAS	4. Tenencia:	NUEVO HORIZONTE
5. Correo Postal:	NO TIENE		
6. Barrio:	NO TIENE		
Recuerde copiar los indicadores para cada proyecto. No debe dejar espacios en blanco. Especificar: No aplica: NA, Sin información: SI, No responde: NR			
COMPONENTE DEMOGRÁFICO			
8. Género de la unidad (para las unidades de propiedad):	1.1. Género de la unidad de propiedad de propiedad		
Nombre:	1.1.1. Género de la unidad de propiedad de propiedad		
Ida:	1.1.2. Género de la unidad de propiedad de propiedad		
Em:	1.1.3. Género de la unidad de propiedad de propiedad		
Dom:	1.1.4. Género de la unidad de propiedad de propiedad		
9. Pertenencia territorial (¿Cómo se llama la vereda?, aldea del barrio, parroquia parroquia, finca, hacienda, cabecera o aldea o la zona de influencia, etc., según)			

Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024

- Fichas prediales

Fotografía 2-49 Fichas prediales



Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024

- Primer momento de socialización:

Consistió en informar a las autoridades y actores institucionales y a la comunidad en general de las unidades territoriales definidas como área de influencia social, acerca de las características técnicas, actividades y alcance del proyecto y del Estudio de Impacto Ambiental a desarrollar. Posterior a la realización de este momento se llevó cabo el

diligenciamiento de la ficha de caracterización veredal, trabajo de campo con observación participante y registro fotográfico del territorio. (Tabla 2-99).

Tabla 2-99 Cronograma primer momento de socialización EIA Parque solar Heliconia

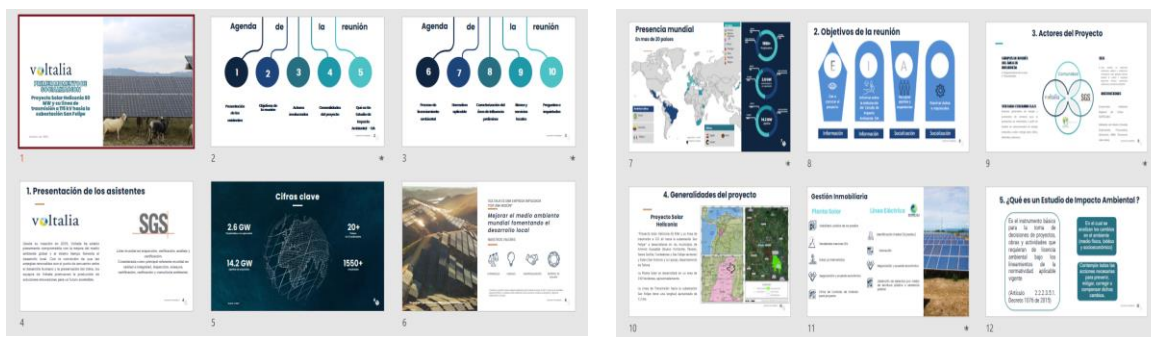
Fecha	Autoridad/comunidad	Hora y lugar
19 de octubre 2023	Alcaldía Municipio de Falan	9.00 Am Despacho de la Alcaldía
20 de octubre 2023	Alcaldía Municipio de Armero Guayabal	9.00 Am Despacho de la Alcaldía
21 de octubre 2023	Unidad Territorial El Paraíso	4.00 pm Casa de la presidenta de la JAC
21 de octubre 2023	Unidad Territorial La Esperanza Santa Cecilia	6.00 pm Casa de presidente de JAC
21 de octubre 2023	Unidad Territorial Nuevo Horizonte	1.00 Pm Parque principal vereda
22 de octubre 2023	Unidad Territoriales Fundadores- Centro Poblado San Lorenzo	2:00 Pm Casa de la presidenta de la JAC
	Unidad territorial San Antonio	
	Unidad territorial La Lajosa	

Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024.

- Presentación magistral

Se realizó presentación del proyecto mediante diapositivas a la comunidad resaltando las actividades a realizar para la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental Parque solar Heliconia. **Anexos\Anexo5LineaBase\5.3 MSE / Primer momento/ presentación. (Figura 2-51).**

Figura 2-51 Presentación de primer momento EIA Parque Solar Heliconia



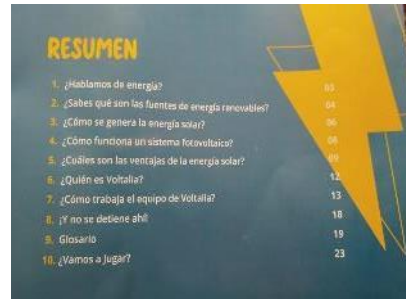
Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024.

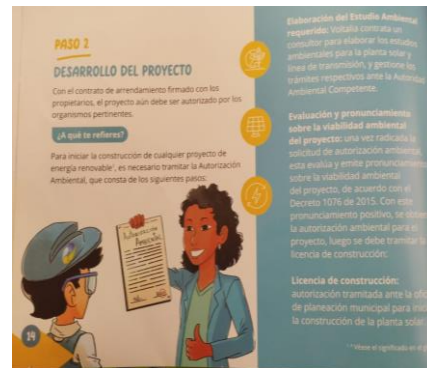
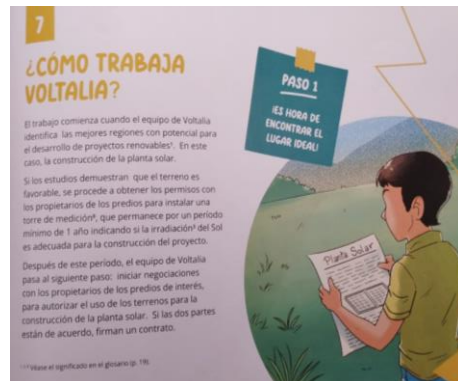
Como parte del proceso de socialización primer momento se realizó entrega a los actores participantes de una cartilla ilustrativa donde se presenta:

- ✓ Que son las fuentes de energía renovables
- ✓ Cómo se genera la energía solar
- ✓ Cómo funciona un sistema fotovoltaico
- ✓ Cuáles son las ventajas de la energía solar
- ✓ Quién es Voltalia
- ✓ Como trabaja el equipo Voltalia
- ✓ Los pasos desde Voltalia para construir un Parque Solar.

En la siguiente **Fotografía 2-50** y **Fotografía 2-51** se evidencia algunos flyer del contenido de la cartilla el cual se entregó a las comunidades del área de influencia durante la socialización de primer momento.

Fotografía 2-50 Cartilla informativa conceptos energía y Parque Solar





Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024.

Fotografía 2-51 Entrega de cartilla informativa conceptos energías renovables



Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024.

○ **Segundo momento de socialización - taller de identificación de impactos y medidas de manejo:**

En este espacio se informó a los actores involucrados sobre las particularidades del proyecto etapas y actividades principales, con el fin de involucrar a la comunidad en procesos participativos de construcción de conocimiento y en la identificación de impactos ambientales actuales y potenciales a presentarse durante las diferentes fases del proyecto y las medidas de manejo propuestas.

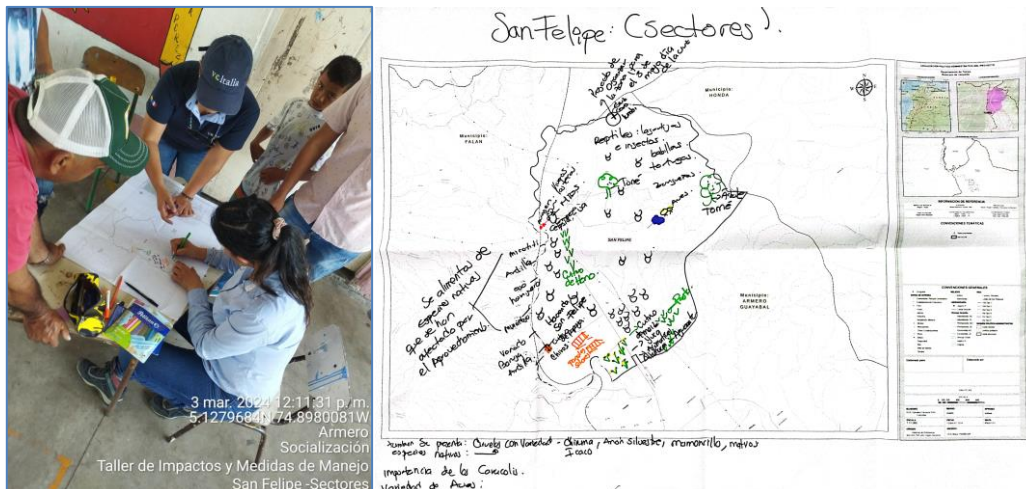
Durante este momento se realizó el ejercicio de cartografía social y el taller de identificación de impactos ambientales en el escenario sin y con proyecto.

Cartografía social: a partir de la creación en conjunto con la comunidad y partiendo de la investigación acción participativa IAP, como método de diagnóstico a la problemática social, se buscó lograr identificar a partir de diferentes perspectivas la descripción de la realidad social teniendo en todo momento la participación de todas las partes implicadas.

El ejercicio de cartografía social se realizó con el fin de identificar a partir de diferentes perspectivas la descripción de la realidad social del territorio, con participación de la comunidad, en este ejercicio se identificaron sitios interés ambiental, cultural, actividades económicas, especies de fauna importantes, infraestructura social y validación de límites de las unidades territoriales.

Así mismo es importante resaltar que en la cartografía social se mencionaba la infraestructura del proyecto a implementar como (torres de energía o área de parque), esto permitió a la comunidad tener un panorama claro de ubicación del territorio al momento de identificación de los impactos ambientales (**Fotografía 2-52**).

Fotografía 2-52 Cartografía social



Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024

De otra parte, se realizó el diligenciamiento de las **matrices de identificación de impactos ambientales** y medidas de manejo.

Fotografía 2-53 Diligenciamiento de matrices de identificación de impactos.



Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024

- **Tercer momento de Socialización de resultados del EIA:** El objetivo de este momento fue socializar los resultados del estudio de impacto ambiental parque solar Heliconia con los actores sociales presentes a lo largo del proceso.

2.1.1.1.4 Registro fotográfico y georreferenciación

Así mismo se realizó georreferenciaron a través de la toma de puntos mediante coordenadas Planas Magna Sirgas Origen Nacional de la infraestructura social territorial con el fin de establecer la ubicación de estas respecto a la implantación de las obras del proyecto Parque Solar Heliconia.

Fotografía 2-54 Georreferenciación de sitios de importancia en los territorios.



Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024

2.3.2.3.5 Fase post- campo

Una vez se contó con toda la información recolectada en la fase Pre-campo, y campo, se organiza sistematiza en aras de elaborar los documentos finales de acuerdo con los términos de referencia y componentes de los diferentes medios económicos, a través de bases de datos, procesamiento de información, análisis cuantitativo y cualitativo y lecturas fotográficas.

2.3.2.4 Paisaje

El paisaje se entiende como el conjunto de fenómenos naturales y culturales percibidos por la población en un territorio específico, que en conjunto componen un sistema de relaciones de procesos encadenados, conformados por volúmenes, colores, olores, entre otros (Santos & Ganges, 2003⁴³). De esta manera, el paisaje compone una porción del espacio geográfico, que posee diversas características producto de procesos sistémicos entre los elementos como: el clima, la geomorfología, hidrología, suelos, vegetación y actividades antrópicas (Etter, 1991⁴⁴).

En este sentido, el paisaje es la expresión visible y perceptible de los procesos espaciales resultantes de la interacción de los elementos transformadores sobre un área específica, y, por tanto, su análisis se debe enfocar en el reconocimiento de dichos procesos y su implicación en la percepción.

Para la caracterización del componente de paisaje, al interior del área de influencia físico-biótica del proyecto se tuvo en cuenta los Términos de referencia Específicos para la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental para el proyecto Parque Solar Heliconia 60 MW y su línea de transmisión eléctrica de 115 kV emitidos por CORTOLIMA. También se tuvo en cuenta la Metodología General para la Presentación de Estudios Ambientales establecida

⁴³ Santos & Ganges, Luis. 2003. Las nociones de paisaje y sus implicaciones en la ordenación. Ciudades: Revista del Instituto Universitario de Urbanística de la Universidad de Valladolid. 7:41-68

⁴⁴ Etter, A (1991) Ecología del paisaje. Un marco de Integración de los Levantamientos Ecológicos. Bogotá.

mediante Resolución No. 1402 del 25 de julio de 2018; o aquellos que los modifiquen o sustituyan.

- **Fase Pre-Campo**

Se realizó una revisión preliminar del área de influencia del proyecto, con el propósito de identificar atributos visuales que podrían constituir sitios de interés paisajísticos de tipo natural y/o cultural mediante la revisión de imágenes de satélite disponibles en Google Earth y las Imágenes Satelitales de apoyo del proyecto, con las cuales fue posible identificar la presencia de viviendas, vías, centros poblados, caminos y/o cualquier punto de observación, donde se pudieran tomar puntos de control para el componente de paisaje en la fase de campo.

- **Fase de Campo**

En la fase de campo se realizó la recolección de información correspondiente a la identificación de sitios de interés paisajístico, puntos de observación y realización de entrevistas semiestructuradas de percepción social del paisaje.

De acuerdo con las labores realizadas, se ejecutaron entrevistas de percepción social del paisaje en la totalidad del área, obteniendo así un resultado uniforme en lo atinente a la valoración y características del paisaje. Con ocasión a los puntos de observación, se realizaron recorridos durante la fase de campo, permitiendo evidenciar un entorno con presencia de coberturas boscosas y espacios naturales. De igual manera se evidenció la transformación del entorno de cara a actividades productivas ligadas a la agricultura y la ganadería.

En cuanto a los sitios de interés, se visitaron aquellos sitios reconocidos por la población residente y/o turista mediante los recorridos al interior del área de influencia. De manera seguida se categorizan entre sitios de interés de tipo natural y sitios de interés de tipo cultural y/o histórico. De acuerdo con la información recolectada se evidencia el alto número de espacios recreativos como: escuelas, canchas, polideportivos, entre otros.

- **Fase Post Campo**

Durante esta fase se compiló la información recolectada en la fase de campo referente a la percepción social del paisaje y sitios de interés paisajístico, además se procedió a realizar la valoración de las unidades de paisaje identificadas en el área de influencia del proyecto en relación con visibilidad, calidad visual, fragilidad visual, atractivo escénico, nivel de interés, integridad escénica, elementos discordantes, tamaño de la discordancia y correspondencia cromática.

- **Identificación de las Unidades de Paisaje**

Las unidades de paisaje (en adelante, UP) son definidas como porciones del territorio con un mismo carácter paisajístico (MADS, 2010), para el área de influencia del presente proyecto las UP se identificaron mediante la superposición cartográfica entre la capa resultante del mapa de coberturas de la tierra identificadas a través de la Metodología CORINE Land Cover, adaptada para Colombia a escala 1:100.000 y la capa de geomorfología del área de influencia del proyecto, dicho procedimiento se desarrolló mediante el Software Arc Gis Versión 10.5, la

capa resultante de este cruce genera el mapa de unidades de paisaje, una vez se contó con este se procedió a evaluar los criterios visuales tal como se presenta a continuación.

- **Elementos del paisaje**

Los elementos del paisaje corresponden a la agrupación de las variables que se expresan en un territorio, por ejemplo, las coberturas vegetales. Para cada uno de los casos, la matriz corresponde a la cobertura que demuestra mayor conexión entre sí. Los parches corresponden a áreas no lineales relativamente homogéneas y los corredores se entenderán como franjas angostas de vegetación que se encuentran conectados (Forman y Gordon, 1986)⁴⁵

- **Análisis de visibilidad**

El paisaje es un elemento indispensable para la sociedad que lo percibe, y cualquier modificación de este afecta de manera directa al observador. Es importante mencionar el paisaje como un recurso natural, valorable no solo en términos visuales, sino también a través de la actividad que puedan aprovecharlo, lo cual ha tenido gran importancia social a través de los años. Es importante establecer que esta evaluación es un proceso complejo, que depende de diversos factores y que no está delimitado con claridad (Machado, 2015).

Es por lo anterior, que para el presente estudio se realiza la determinación de las cuencas visuales del paisaje a partir de dos tipos de observadores del paisaje: los fijos (puntos de observación asociados con viviendas, infraestructura social y/o escuelas al interior del área de influencia que pudieran tener observación de tipo directa de las obras y/o actividades del proyecto) y los móviles (correspondientes a vías de tránsito ya que permiten determinar los observadores fluctuantes y de tránsito en el territorio, la selección de éstos puntos se realizó de manera aleatoria al interior del área de influencia físico biótica del proyecto).

- **Criterios visuales**

Los criterios visuales se definen como el conjunto de rasgos o componentes que caracterizan visualmente un paisaje y que pueden ser utilizadas para su análisis y diferenciación (Smardon, 1986). Estos atributos se determinaron desde el punto de observación del espectador, hasta el punto de visibilidad del objeto de estudio. Es decir que se determinó qué tan lejano se encontró el punto de observación definiendo los siguientes criterios: plano cercano, plano medio y plano lejano.

Estos criterios visuales incluyeron: calidad visual, fragilidad visual, atractivo escénico, escala visual, nivel de interés, correspondencia cromática, integridad escénica, elementos discordantes, tamaño de la discordancia y correspondencia cromática, los cuales se determinaron por unidad de paisaje como se menciona a continuación:

- **Calidad visual**

Los criterios visuales se definen como el conjunto de rasgos o componentes que caracterizan visualmente un paisaje y que pueden ser utilizadas para su análisis y diferenciación (Smardon, 1986). Estos atributos se determinaron desde el punto de observación del espectador, hasta el punto de visibilidad del objeto de estudio. Es decir que se determinó qué tan lejano se

⁴⁵ Forman R.T.T. y Gordón, M. 1986.

encontró el punto de observación definiendo los siguientes criterios: plano cercano, plano medio y plano lejano.

Estos criterios visuales incluyeron: calidad visual, fragilidad visual, atractivo escénico, escala visual, nivel de interés, correspondencia cromática, integridad escénica, elementos discordantes, tamaño de la discordancia y correspondencia cromática, los cuales se determinaron por unidad de paisaje como se menciona a continuación (**Tabla 2-100; Tabla 2-101**):

Tabla 2-100 Criterios de Valoración de la Calidad Visual del Paisaje

COMPONENTE	CRITERIOS VISUALES	PUNTUACIÓN
Morfología	Relieve muy montañoso, marcado y prominente; o bien relieve de gran variedad superficial o muy erosionado, o sistemas de dunas, o bien presencia de algún rasgo muy singular y dominantes.	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, poco o ningún valor singular.	1
Vegetación	Gran variedad de tipos de vegetación, con formas, texturas y distribución interesante.	5
	Alguna variedad en la vegetación, pero solo uno o dos tipos.	3
	Poca o ninguna variedad o contraste en la vegetación.	1
Agua	Factor Dominante en el paisaje, limpia y clara, aguas blancas o láminas de agua en reposo.	5
	Agua en movimiento o reposo, pero no dominante en el paisaje.	3
	Ausente o inapreciable.	0
Color	Combinaciones de color intensas y variadas o contrastes agradables.	5
	Alguna variedad e intensidad en los colores y contrastes, pero no actúa como elemento dominante.	3
	Muy poca variación de color o contraste, colores apagados.	2
Fondo Escénico	El paisaje circundante potencia mucho la calidad visual.	5
	El paisaje circundante incrementa moderadamente la calidad visual en el conjunto.	3
	El paisaje adyacente no ejerce influencia en la calidad del conjunto.	0
Rareza	Único o poco corriente o muy raro en la región, posibilidad de contemplar fauna y vegetación excepcional.	6
	Característico, o, aunque similar a otros en la región.	2
	Bastante común en la región.	1
Actuaciones Humanas	Libre de actuaciones estéticamente no deseadas o con modificaciones que inciden favorablemente en la calidad visual.	2
	La calidad escénica está afectada por modificaciones poco armoniosas, aunque no en su totalidad, o las actuaciones no añaden calidad visual.	0
	Modificaciones intensas y extensas, que reducen o anulan la calidad escénica.	-1

Fuente: Bureau Land Management, 1980

Tabla 2-101 Asignación de Puntajes para los Criterios de Calidad Visual del Paisaje Según BLM (1980)

MÉTRICA	DESCRIPCIÓN
Alto	Áreas que reúnen características excepcionales, para cada aspecto considerado (de 19 a 33 puntos).
Medio	Áreas que reúnen una mezcla de características excepcionales para algunos aspectos y comunes para otros (de 12 a 18 puntos).
Bajo	Áreas con características y rasgos comunes en la región fisiográfica considerada (de 0 a 11 puntos).

Fuente: Bureau Land Management, 1980

• Fragilidad visual

La fragilidad visual del paisaje es la capacidad que tiene un espacio para absorber las modificaciones visuales realizadas por la actividad antrópica que se efectúa en la zona en específico, teniendo en cuenta lo anterior y a partir de la metodología de Aguilo (1981), la fragilidad visual dentro del área de influencia del proyecto se estableció en función de las características pendiente, vegetación, contrastes visuales entre los elementos bióticos y abióticos del territorio analizado, como se evidencia en la **Tabla 2-102**.

Tabla 2-102 Criterios de valoración de la fragilidad visual en el paisaje

COMPONENTE	CARACTERÍSTICAS	PUNTUACIÓN
Pendiente	Inclinado (Pendiente mayor al 55%)	1
	Inclinación suave	2
	Colinas suaves, fondos de valle planos, poco o ningún valor singular.	3
Diversidad de vegetación	Prados y Matorrales	1
	Repoblaciones	2
	Diversificada (Mezcla de claros y bosques)	3
Estabilidad del suelo y erosionabilidad	Restricción alta, derivada de riesgo alto de erosión e inestabilidad, pobre regeneración potencial.	1
	Restricción moderada debido a cierto riesgo de erosión e inestabilidad y regeneración potencial.	2
	Poca restricción por riesgo bajo de erosión e inestabilidad y buena regeneración potencial.	3
Contraste Suelo-Vegetación	Bajo potencial de regeneración.	1
	Contraste visual moderado entre el suelo y la vegetación	2
	Contraste visual bajo entre el suelo y la vegetación adyacente	3
Vegetación. Regeneración Potencial	Potencial de regeneración bajo.	1
	Potencial de regeneración moderado	2
	Regeneración alta	3
Contraste de color roca- suelo	Contraste alto	1
	Contraste moderado	2
	Contraste bajo	3

Fuente: Bureau Land Management, 1980

Ecuación 2-58 Capacidad de absorción visual

$$C.A.V = P * (D + E + C + R + S)$$

Dónde: C.A.V: Capacidad de absorción Visual, P: Pendiente, D: Diversidad de la Vegetación E: Erosionabilidad, C: Contraste Suelo-Vegetación, R: Potencial de Regeneración y S: Contraste de Roca-Suelo.

Con lo obtenido se agrupó las unidades de paisaje según categorías alta, media o baja de acuerdo con lo presentado en la **Tabla 2-103**.

Tabla 2-103 Escala de referencia para la fragilidad visual

ESCALA	
Bajo	Menos de 16
Moderado	17-32
Alto	Más de 33

Fuente: Aguilo, 1981. Adaptación propia.

- **Atractivo escénico**

Para la evaluación del atractivo escénico se consideraron tres (3) tipos de atractivos escénicos posibles dentro del contexto de análisis a saber, basados en la Metodología establecida por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) como se muestra en la **Tabla 2-104**. Tabla 2-109

Tabla 2-104 Metodología para la determinación del atractivo escénico del paisaje.

ATRACTIVO ESCÉNICO	DESCRIPCIÓN
Clase A-Distinto	Calidad escénica única, inusual, extraordinaria. Presenta fuertes atributos positivos.
Clase B- Típico	Calidad escénica común y ordinaria. Presenta atributos positivos pero comunes.
Clase C- Indistinto	Baja calidad escénica. Atributos débiles o desaparecidos.

Fuente: USDA, 1995, adaptación propia.

- **Escala visual**

El análisis de la visibilidad se realizó mediante el rango visual de las unidades de paisaje considerando puntos de observación de zonas con alta densidad poblacional, facilidad de acceso, flujo de pasajeros y turistas presentes en el área de influencia. Esto con la finalidad de determinar los niveles de visibilidad de las UP identificadas teniendo en cuenta los criterios descritos a continuación en la **Tabla 2-105**.

Tabla 2-105 Rangos de visibilidad y escalas visuales.

ATRACTIVO ESCÉNICO	DESCRIPCIÓN
Plano cercano/ Primer plano	Corta: donde el observador tiene una participación directa y percibe todos los detalles inmediatos
Plano medio/ Plano intermedio	Media: el observador no percibe en detalle cada elemento del paisaje, sin embargo, aprecia la interrelación de los elementos que lo componen como colorimetría y vegetación.
Plano lejano/ Segundo plano	Larga: Se pasa del detalle a la silueta. Los colores se debilitan y las texturas son casi irreconocibles.

Fuente: USDA, 1995⁴⁶. Adaptación propia.

- Nivel de interés**

De acuerdo con lo anterior, se tomó como fundamento la distancia (vista cercana, media o lejana) a la cual se realizó la observación y el nivel de interés que se presentó (interés alto, medio o bajo), analizado para cada una de las unidades del paisaje obtenidas para este estudio, como se consigna en la **Tabla 2-106**.

Tabla 2-106 Metodología para establecer el nivel de interés.

NIVEL DE INTERÉS			
Observación	Interés alto	Interés medio	Interés bajo
Vista inmediata	Vista inmediata con Interés Alto	Vista inmediata con Interés Medio	Vista inmediata con Interés bajo
Vista Cercana	Vista Cercana con Interés Alto	Vista Cercana con Interés Medio	Vista Cercana con Interés Bajo
Vista Media	Vista Media con Interés Alto	Vista Media con Interés Medio	Vista Media con Interés Bajo
Vista Lejana	Vista Lejana con Interés Alto	Vista Lejana con Interés Medio	Vista Lejana con Interés Bajo

Fuente: USDA, 1995.

- Integridad escénica**

La integridad del paisaje indica qué tan intacto se encuentra un paisaje, esto relacionado con la ausencia o presencia de actividades antrópicas, que pudiesen modificar la condición natural del paisaje mediante la inclusión de elementos discordantes y/o transformaciones de las unidades de paisaje. Este constituyó un indicador de la condición estética del paisaje y se midió mediante una escala continua desde muy alto a bajo, como se observa en la **Tabla 2-107**.

⁴⁶ USDA. (1995). Landscape Aesthetics: A handbook for Scenery Management. Agricultural Handbook 701. Washington. United States: Department of Agriculture

Tabla 2-107 Metodología para la definición de los niveles de integridad escénica del paisaje.

CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN NIVEL DE INTEGRIDAD ESCÉNICA DEL PAISAJE	CONDICIÓN
Muy alta	El carácter valorado de la unidad de paisaje aparece intacto, con alteraciones mínimas. Los atributos que hacen el paisaje único e identificable se expresan en el nivel más alto posible de preservación.	Inalterado
Alta	Se refiere a paisajes en los que el carácter del paisaje valorado aparece intacto. Pueden existir alteraciones en la forma, la línea, el color, la textura y en los patrones comunes al paisaje, pero en esta escala estas alteraciones no son evidentes.	Parece inalterado
Moderada	En esta escala el carácter del paisaje valorado aparece ligeramente modificado. Los cambios notables permanecen visualmente subordinadas al carácter del paisaje que se está observando, es decir, que las alteraciones en la forma, la línea, el color, la textura y en los patrones comunes al paisaje se hacen evidentes, pero no son dominantes en la totalidad del paisaje.	Levemente alterado
Baja	Constituido por unidades de paisajes en los que el carácter fue valorado como moderadamente alterado. Los cambios empiezan a dominar el carácter del paisaje valorado que se está observando. Estas transformaciones son evidentes también en otros atributos diferentes a los que se estaban valorando en el carácter moderado, tales como tamaño, forma efecto de borde, el patrón de aberturas naturales, cambios de tipo vegetativo o estilos arquitectónicos. Estas alteraciones no deben aparecer como otros atributos por fuera del paisaje que se está viendo, sino que deben ser compatibles o complementarias con el carácter al interior.	Moderadamente alterado
Muy baja	El carácter de las unidades de paisaje valoradas aparece altamente intervenido. Las modificaciones pueden dominar fuertemente el carácter del paisaje valorado. Estas alteraciones dominan tanto el paisaje que ya no existen atributos que se puedan valorar, tales como el tamaño, la forma, el efecto de borde, sin embargo, estos cambios deberán estar formados y mezclados con el terreno natural (geoforma) para que esos elementos, tales como: bordes no naturales, carreteras y estructuras, no dominen la composición.	Muy alterado

Fuente: USDA, 1995, adaptado propia, 2024.

- **Elementos discordantes**

Los elementos discordantes dentro del contexto paisajístico corresponden a todo aquel elemento u objeto que se encuentre dentro del plano de visualización del paisaje que sea de origen antrópico, como, por ejemplo: las cercas con alambres de púas, señalizaciones, vallas informativas, red eléctrica, carreteras, etc., y que genere impactos visuales negativos para el observador. Estos elementos, establecen los grados de intervención que se presentan en las unidades de paisaje estudiadas, dando como resultado los rangos de intervención que se establecen en cada unidad. La determinación de los elementos discordantes en las unidades de paisaje presentes en el área de influencia del proyecto se realizó con base lo establecido en la **Tabla 2-108**.

Tabla 2-108 Categorías elementos discordantes

ELEMENTOS DISCORDANTES	DESCRIPCIÓN
Alto	La unidad de paisaje analizada presenta tres o más elementos discordantes
Medio	La unidad de paisaje analizada presenta dos elementos discordantes
Bajo	Se evidencia en la unidad de paisaje la presencia de solo un elemento discordante
Nulo	La unidad de paisaje analizada no posee elementos discordantes
Alto	La unidad de paisaje analizada presenta tres o más elementos discordantes

Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024

- **Tamaño de discordancia**

El tamaño de discordancia se establece como la distancia a la cual es percibida dicha disconformidad y el impacto que esta genera frente a la calidad y atractivo escénico del paisaje.

El establecimiento del tamaño de la discordancia se realizó con base en los datos obtenidos previamente respecto a los elementos discordantes que se encontraron en las respectivas UP y su incidencia en la calidad visual e integridad escénica. Entre mayor sea el tamaño de la(s) discordancia(s) mayor será el grado de afectación sobre la integridad escénica de la unidad en evaluación, ante esto se tiene que en caso de que los elementos representen más del 30% de la unidad del paisaje el tamaño de la discordancia se clasifica como categoría alta (ver **Tabla 2-109**).

Tabla 2-109 Metodología para la determinación de elementos discordantes en las unidades de paisaje.

TAMAÑO DE LA DISCORDANCIA	DESCRIPCIÓN
Alto	Los elementos discordantes en la unidad de paisaje analizada representan más del 30% de la UP
Medio	Los elementos discordantes en la unidad de paisaje analizada representan más del 15% de la UP
Bajo	Los elementos discordantes en la unidad de paisaje analizada representan más del 5% de la UP
Nulo	La unidad de paisaje analizada no posee elementos discordantes

Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024

- **Correspondencia cromática**

La correspondencia cromática evalúa la incidencia de las discordancias sobre la unidad de paisaje con relación a su color, por ende, entre mayor sea la correspondencia cromática de los elementos discordantes con el carácter del paisaje, menor será su incidencia sobre el mismo, y en su integridad escénica.

Dentro de este contexto, la correspondencia cromática se estableció teniendo en cuenta los elementos discordantes presentes en el área de influencia del proyecto y su similitud y/o diferencia respecto a las unidades de paisaje analizadas.

- **Sitios de interés paisajístico**

- Sitios de interés paisajístico natural

Los sitios de interés paisajístico natural corresponden a aquellos lugares que generan interés de tipo estético y concibe en algunos un nivel de conciencia ambiental, por la importancia ecológica que estos lugares representan. Entre los cuales se encuentran: remanentes de cobertura natural, cuerpos de agua, geomorfologías sobresalientes, entre otros.

- Sitios de interés paisajístico cultural

Están asociados a procesos históricos y culturales que se desarrollan dentro de la región, dentro de los que se encuentra: Iglesias, cementerios, escuelas y centros culturales.

- **Descripción del proyecto dentro del componente paisajístico**

Para el desarrollo del presente análisis se tiene en cuenta aspectos asociados con la presencia de elementos discordantes que inciden en la integridad de las unidades de paisaje analizadas.

Inicialmente, se identifican las actividades desarrolladas en el área de influencia sin intervención del proyecto y que intervienen en la calidad e integridad del paisaje, debido a la incorporación de elementos discordantes y actividades antrópicas que modifican las coberturas y/o geomorfología natural del paisaje, para esto se tiene en cuenta el análisis de calidad y fragilidad del paisaje realizado con anterioridad. Dicho análisis se realiza con la intención de identificar las unidades de paisaje con mayor o menor intervención en el área de influencia.

Posteriormente y a partir de la información suministrada en la descripción del proyecto, se identifican las actividades del proyecto y su localización en el área de influencia y la incidencia de las obras a desarrollar para la puesta en marcha del proyecto con el objeto de identificar impactos probables a nivel paisajístico.

Una vez establecidas las actividades desarrolladas en el área de influencia sin y con intervención del proyecto, se procede a realizar una comparación de ambos escenarios, con la finalidad de identificar las unidades de paisaje con mayor intervención por las actividades socioeconómicas de la zona y aquellas que podrían verse más afectadas por las obras del proyecto, para los cuales se deban establecer herramientas de planificación adecuadas que busquen su prevención, corrección, mitigación y/o compensación.

- **Percepción social del paisaje**

En esta parte se presenta el análisis de los resultados obtenidos con el desarrollo de las entrevistas semi -estructuradas realizadas en campo, en la cual se indagó acerca de la percepción social del paisaje con los habitantes, y se consiguió información de la dimensión histórica y relaciones de la población con el paisaje, de tal forma que los miembros de la comunidad evaluaron cada uno de los sitios, asignándoles un nivel de importancia entre muy alto, alto, medio o bajo Sitios de interés paisajístico.

- **Percepción de las comunidades como referente de su entorno físico en términos culturales**

En esta parte se presenta el análisis de los resultados obtenidos con el desarrollo de las entrevistas semi -estructuradas realizadas en campo, en la cual se indagó acerca de la percepción social del paisaje con los habitantes, y se consiguió información de la dimensión histórica y relaciones de la población con el paisaje, de tal forma que los miembros de la comunidad evaluaron cada uno de los sitios, asignándoles un nivel de importancia entre muy alto, alto, medio o bajo.

- **Zonificación del valor paisajístico**

Se realizó la zonificación del valor paisajístico teniendo en cuenta los datos obtenidos de la valoración de criterios visuales. Dentro de este contexto se desarrolló la ponderación de los criterios con el propósito de establecer el valor paisajístico del área de influencia, como se presenta en la **Tabla 2-110**.

Tabla 2-110 Criterios de zonificación del componente de paisaje

CRITERIOS VISUALES	CALIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN	VALOR
Calidad Visual	Alto	Unidades de paisaje que reúnen características excepcionales, para cada aspecto considerado	3
	Medio	Unidades de paisaje que reúnen una mezcla de características excepcionales para algunos aspectos y comunes para otros	2
	Bajo	Unidades de paisaje con características y rasgos comunes en la región fisiográfica considerada	1
Fragilidad Visual	Alto	Corresponden a unidades de paisaje susceptibles a ser modificadas por la incidencia de actividades antrópicas o naturales propias del territorio.	1
	Medio	La fragilidad moderada está relacionada con la intervención humana dentro del área de estudio, solo algunas unidades de paisaje cuentan con rasgos de las condiciones originales lo que hace que aun mantengan atributos propios de los ecosistemas de la región. De igual manera, aunque presentan modificaciones en la estética inicial aún tienen características ecológicas con capacidad para absorber las perturbaciones sin alterar significativamente su funcionalidad.	2
	Bajo	Se caracterizan por presentar una pendiente media a baja, están distribuidas dentro de toda el área, sin embargo, se encuentran principalmente asociadas a la ubicación de las geomorfologías. La mayoría de estas unidades se caracterizan por exhibir una diversidad de elementos vegetales escasa debido a la modificación de las condiciones originales.	3
Atractivo Escénico	Distinto	Calidad escénica única, inusual, extraordinaria. Presenta fuertes atributos positivos. Estas características únicas, se relacionan con los atributos del paisaje estudiado, bien sea por las características vegetales, morfológicas, fondo	3

CRITERIOS VISUALES	CALIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN	VALOR
		escénico, actuaciones humanas o singularidad dentro del territorio.	
	Típico	En esta categoría se encuentran aquellos paisajes donde se presentan atributos como la morfología, vegetación, fondo escénico y actuaciones humanas que no son únicas, ni sobresalientes, por lo que se consideran de tipo común y para la comunidad son normales o típicos.	2
	Indistinto	En esta categoría se encuentran unidades de paisaje con mayor degradación en sus atributos iniciales. Es decir, estéticamente no presentan singularidades en los elementos que la componen en lo que se han modificado a través del tiempo, perdiendo su capacidad de visibilidad agradable para el observador.	1
Nivel de Interés	Vista inmediata con Interés alto	Corresponden a unidades de paisaje, donde el observador percibe cada elemento del paisaje de manera inmediata y estos presentan rasgos únicos, sobresalientes, diferenciales dentro del territorio, lo que imprime un interés alto.	3
	Vista inmediata con Interés medio	Integra unidades de paisaje que exponen elementos típicos o comunes en el territorio, los cuales pueden ser visualizados de manera inmediata por el observador del paisaje.	2
	Vista inmediata con Interés bajo	Se refiere unidades de paisaje donde sus elementos se encuentran alterados, donde no son apreciables de manera inmediata atributos únicos o diferenciables por el bajo grado de naturalidad.	1
	Vista Cercana con Interés Alto	Hace referencia a unidades de paisaje que se exhiben a distancias cortas de observación, elementos únicos, sobresalientes o diferenciales en el territorio, los cuales imprimen atractivo escénico en el área.	3
	Vista Cercana con Interés Medio	Corresponde a unidades de paisaje donde se aprecian los atributos a escalas cortas de observación con elementos típicos, comunes y/o sin interés singular.	2
	Vista Cercana con Interés Bajo	Integra unidades de paisaje con reducidos o nulos atributos únicos o sobresalientes, los cuales en planos cercanos de observación pueden ser percibidos en su totalidad.	1
	Vista Media con Interés Alto	Hace referencia a aquellas unidades de paisaje que a distancias medias (más de 500 m) exhibe elementos únicos, sobresalientes, los cuales propician la visualización de áreas con grados de conservación.	3
	Vista Media con Interés Medio	Corresponde a las unidades de paisaje que exponen atributos típicos o comunes que pueden ser observados a escalas intermedias de visualización.	2
	Vista Media con Interés Bajo	Las unidades agrupadas en esta categoría se caracterizan por presentar atributos poco sobresalientes o singulares dentro del área y son visuales a medianas distancias visuales	1

CRITERIOS VISUALES	CALIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN	VALOR
	Vista Lejana con Interés Alto	En esta categoría se agrupan aquellas unidades de paisaje que cuentan con atributos únicos y sobresalientes y que los mismos pueden ser percibidos por los observadores a diferentes escalas de visualización, más sin embargo resaltan a escalas lejanas de observación.	3
	Vista Lejana con Interés Medio	Se refiere a aquellas unidades de paisaje que no presentan elementos únicos, sin embargo, aún mantienen atributos propios del territorio que son visibles en planos lejanos de observación.	2
	Vista Lejana con Interés Bajo	Hace referencia a unidades de paisaje con reducidos o nulos atributos únicos o sobresalientes, los cuales pueden ser visualizados en planos lejanos de observación	1
Integridad Escénica	Muy Alta	Corresponde a unidades de paisaje, en los que el carácter valorado aparece intacto, con alteraciones mínimas. Los atributos que hacen el paisaje único e identificable se expresan en el nivel más alto posible de preservación.	5
	Alta	Corresponde a paisajes en los que el carácter del paisaje valorado aparece intacto. Pueden existir alteraciones en la forma, la línea, el color, la textura y en los patrones comunes al paisaje, pero en esta escala estas alteraciones no son evidentes.	4
	Moderada	Se refiere a paisajes en los que el carácter del paisaje valorado aparece ligeramente alterado. Las alteraciones notables deben permanecer visualmente subordinadas al carácter del paisaje que se está observando.	3
	Baja	Relaciona aquellas unidades de paisaje en los que el carácter aparece valorado como moderadamente alterado.	2
	Muy baja	El carácter de las UP aparece altamente intervenido. Las modificaciones dominan el carácter del paisaje valorado.	1
Elementos Discordantes	Alto	Esta categoría reúne las unidades de paisaje con mayor número de elementos discordantes. Corresponde a unidades con una calidad visual baja, ya que son las más transformadas. Estableciendo que entre mayor número de elementos mayor afectación sobre la integridad escénica de la unidad.	1
	Medio	En esta categoría se integran aquellas unidades de paisaje que presentan elementos discordantes sin embargo no son significativos y mantienen elementos naturales propios del paisaje, lo cual no conlleva a la modificación total de la unidad de paisaje.	2
	Bajo	Las unidades en esta categoría no presentan cantidad significativa de elementos discordantes que interrumpan la integridad escénica de la unidad, ni modificando la belleza intrínseca de la misma.	3
	Nulo	Las unidades de paisaje dentro de esta categoría corresponden a aquellas unidades donde los elementos discordantes son nulos o inapreciables.	4

CRITERIOS VISUALES	CALIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN	VALOR
Correspondencia Cromática	Alta	En esta categoría se relacionan unidades de paisaje que exponen una armonización en las paletas cromáticas como consecuencia de los elementos (vegetación, morfología, actuaciones humanas, contraste suelo - vegetación, entre otros). Las unidades en esta categoría se caracterizan por exhibir un contraste de colores agradables y variados, el cual es producto de la mezcla de atributos propios y de la asociación con vegetación nativa asociada.	4
	Media	Hacen referencia a aquellas unidades de paisaje que aún conservan atributos de las coberturas naturales (originales), los cuales imprimen coloraciones propias de estos elementos y donde la alteración por la inclusión de elementos discordantes no es significativa, aun cuando la gama de colores presenta cierta variación propia de la diversidad de la vegetación analizada.	3
	Baja	Las unidades de paisaje en esta categoría se caracterizan por presentar mayor intervención antrópica, y donde los atributos presentan una reducción casi completa, no exponen características calidad y fragilidad visual baja debido a que los atributos iniciales de estas unidades fueron reducidos a su mínima expresión. Exponen una inclusión de elementos discordantes alta y con tendencia progresiva a aumentar.	2
	Nula	Las unidades de paisaje en esta categoría no presentan contrastes cromáticos, debido a la nula presencia de elementos naturales que las componen, la alteración en sus elementos naturales conlleva a una pérdida total de coloraciones que establezcan atractivos escénicos visuales de interés para el observador del paisaje.	1

Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024

Una vez realizada la ponderación de cada uno de los criterios, se le asignó el grado de sensibilidad teniendo en cuenta lo consignado en la **Tabla 2-111**.

Tabla 2-111 Criterios de zonificación del componente de paisaje

SENSIBILIDAD		DESCRIPCIÓN
Muy Alto	Entre 22 -25 corresponde a Valor 5	Unidades de paisaje con sensibilidad asociado a las características excepcionales que exhiben en el territorio
Alto	Entre 17 - 21 corresponde a Valor 4	Unidades de paisaje con sensibilidad medio como consecuencia de la presencia de atributos comunes o típicos en el territorio.
Medio	Entre 12 - 16 corresponde a Valor 3	Unidades de paisaje que exhiben atributos comunes o típicos, donde sus elementos de conservación son reducidos
Bajo	Entre 7 -11 corresponde a Valor 2	Unidades de paisaje con reducida integridad escénica, sin elementos excepcionales o sobresalientes para los aspectos considerados.
Muy Bajo	Entre 0 – 6 corresponde a Valor 1	Unidades de paisaje con nula integridad escénica, sin elementos sobresalientes o interesantes.

Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024

2.3.2.5 Análisis de fragmentación

Para (Gurrutxaga & Lozano, 2012) la fragmentación se manifiesta no solo como proceso, sino como patrón dentro del espacio geográfico, donde la disposición espacial de los fragmentos de hábitat dentro del territorio influye sobre la movilidad de las especies entre los mismos y, por ende, sobre la dinámica de las poblaciones, que en términos funcionales se traduce en pérdidas de conectividad ecológica, entendida como la capacidad con la que cuenta el paisaje para permitir los desplazamientos de determinadas especies entre los parches con recursos dentro del territorio.

- **Etapas Pre-Campo**

Los análisis de fragmentación y conectividad comprenden la interpretación funcional en dos temporalidades, empleando para esto coberturas de la tierra de tipo natural y secundaria, obtenidas mediante la fotointerpretación de las imágenes satelitales disponibles. Cabe indicar que estos aportan al análisis en términos de configuración, composición y funcionalidad ecosistémica de los paisajes.

- **Etapas De Campo**

En esta etapa se realizaron recorridos en el área con el fin de verificar el estado de las coberturas naturales y fragmentación existente en el territorio

- **Etapas Post Campo**

El insumo principal para el desarrollo de este componente correspondió al mapa de coberturas de la tierra interpretadas en el área de influencia físico-biótica del proyecto en dos temporalidades, en este sentido la metodología implementada se realizó según lo descrito a continuación:

- **Estructura del paisaje**

La visión e interpretación del paisaje según Forman, R. y Godron, M. (1986) citado en (Vila, J. et al , 2006) se fundamenta en una aproximación de carácter estructural- morfológica y a la vez funcional, es decir la funcionalidad ecológica del paisaje podría verse influenciada por el cambio en la disposición y especialización de los elementos que componen el paisaje (es decir fragmento, matriz, y corredor); así la disposición de éstos, su cercanía o distanciamiento, es lo que determinan las características de cada paisaje y la heterogeneidad del mismo.

Dicha estructura del paisaje se estableció de acuerdo con las coberturas o tipos de hábitat presentes en el área de influencia del proyecto e identificada a partir de la Metodología CORINE Land Cover, así mismo se consideró como fundamental la relación entre las especies de fauna existentes y las coberturas de la tierra identificadas, permitiendo así analizar condiciones de refugio, corredores y/o áreas con condiciones para el mantenimiento de la biodiversidad dentro del área de influencia del proyecto.

De acuerdo con lo mencionado y con el fin de obtener un mayor entendimiento de cómo se relacionan entre sí los elementos del paisaje dentro del área de influencia del proyecto se hace fundamental partir del análisis de la estructura del paisaje, para el presente EIA se identificaron los elementos teniendo en cuenta los siguientes criterios:

- **Matriz**

La matriz fue constituida por el elemento del paisaje que ocupa la mayor área relativa, de los tres elementos estructurales básicos que lo componen son: parches, corredores y matrices, esta es la más extensa y el más interconectado, adquiriendo así un papel dominante en el funcionamiento de un paisaje. El papel y la extensión de la matriz dependen del tipo particular de paisaje, se pueden encontrar paisajes donde domina claramente un elemento matricial con unos pocos parches y corredores diseminados y paisaje casi enteramente por parches formando un mosaico muy complejo (Etter A., 1991).

Los criterios que se tomaron en cuenta para la identificación de la matriz del paisaje dentro del área de influencia son: elemento más extenso y elemento más conectado (menos fraccionado) del paisaje.

- **Corredores**

Los corredores se caracterizan por presentar condición de franja angosta y alargada, de forma y dirección variable que atraviesa una matriz y difiere de ella. Las propiedades generales de los corredores en un paisaje son de unir o separar elementos dentro de una matriz geográfica" (Etter A., 1991).

Para la identificación de corredores dentro del área de influencia se tuvo en cuenta la homogeneidad y regularidad del corredor y corredores naturales asociados a redes de drenaje.

- **Parches**

Son definidos como una "superficie no-lineal de tamaño variable que difiere fisionómicamente de sus alrededores, y que posee un grado de homogeneidad interno, estos varían de acuerdo con su tamaño, forma, tipo, heterogeneidad y sus características de borde. Generalmente están inmersos en una matriz" (Etter A., 1991).

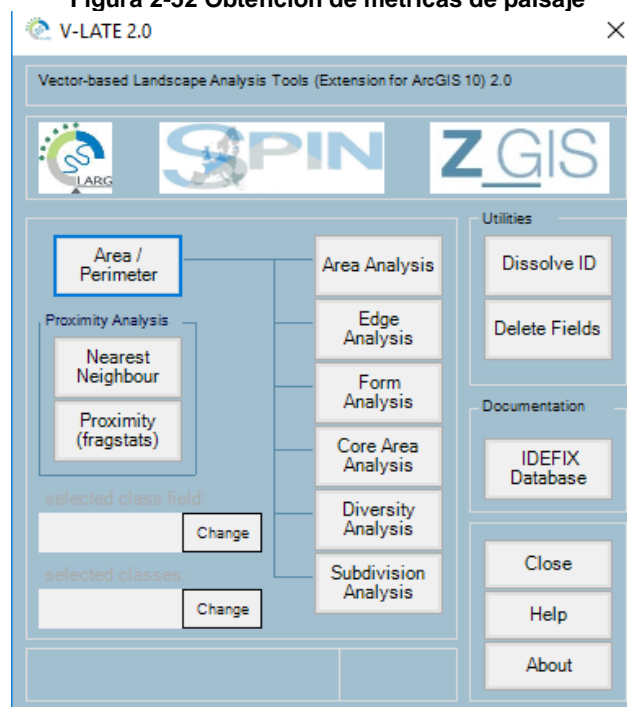
Una vez identificada la matriz de paisaje dentro del área de influencia y los corredores asociados a esta, se procedió a identificar los parches, inmersos en la matriz, conformados por coberturas de la tierra de origen natural o semi natural con función de concentración o reservorio.

- **Fragmentación del paisaje**

Para (Gurrutxaga & Lozano) la fragmentación influye en la disposición espacial de los fragmentos de hábitat dentro del territorio incidiendo a su vez sobre la movilidad de las especies y, por ende, sobre la dinámica de las poblaciones, que en términos funcionales se traduce en pérdida de conectividad ecológica.

Para el análisis de fragmentación se empleó la herramienta V-LATE, Versión 2.0, correspondiente a una extensión de ArcGIS, la cual proporciona una serie de métricas que aportan al análisis de la estructura del área de influencia objeto de estudio como se evidencia en la **Figura 2-52**.

Figura 2-52 Obtención de métricas de paisaje



Fuente: V-late, versión 2.0

- **Proceso y determinación de métricas**

Las métricas del paisaje ofrecen una visión de la composición y configuración de las coberturas de la tierra que hacen parte del paisaje a través de medidas de área, forma y tamaño de borde de los fragmentos entre otros, así mismo determinan la dinámica de los procesos ecológicos de las coberturas y se convierten en una herramienta de análisis a tener en cuenta en la toma de decisiones para el manejo de los recursos naturales (Aguilera F,

2010). Si se entiende la fragmentación como la división de un hábitat originalmente continuo en remanentes inmersos en una matriz transformada, los índices de fragmentación reflejan los patrones y tendencias espaciales de las coberturas (Echeverry & Rodríguez, 2006).

El análisis de fragmentación se realizó teniendo en cuenta las coberturas naturales y secundarias identificadas en el área de influencia del proyecto para dos temporalidades.

Para el análisis se emplearon métricas a nivel de paisaje (Diversidad de Shannon y Equidad de Shannon), métricas a nivel de clase (Clase de área-CA, Número de Parches-NP, Tamaño medio del parche-MPS, Tamaño de Borde-TE, Índice de forma-MSI, Índice de dimensión Fractal-MFRACT, Radio de giro- GYRATE) y métricas a nivel de parche (Distancia euclidiana media al vecino más cercano- proximidad) y las cuales fueron obtenidas mediante la herramienta V-LATE, Versión 2.0, correspondiente a una extensión de Arc GIS.

La configuración y composición del paisaje se cuantificó a través de indicadores utilizados en ecología del paisaje **Tabla 2-112** con el fin de evidenciar los procesos de fragmentación. Estos indicadores son algoritmos que miden espacialmente las características de los parches, clases de parches y del paisaje entero. Estos indicadores integran medidas estadísticas, que permiten el análisis de la estructura y composición de un paisaje.

Tabla 2-112 Métricas para la determinación del grado de fragmentación de coberturas naturales dentro del área de influencia del proyecto

NIVEL	MÉTRICA	DESCRIPCIÓN	FÓRMULA
Paisaje	Diversidad de Shannon (Shannon Diversity)	Medida de diversidad relativa en los parches. Este índice es igual a cero cuando solo hay un parche en el área de estudio. Este valor crece a medida que aumentan los parches. Cuanto más alto sea el valor obtenido al aplicar el índice de Shannon, mayor heterogeneidad tendrá el paisaje.	$SHDI = - \sum_{i=1}^m (P_i * \log_2 P_i)$ <p>Donde, Pi es la proporción del paisaje ocupada por la clase i.</p>
	Equidad de Shannon (Shannon's Evenness)	Medida de distribución de parches y su abundancia. Este índice es igual a cero cuando la distribución observada de los parches es baja, y se acerca a la unidad cuando los parches aumentan.	$SHEI = \frac{-\sum_i [P_i * \ln (P_i)]}{\ln(S)}$ <p>Donde, S es el número de tipos de cobertura, pi es la proporción del tipo de cobertura i-ésimo.</p> <p>Sus valores van desde 0 a 1; aquellos cercanos a 1 indican que las proporciones de cada tipo de cobertura son casi iguales, mientras que los cercanos a 0 indican que el paisaje se encuentra dominado por uno o unos pocos tipos de cobertura.</p>
Clase	Área por clase (CA)	El área por clase es una medida analizada en hectáreas de la composición del paisaje, que indica específicamente qué cantidad ocupa cada clase presente en la unidad de paisaje.	$CA = \sum_{j=1}^n a_{ij} \left[\frac{1}{10000} \right]$ <p>Dónde:</p> <p>a_{ij} = área (m²) del parche ij</p>
	Número de parches	Es una medida de la subdivisión o fragmentación de los parches de una	$NP = n_i$

NIVEL	MÉTRICA	DESCRIPCIÓN	FÓRMULA
	(NP)	clase de ecosistema dada en el área analizada. La variación en el número de parches por clase es importante en diversos estudios ambientales, puesto que a partir de estos se puede inferir sobre el estado de conservación del área y así mismo reconocer, determinar y predecir procesos naturales que ocurren en una zona de interés.	Dónde: NP = 1 cuando el área analizada contiene sólo un parche del tipo de hábitat considerado. n_i = Es igual al número de parches del tipo de hábitat-clase correspondiente. Intervalo: $NP \geq 1$.
	Índice de densidad de borde (ED)	El borde o ecotono se define como la zona de transición entre hábitats adyacentes (F. Lopez- Barrera, 2004), es decir la relación que existe entre la matriz y el parche. Por lo tanto, se tomaron como la zona límite que bordea y mantiene en regulación el intercambio de materia y energía entre los bordes pertenecientes para cada clase de ecosistema existente en el paisaje. Esta métrica expresa la sumatoria de todas las longitudes de borde de una clase dividida entre el área total del paisaje y multiplicada por 10000, establece la superficie en hectáreas.	$ED = \frac{\sum_{k=1}^m e_{ik}}{A} (10000)$ e_{ik} : Equivale a la suma de las longitudes de todos los segmentos de borde de los fragmentos de la unidad ecosistémica de interés. A: Área total del paisaje i: incluye los límites del paisaje y segmentos del tipo de parche.
	Índice de forma (SHAPE).	El índice de forma tiene valor 1 cuando el parche es compacto (circular en un vector y cuadrado en un raster) y aumenta su valor conforme aumenta la complejidad de la forma. SHAPE equivale al perímetro del fragmento (p_{ij} , en m), dividido por la raíz cuadrada del área del fragmento (a_{ij} , en m^2); puede ajustarse por medio de una constante para el estándar circular (Vector) o el estándar cuadrado (Raster).	Vector: $SHAPE = \frac{P_{ij}}{2\sqrt{\pi} \text{ o } a_{ij}}$ Raster: $SHAPE = \frac{0,25 P_{ij}}{\sqrt{a_{ij}}}$
	Índice de dimensión fractal (FRACT)	Calcula el grado de complejidad de cada fragmento a partir de la relación entre área y perímetro. La dimensión fractal toma valores entre 1 y 2. Valores cercanos a uno indican formas geométricas sencillas. Los valores se acercan a 2 conforme las formas se vuelven más complejas. El Fractal Dimension Index-FRAC, es una medida de la complejidad de las formas de las teselas, puede ser considerada como el descriptor más adecuado para cuantificar la fragmentación de diferentes tipos de paisajes, además es invariante de escala y estadísticamente robusta. Su categorización varía de 1 a 2, es decir, el valor de uno para formas euclidianas simples (cuadrados y círculos) y de 1.001	$DF = \frac{2 \ln(p)}{\ln(S)}$ Donde: DF: Dimensión fractal P: Perímetro. S: Superficie

NIVEL	MÉTRICA	DESCRIPCIÓN	FÓRMULA
		a 2, para formas complejas análogas u objetos fractales.	
Parche	Proximidad	La distancia al vecino más próximo y proximidad entre parches de la misma clase se ha empleado para cuantificar el aislamiento de los parches que constituyen un mismo hábitat, teniendo un papel importante en los esfuerzos de conservación de las especies (Martínez, 2015). Esta métrica es sensible al incremento del tamaño del parche y aporta información acerca de la proximidad /aislamiento de los distintos fragmentos.	$ENN_{MN} = \frac{\sum_{j=1}^n X_{ij}}{ni}$ <p>Donde Xij es la distancia euclidiana al vecino más próximo del parche ij y ni es el número de parches presentes en la unidad de paisaje de la clase i. El resultado se expresa en metros.</p>

Fuente: (Badii, M H; Landeros, J, 2006) . Adaptación propia.

• **Análisis de Área Core- Área núcleo efectiva**

El área core está conformado por el área de cobertura natural que se encuentra fuera de una distancia mínima de influencia a partir del borde. El área núcleo se define como el área dentro de un parche más allá de cierta profundidad o influencia de borde (es decir, la distancia al borde). El efecto de borde es el resultado de la combinación de factores bióticos y abióticos que alteran las condiciones ambientales a lo largo de los bordes de los parches en comparación con los interiores de estos. Así, mientras que un parche puede ser lo suficientemente grande como para soportar una determinada especie, puede que para otra no contenga el área suficiente (Ciontescu N, 2019).

Dentro de este contexto para el presente análisis la distancia del borde de la cobertura natural identificada a emplear será de 50 metros de longitud, esta medida se estableció considerando algunas investigaciones realizadas por William-Linera, G., Domínguez-Gastelú, V y García-Zurita (1998) que indican que *"el efecto de borde afecta solamente a los primeros 50 metros al interior del bosque, sin embargo, la intensidad de este efecto está frecuentemente influenciado por la orientación del borde, así como por la fisonomía del bosque"* (William-Linera, G., et al, 1998) por tal motivo se estima que el área al interior del Efecto Borde (50 m.) puede ser de interés para la fauna silvestre existente en la zona, ya que en esta zona las condiciones son más homogéneas y los efectos nocivos que se encuentran al borde como insolación, modificación en la luminosidad, ruido, cambios drásticos de temperatura y humedad no inciden en la fauna. Los resultados obtenidos fueron obtenidos mediante la herramienta V-LATE, Versión 2.0, correspondiente a una extensión de Arc GIS.

• **Conectividad y establecimiento de rutas de mínimo costo**

La conectividad se relaciona con el grado de conexión potencial o continuidad de las coberturas analizadas. La conectividad, se puede distinguir entre dos tipos fundamentales: estructural y funcional (Tischendorf, L. & Fahrig, L. , 2001). La conectividad funcional considera como fundamentales las relaciones entre el comportamiento animal y la estructura espacial del paisaje (Taylor, P.D; Fahrig, L; With, K., 2006).

Con la finalidad de establecer las rutas de mínimo costo, se realizó una revisión de la lista de especies registradas durante la fase de campo y reportadas en el área de influencia, posteriormente se seleccionó dos especies, de las cuales se pudiera obtener información relacionada con la movilidad, hábitat, rangos de distribución que aportaran al análisis dentro del territorio y que contara con algún grado de amenaza y/o vulnerabilidad.

A partir de la información primaria de campo de reportes faunísticos en el área, fueron seleccionadas dos especies que, debido a sus características distributivas y requerimientos ecológicos, sirvió para identificar parches y áreas claves para el tránsito de las especies dentro del territorio.

Como su nombre lo indica la Ruta de mínimo costo establece la ruta de menor costo para el desplazamiento de las especies objeto de conservación del presente estudio. Mediante la herramienta Cost Path o Ruta de Coste se calculó la ruta de menor costo desde el punto de inicio hasta el punto de destino, esta genera un ráster de salida que registra la ruta o rutas que generan menor costo de movilidad para la especie dentro del área de influencia del proyecto.

- **Superficie de Fricción**

La superficie de fricción para el área de influencia físico-biótica del proyecto se obtuvo a partir de las capas reclasificadas de las criticidades obtenidas en el mapa de coberturas a partir de los requerimientos de hábitat establecidos para las especies objeto de análisis.

El resultado de este proceso genera el mapa o superficie de fricción, el cual permite identificar las áreas que generan mayor resistencia o por el contrario facilitan la movilidad de las especies objeto de análisis.

- **Selección de puntos**

Para determinar la ruta de menor costo fue necesario seleccionar los puntos de origen (inicio) y destino (fin); estos fueron seleccionados a partir de la revisión de las características de las variables previamente mencionadas, además de las preferencias de hábitat y localización en el área de influencia físico-biótica del proyecto de las especies de fauna objeto de análisis.

- **Generación de Rutas de movilidad**

Para determinar las rutas de movilidad, se utilizó como insumo principal el mapa de superficie de fricción y los puntos de inicio y destino previamente establecidos de acuerdo con los requerimientos de la especie para su movilidad y hábitat y así poder obtener la ruta de mínimo costo para la especie, todo esto se realiza empleando las herramientas del software ArcGis 10.2 A continuación, se describe cada uno de estos procesos.

Contexto paisajístico

El contexto paisajístico es definido como las características del paisaje circundante a una determinada unidad ecológica de estudio (ya sea un parche de bosque o un corredor biológico). Estas características están determinadas en primer lugar por su composición, es decir los diferentes tipos de hábitat y elementos del paisaje incluyendo los distintos tipos de usos de la tierra, construcciones, zonas de cultivo, pastizales, entre otros; en segundo lugar se encuentra la configuración espacial, es decir la manera en la que dichos elementos se distribuyen (McGarigal, K., & Romme, 2012) (Turner et al, 2001) (Turner, M., 2005).

El contexto paisajístico se determinó para las coberturas de la tierra identificadas al interior del área de influencia físico-biótica del proyecto, para esto se empleó un buffer de 500 metros alrededor de las coberturas de la tierra teniendo en cuenta la utilización de la **Ecuación 2-59**.

Ecuación 2-59.

$$CP = \frac{AN}{ATB}$$

Fuente: elaboración propia.

Dónde:

CP= Contexto paisajístico (Los valores oscilan entre 0 y 1).

AN= Área natural dentro del buffer

ATB= Área total del buffer

El procedimiento realizado permite obtener el contexto paisajístico para cada uno de los fragmentos de las coberturas identificadas en el área de influencia del proyecto. Una vez realizado el buffer, se evalúa la conectividad de fragmentos que se conectan o intersectan en el buffer, aplicando la fórmula del CP (**Tabla 2-113**).

Para la evaluación del contexto paisajístico se emplea como referencia los rangos establecidos en la **Tabla 2-113** que asigna un valor de fragmentación Muy Alta en aquellas áreas donde el contexto paisajístico toma valores igual a cero, la fragmentación Alta se da en aquellas áreas donde toma valores de 0,1 a 0,3 y así sucesivamente hasta llegar a una fragmentación Baja o Nula en donde el contexto paisajístico toma valores mayores de 0,7 hasta valores iguales a 1.

Tabla 2-113 Rangos o índices establecidos para la categorización del contexto paisajístico

ÍNDICE CP	0	0,1-0,3	0,4-0,6	0,7-0,9	1
FRAGMENTACIÓN	Muy Alta	Alta	Moderado	Baja	Nula
CONECTIVIDAD	Nula	Baja	Moderado	Alta	Muy Alta

Fuente: elaboración propia.

2.3.2.6 Servicios Ecosistémicos

De acuerdo con la firma de Colombia del convenio de biodiversidad biológica en el año 2003, se adquiere una responsabilidad en torno al manejo y conservación de la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos del territorio nacional. Debido a lo anterior el Ministerio del Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible desarrolla la Política Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos (PNGIBSE), con el fin de articular todo el Sistema

Ambiental Nacional a estos dos conceptos y tener las herramientas para su respectivo manejo y control ⁴⁷.

En ese sentido y considerando la Política Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos (PNGIBSE), se considera la necesidad de evaluar el beneficio que aporta los ecosistemas y a su vez el precio de su pérdida, con el fin de mejorar o aumentar la percepción de valor que tiene la comunidad sobre la existencia de la biodiversidad y los Servicios ecosistémicos (SSEE), estableciendo no solo la responsabilidad a cargo de las entidades del sector público o privado⁴⁸

Por otra parte, la valoración de los SSEE permite establecer una relación entre la biodiversidad y el desarrollo humano contemplando la biodiversidad como base de bienestar humano, esto permite cambiar el enfoque tradicional en las actividades socioeconómicas debido a que en varios casos ocasiona patrones insostenibles de conservación, la gestión de los recursos naturales y en la distribución de los beneficios económicos.

Por lo mencionado anteriormente es necesario realizar un análisis de la valoración integral de los SSEE que sirva como base de información, para tomar decisiones adecuadas en términos culturales, sociopolíticos y gestión de actividades socioeconómicas sostenible (Tamayo, 2014⁴⁹); de esta manera, se pretende generar corresponsabilidad para adelantar acciones de conservación y mejoramiento en el desarrollo de actividades antrópicas, permitiendo mantener un equilibrio entre las acciones humanas y la conservación de los SSEE, para de esta manera fomentar actividades sostenibles ⁵⁰.

Ahora bien, los servicios ecosistémicos son el conjunto de procesos y funciones de los ecosistemas que el ser humano reconoce como beneficios directos o indirectos de tipo ecológico, económico o cultural. Se reconocen cuatro tipos de servicios: aprovisionamiento, regulación, soporte y cultural ⁵¹

Según lo dicho anteriormente, los servicios de aprovisionamiento comprenden el conjunto de bienes y productos que se obtienen de los ecosistemas para la supervivencia, uso y consumo. En cuanto a los servicios de regulación, son aquellos que resultan de los procesos que se llevan a cabo dentro de los ecosistemas. Por otro lado, los servicios de soporte Incluyen los procesos ecológicos que son necesarios para la existencia y mantenimiento de los demás servicios ecosistémicos (MAVDT, 2008). Por último, los servicios culturales son los que agrupan aquellos beneficios intangibles e inmateriales que los ecosistemas ofrecen al ser humano (Millenium Ecosystem Assessment –en adelante MEA-, 2005 & MADS, 2012). (Ver **Figura 2-53**).

⁴⁷ MADS. (2012). Metodología General para la Presentación de Estudios Ambientales. Bogotá, D.

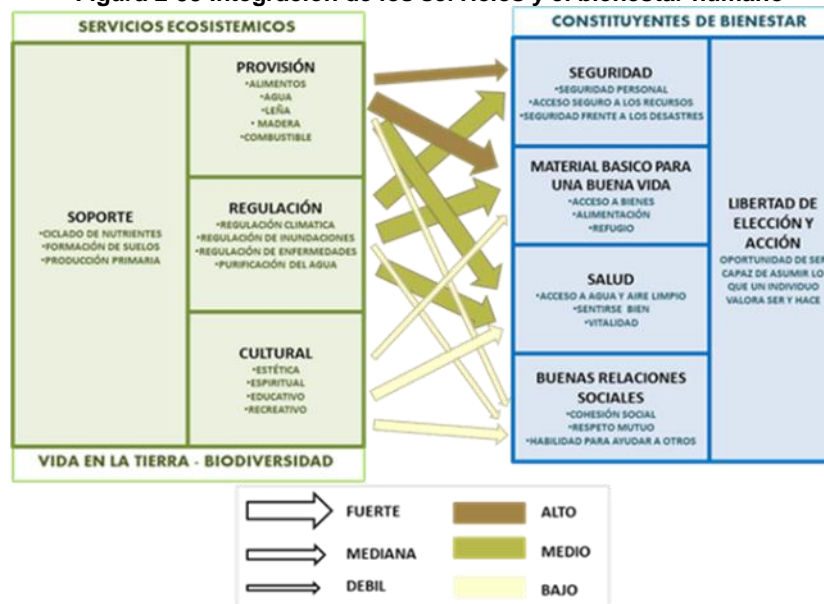
⁴⁸ Sostenible, D. (2012). Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Recuperado de: <https://bit.ly/2VJx00t>.

⁴⁹ Betancur-Vargas, T., García-Giraldo, D. A., Vélez-Duque, A. J., Gómez, A. M., Flórez-Ayala, C., Patiño, J. E., & Ortiz-Tamayo, J. Á. (2017). Aguas subterráneas, humedales y servicios ecosistémicos en Colombia. *Biota Colombiana*, 18(1), 1-28.

⁵⁰ de Colombia, P. N. N. (2017). Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Consultado en: <http://www.parquesnacionales.gov.co/PNN>.

⁵¹ Reid, WV, Berkes, F., Wilbanks, TJ y Capistrano, D. (2006). Puente entre escalas y sistemas de conocimiento: conceptos y aplicaciones en la evaluación de ecosistemas.

Figura 2-53 Integración de los servicios y el bienestar humano



Fuente: MEA, 2005

En el siguiente apartado se describen las metodologías que se abordaron en la etapa pre-campo, campo y post- campo para la caracterización de los servicios ecosistémicos dentro del área de influencia del proyecto. Estas metodologías están basadas principalmente en los trabajos adelantados por el grupo Millenium Ecosystem Assessment (MEA) y la Corporación Financiera Internacional (IFC), las cuales proporcionan información relevante para el manejo y caracterización integral de los servicios prestados por los ecosistemas, además de las relaciones directas e indirectas de los proyectos de gran envergadura sobre la integridad de los servicios ecosistémicos.

• Fase Pre-Campo

Para esta fase se realizó una revisión de información secundaria del área de influencia preliminar, con el propósito de identificar la presencia de centros poblados y establecer posibles puntos de recolección de información, así mismo se efectuará la revisión de fuentes primarias y secundarias referente a los usos del suelo y/o actividades económicas realizadas a fin de identificar posibles servicios ecosistémicos en el área de influencia del proyecto, por lo cual se revisó la información disponible del municipio referente al Plan de Desarrollo y Esquema de Ordenamiento Territorial, que permita identificar la presencia de los posibles servicios ecosistémicos.

De igual manera, durante esta etapa se llevó a cabo la elaboración del instrumento de recolección de datos que se implementó durante la etapa de campo a fin de facilitar la identificación de los SSEE.

• Fase de campo

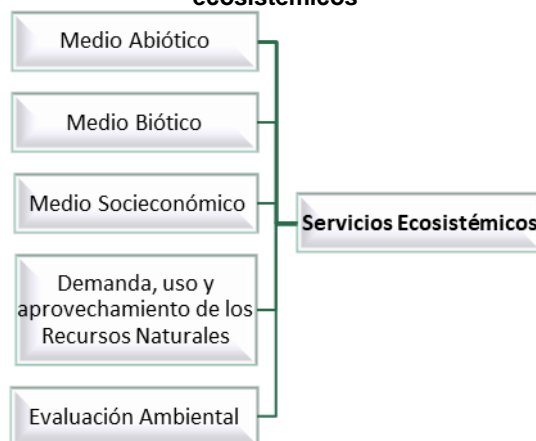
El objetivo principal de esta fase fue el análisis de la caracterización específica de los servicios ecosistémicos, por lo cual la información obtenida de la comunidad resulta fundamental, ya que son los beneficiarios directos y conocen el estado actual de los SSEE identificados.

El desarrollo de esta fase consideró el levantamiento de la información el cual se llevó a cabo mediante una serie de encuestas, que permitirán determinar los SSEE presentes en el área de influencia, el estado y la dependencia de la comunidad respecto a los bienes y servicios ecosistémicos identificados. Dichas encuestas se realizan tanto a pobladores como a turistas (entendidos estos últimos, como aquella población fluctuante no residente dentro del área) (**Anexos\Anexo5LineaBase5.5 Servicios ecosistémicos**), esto con el fin de establecer la percepción e importancia que tienen los encuestados acerca de los SSEE.

- **Fase Post Campo**

En esta fase se realizó la caracterización de los servicios ecosistémicos del área de influencia mediante la compilación de información obtenida en campo (encuestas semiestructuradas), información contenida en la línea base del presente estudio: Medio Abiótico (geomorfología, hidrología, atmósfera y suelos), Medio biótico (cobertura de la tierra, ecosistemas y fauna), Medio Socioeconómico (dimensión cultural, económica y demográfica), Demanda, uso y aprovechamiento de los recursos naturales y Evaluación Ambiental. (**Figura 2-54**).

Figura 2-54 Integración entre los componentes del estudio para la identificación de los servicios ecosistémicos



Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024

El procesamiento y análisis de la información compilada permitirá identificar y cuantificar en el área de influencia del proyecto los servicios ecosistémicos y sus posibles beneficiarios.

- **Definición de la unidad mínima de análisis**

La unidad mínima de análisis (UMA) para el presente componente estará conformada por las coberturas de la tierra, los cuales serán identificados y presentados en el componente flora.

- **Identificación de los servicios ecosistémicos**

La identificación de los Servicios ecosistémicos dentro del área de influencia se realizará de acuerdo con lo establecido por Millenium Ecosystem Assesment ⁵², en cuatro categorías como se describe a continuación en la **Tabla 2-114**.

Tabla 2-114 Categorías de servicios ecosistémicos

SERVICIO	DESCRIPCIÓN
Aprovisionamiento	Agrupar todos aquellos servicios, incluidos bienes y productos, que se obtienen directamente de los ecosistemas a manera de provisión para su beneficio. Así, se incluyen como servicios de aprovisionamiento entre otros, el uso del recurso hídrico, de maderas, fibras y resinas, alimentos provenientes de las actividades agropecuarias, productos provenientes de la pesca, y todos aquellos elementos de los que se abastece el ser humano para sus actividades cotidianas.
Regulación	Corresponden a los servicios derivados de los procesos ecosistémicos, es decir todos aquellos productos del flujo, interrelaciones e interacciones entre los diferentes componentes de los ecosistemas. Dentro de los servicios de regulación se encuentran entonces los procesos de regulación del clima, mantenimiento de la calidad del aire, purificación del agua, control de la erosión, control de inundaciones, aporte de materia orgánica y retención de nutrientes, entre otros procesos que influyen en las condiciones de bienestar del ser humano.
Soporte	Incluyen todos aquellos procesos ecológicos que cimientan y sustentan el funcionamiento y aprovisionamiento de los demás servicios ecosistémicos, y que dependen de manera directa de su existencia. En este sentido, dicha categoría agruparía procesos como la dispersión de semillas y polinización, la conectividad ecológica, la provisión física para el establecimiento de ganadería y agricultura, y la oferta de hábitat y mantenimiento de cadenas tróficas, fundamentales para mantener la biodiversidad, los ecosistemas y los demás servicios asociados a estos.
Culturales	Esta categoría abarca todos aquellos beneficios no materiales e intangibles que se reciben por parte de los ecosistemas, bien sea a través del enriquecimiento espiritual, el desarrollo cognitivo, la reflexión, la identidad cultural y las experiencias estéticas. Dentro de esta categoría se incluye además la recreación, el turismo, y la apreciación visual de los paisajes, como un conjunto de elementos naturales que brindan satisfacción y disfrute del entorno.

Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024

⁵² MEA. (2003). Ecosystems and Human Well-being: A Framework for Assessment. Washington DC: Island Press. Metodologías para la valoración económica de bienes, servicios ambientales y recursos naturales, Resolución 1478 del 2003 (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial 2003 18-Diciembre).

Dicha información se recolectó de manera conjunta con los actores que intervienen en los ecosistemas presentes en el área de influencia del proyecto, ya que son ellos quienes se benefician directa e indirectamente de los servicios prestados por los ecosistemas.

Para esto se utilizó la encuesta en relación al servicio con descripciones cortas haciendo mención a diversos servicios ecosistémicos por categoría como: recurso hídrico, alimentos por actividades agrícolas (cultivos), alimentos por actividades pecuarias (ganadería), productos comestibles de animales silvestres (caza o pesca), productos comestibles (plantas silvestres), plantas medicinales, madera, fibras (algodón, seda, lana, etc.), provisión física para el establecimiento de la ganadería y/o agricultura, leña y carbón vegetal, dispersión de semillas y polinización, control de erosión, control de deslizamientos o reducción de inundaciones, regulación clima (absorción y almacenamiento de carbono), purificación del agua, entorno para actividades educativas y deportivas, belleza escénica, fiestas culturales, turismo, herencia, arraigo y legado, dando a su vez la posibilidad de reconocer otro servicio.

- **Determinación del estado de los servicios ecosistémicos**

El análisis de la información contenida en los medios abiótico, biótico y socioeconómico permitió identificar el estado de los servicios de aprovisionamiento, soporte, regulación y culturales identificados en el área de influencia sin intervención del proyecto.

En este numeral se hace énfasis en la información disponible sobre la capacidad de los ecosistemas identificados en el área de influencia para proveer de los distintos bienes o servicios ecosistémicos.

- **Cuantificación de los usuarios en cada uno de los servicios ecosistémicos identificados**

Una vez reconocidos los servicios ecosistémicos dentro del área de influencia se identificó el número de usuarios para cada SSEE, dicha información fue obtenida de la caracterización realizada en el medio socioeconómico y de la información recolectada en campo, respecto a la estructura de la población, correspondiente a la población total en cada unidad territorial presente en el área de influencia.

- **Determinación de la dependencia de los beneficiarios sobre los servicios ecosistémicos**

El análisis de la dependencia de la comunidad y/o beneficiarios y la relación de los posibles usuarios de los servicios ecosistémicos se realizó partiendo de la información compilada en campo y en el componente demográfico del estudio y/o fuentes secundarias de información como la provista por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), la cual suministra las estadísticas de la Demografía y población a nivel nacional. Dicho análisis de la dependencia de la comunidad y del proyecto frente a los servicios ecosistémicos, se realizó partiendo de los criterios que se mencionan en la **Tabla 2-115**.

Tabla 2-115 Dependencia de los beneficiarios sobre los servicios ecosistémicos

DEPENDENCIA	DESCRIPCIÓN
Dependencia alta	Los medios de subsistencia de la comunidad dependen directamente del servicio ecosistémico.
Dependencia media	La comunidad se beneficia del servicio ecosistémico, pero su subsistencia no depende directamente del mismo.
Dependencia baja	La comunidad se beneficia del servicio ecosistémico, pero su subsistencia no depende directa ni indirectamente del mismo; existen múltiples opciones para el aprovechamiento del servicio ecosistémico.

Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024

- **Determinación de la dependencia de las obras del proyecto ante los servicios ecosistémicos**

A partir de información consignada en el Capítulo Demanda, uso, aprovechamiento de Recursos Naturales se realiza un análisis con el fin de determinar la dependencia de las actividades del proyecto respecto a los servicios ecosistémicos identificados previamente. Los impactos generados por las actividades asociadas a la ejecución del proyecto sobre los SSEE presentes en el área de influencia, se determinaron teniendo en cuenta la identificación y evaluación de impactos presentada en el Capítulo Evaluación ambiental considerando así mismo las características específicas del proyecto, así como los recursos a utilizar que puedan afectar los ecosistemas. El análisis de la dependencia del proyecto frente a los servicios ecosistémicos se realizó partiendo de los criterios que se mencionan en la **Tabla 2-116**.

Tabla 2-116 Dependencia de las obras del proyecto ante los servicios ecosistémicos

DEPENDENCIA	DESCRIPCIÓN
Dependencia alta	Las actividades que hacen parte integral y central del proyecto requieren directamente del servicio ecosistémico.
Dependencia media	Algunas actividades secundarias asociadas al proyecto dependen directamente del servicio ecosistémico, pero podría ser reemplazado por un insumo alternativo.
Dependencia baja	Las actividades principales o secundarias no dependen directamente del servicio ecosistémico.

Fuente: Metodología General para la Elaboración y Presentación de Estudios Ambientales 2018 MINAMBIENTE y ANLA.

- **Determinación de la tendencia de los servicios ecosistémicos**

Para la determinación de la tendencia de los servicios ecosistémicos identificados en el área de influencia del proyecto se tuvo en cuenta los criterios descritos en la **Tabla 2-117**.

Tabla 2-117 Tendencia de los servicios ecosistémicos

CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN
Creciente	La proyección del comportamiento del estado del servicio ecosistémico es ascendente.
Estable	La proyección del comportamiento del estado del servicio ecosistémico se mantiene en el nivel registrado actualmente.
Decreciente	La proyección del comportamiento del estado del servicio ecosistémico es descendente.

Fuente: Metodología general para la elaboración y presentación de estudios ambientales 2018

• Análisis de los resultados

La información obtenida y analizada respecto de los SSEE, se incorporó a fin de facilitar el proceso de evaluación y de servir como insumo de otros capítulos que componen el presente estudio. (Tabla 2-118).

Tabla 2-118 Tabla de referencia de los servicios ecosistémicos

CATEGORÍA	SERVICIO ECOSISTÉMICO	DEPENDENCIA DEL PROYECTO DEL SSEE	USUARIOS DEL SSEE (NÚMERO DE PERSONAS)	DEPENDENCIA DE LAS COMUNIDADES DEL SSEE	TENDENCIA DEL SSEE	IMPACTO DEL PROYECTO EN EL SSEE
Aprovisionamiento	Recurso Hídrico					
	Alimentos derivados de actividades agrícolas (cultivos)					
	Alimentos derivados de actividades pecuarias (ganadería, avicultura y porcicultura)					
	Productos comestibles de animales silvestres Caza					
	Productos comestibles de animales silvestres Pesca					
	Productos comestibles derivados de la acuicultura (piscicultura)					
	Madera					
Soporte	Leña y carbón vegetal					
	Provisión de hábitat y mantenimiento de cadenas tróficas					
	Provisión física para el establecimiento de la ganadería y/o agricultura					
	Dispersión de semillas y polinización					
Regulación	Control de erosión					
	Reducción de inundaciones					
	Regulación clima					
	Calidad de aire (absorción y almacenamiento de carbono)					
	Purificación del agua					
Culturales	Belleza escénica					
	Turismo y Recreación					

Fuente: Elaboración propia, 2024

2.3.3 Zonificación Ambiental

La zonificación ambiental tiene como finalidad identificar la oferta ambiental del área de influencia del proyecto, definida por el análisis de la relación de sensibilidad e importancia (S/I) ambiental, y a partir de lo anterior, se busca establecer áreas que conforman espacios donde interactúan elementos abióticos, bióticos y socioeconómicos, que definen las limitaciones de uso y la protección de los recursos naturales. Así mismo se busca establecer la aptitud del medio hacia el desarrollo del proyecto, teniendo en cuenta que una zona que presente mayor oferta ambiental (mayores áreas homogéneas con sensibilidad e importancia), tendrá menor aptitud hacia el proyecto.

Adicionalmente, el desarrollo de la zonificación ambiental se basa en el análisis realizado para el proyecto frente a la legislación socio ambiental vigente a nivel nacional, regional y en el municipio del área de influencia físico-biótica paisaje y del área de influencia socioeconómica, así como los resultados obtenidos en la caracterización o línea base del proyecto para los medios abiótico, biótico y socioeconómico presentada en el Capítulo 5. Caracterización del área de influencia del presente Estudio de Impacto Ambiental (EIA).

2.3.3.1 Metodología

El proceso metodológico empleado para la zonificación ambiental se planteó en cinco (5) fases, con las cuales se propone aplicar un modelo conceptual para la definición de áreas homogéneas.

Estas áreas fueron delimitadas mediante la identificación elementos comunes en su interior que presenten similitudes de sensibilidad o de importancia y que en la síntesis marquen diferencias con las que sea posible definir, en el área de influencia del proyecto, distintos niveles de aptitud de medio para la implantación del proyecto.

Así mismo, fueron establecidas a partir de la calificación y análisis de criterios ambientales de variables abióticas, bióticas, socioeconómicas y de los determinantes ambientales y de índole normativa existente, identificadas y priorizadas por el grupo de trabajo interdisciplinario del Estudio de Impacto Ambiental (EIA).

Para la zonificación ambiental se tomó como referencia la Metodología General para la Presentación de Estudios Ambientales del 2018 y lo establecido en los Términos De Referencia Específicos para la elaboración del Estudio De Impacto Ambiental Para el Proyecto Parque Solar Heliconia 60 MW y Su Línea de Transmisión Eléctrica De 115 kV.

2.3.3.1.1 Selección de componentes

Con base en la caracterización ambiental del área de influencia del proyecto, se seleccionaron los criterios más representativos de cada uno de los componentes de los medios abióticos, biótico y socioeconómico, con los cuales fue posible representar el área de influencia del proyecto. En el Cap. 5. Caracterización del área de influencia, se presenta de manera detallada la línea base socioambiental del proyecto.

2.3.3.1.2 Análisis de sensibilidad e importancia

Para el análisis de sensibilidad e importancia se formularon matrices de doble entrada para la toma de decisiones, estableciendo valores para la calificación de sensibilidad (S) e importancia (I) a partir de los rangos de calificación establecidos a continuación.

- Sensibilidad (S)

De acuerdo con la metodología aplicada, la valoración se define en cinco (5) categorías según la capacidad de asimilación o no de una intervención, así como la manifestación que tenga el medio para recuperarse o volver a su estado original. (**Tabla 2-119**).

Tabla 2-119 Rangos de sensibilidad ambiental

NIVEL DE SENSIBILIDAD	VALOR	DESCRIPCIÓN
Muy alta	5	Elemento natural, comunidad o ecosistema muy susceptible a ser alterado o modificado en su estructura y/o funcionamiento por acciones o condiciones externas relativamente leves. Son muy intolerantes a la perturbación con muy baja o ninguna capacidad de recuperación en el largo plazo.
Alta	4	Elemento natural, comunidad o ecosistema susceptible a ser alterado o modificado en su estructura y/o funcionamiento por acciones o condiciones externas relativamente leves. Son intolerantes a la perturbación con baja capacidad de recuperación en el largo plazo, en las que se deben adoptar medidas de manejo
Media	3	Elemento natural, comunidad o ecosistema moderadamente susceptible a ser alterado o modificado en su estructura y/o funcionamiento por acciones o condiciones externas relativamente leves. Son moderadamente tolerantes a la perturbación con capacidad de recuperación en el mediano plazo, mediante la adopción de medidas de manejo.
Baja	2	Elemento natural, comunidad o ecosistema poco susceptible a ser alterado o modificado en su estructura y/o funcionamiento por acciones o condiciones externas relativamente fuertes. Son tolerantes a la perturbación con buena capacidad de recuperación en el mediano plazo de forma natural.
Muy baja	1	Elemento natural, comunidad o ecosistema muy poco susceptible a ser alterado o modificado en su estructura y/o funcionamiento por acciones o condiciones externas relativamente fuertes

Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024

- Importancia (I)

La importancia se define de igual manera que la sensibilidad, en cinco 5 categorías, según la capacidad de ofrecer o prestar bienes o servicios ambientales, sociales, económicos o culturales al territorio. (**Tabla 2-120**).

Tabla 2-120 Rangos de importancia ambiental

NIVEL DE IMPORTANCIA	VALOR	DESCRIPCIÓN
Muy alta	5	Muy alta importancia (5): Elemento natural, comunidad o ecosistema con muy alta capacidad de generar y ofrecer bienes o servicios sociales y/o ambientales al medio que lo rodea, por lo que ante cualquier alteración pierden su capacidad de oferta en el corto plazo, poniendo en muy alto riesgo el suministro o equilibrio del ecosistema.
Alta	4	Alta importancia (4): Elemento natural, comunidad o ecosistema con alta capacidad de generar y ofrecer bienes o servicios sociales y/o ambientales al medio que lo rodea, por lo que ante cualquier alteración pone en riesgo el suministro o equilibrio del ecosistema en el corto plazo.
Media	3	Moderada importancia (3): Elemento natural, comunidad o ecosistema con moderada capacidad de generar y ofrecer bienes o servicios sociales y/o ambientales al medio que lo rodea, por lo que ante cualquier alteración pone puede poner en riesgo el suministro o equilibrio del ecosistema, dado que se altera ligeramente su capacidad de oferta en el corto plazo, reflejando una disminución en tal capacidad.
Baja	2	Baja importancia (2): Elemento natural, comunidad o ecosistema con baja capacidad de generar y ofrecer bienes o servicios sociales y/o ambientales al medio que lo rodea, por lo que ante cualquier alteración no pone en riesgo el suministro o equilibrio del ecosistema, dado que no se ve alterada su capacidad de oferta en el corto plazo.
Muy baja	1	Muy baja importancia (1): Elemento natural, comunidad o ecosistema con muy baja capacidad de generar u ofrecer bienes o servicios sociales y/o ambientales al medio que lo rodea, por lo que ante cualquier alteración no pone en riesgo el suministro o equilibrio del ecosistema puesto no presentan variación en su potencial.

Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024

De acuerdo con la metodología aplicada en la **Tabla 2-121** se presenta la interrelación de los grados de (S/I) el cual permitió establecer el proceso de zonificación del componente evaluado en el área de influencia del proyecto.

Tabla 2-121 Categorías de interacción entre sensibilidad e importancia

			NIVEL DE SENSIBILIDAD				
			MUY ALTA	ALTA	MEDIA	BAJA	MUY BAJA
			5	4	3	2	1
NIVEL DE IMPORTANCIA	MUY ALTA	5					
	ALTA	4					
	MEDIA	3					
	BAJA	2					
	MUY BAJA	1					

Fuente: SGS Colombia S.A.S., a partir de la Guía para la zonificación ambiental de áreas de interés petrolero, Ecopetrol S.A. (2013)

2.3.3.1.3 Mapas de zonificación intermedios

2.3.4 Mapas de zonificación intermedios

Con base en la definición de áreas homogéneas de cada uno de los componentes evaluados, se superponen o integran utilizando la suma de máximos, apoyados en un SIG y con herramientas de geoprocetamiento, dando como resultado las zonificaciones intermedias,

que reflejan los niveles de sensibilidad/importancia (S/I) desde la perspectiva abiótica, biótica, socioeconómica y cultural. A partir de las zonificaciones intermedias se repite el mismo procedimiento de superposición para obtener la zonificación final al incorporarle el marco legal y normativo que rige el entorno del proyecto. (**Tabla 2-122**).

Tabla 2-122 Esquemática de cruce de variables utilizando el promedio aritmético

zonificación física /abiótica	2	3
	1	4
Zonificación Biótica	2	4
	3	2
Zonificación Socioeconómica y cultural	2	2
	1	2
Zonificación ambiental por suma de máximos	2	4
	3	4

Fuente: Ecopetrol, Guía para la Elaboración de Estudios Ambientales Anexo 3. Zonificación Ambiental en áreas de interés petrolero, 2015. Adaptado por SGS Colombia. 2022.

Las áreas homogéneas de Sensibilidad/Importancia generadas al interior de cada criterio o elemento de evaluación son agrupadas sistémicamente para cada uno de los componentes (abiótico, biótico, socioeconómico y paisaje), empleando para ello una función característica de los Sistemas de Información Geográfica denominada "overlay", obteniendo así áreas homogéneas con similares niveles de Sensibilidad/Importancia al interior de los medios abiótico, biótico y socioeconómico, que dan como resultado las zonificaciones intermedias. En la **Tabla 2-123** se aprecia la obtención del promedio y reclasificación de categorías.

Tabla 2-123 Rangos de reclasificación de valor s/i

S/I Promedio		VALOR	ZONIFICACION (S/I)
RANGO INICIAL	RANGO FINAL		
4,51	5,0	5	MUY ALTA
3,51	4,5	4	ALTA
2,51	3,5	3	MEDIA
1,51	2,5	2	BAJA
1,0	1,5	1	MUY BAJA

Fuente: SGS Colombia S.A.S, 2024

Finalmente, el resultado de la síntesis de la zonificación en el espacio geográfico del estudio corresponde al cruce de las zonificaciones intermedias de Sensibilidad/Importancia para los tres medios (abiótico, biótico, socioeconómico y paisaje), donde el valor final es dado por el valor medio de los valores de las zonificaciones abiótica, biótica y socioeconómica, aplicando el criterio de la **Tabla 2-123**.

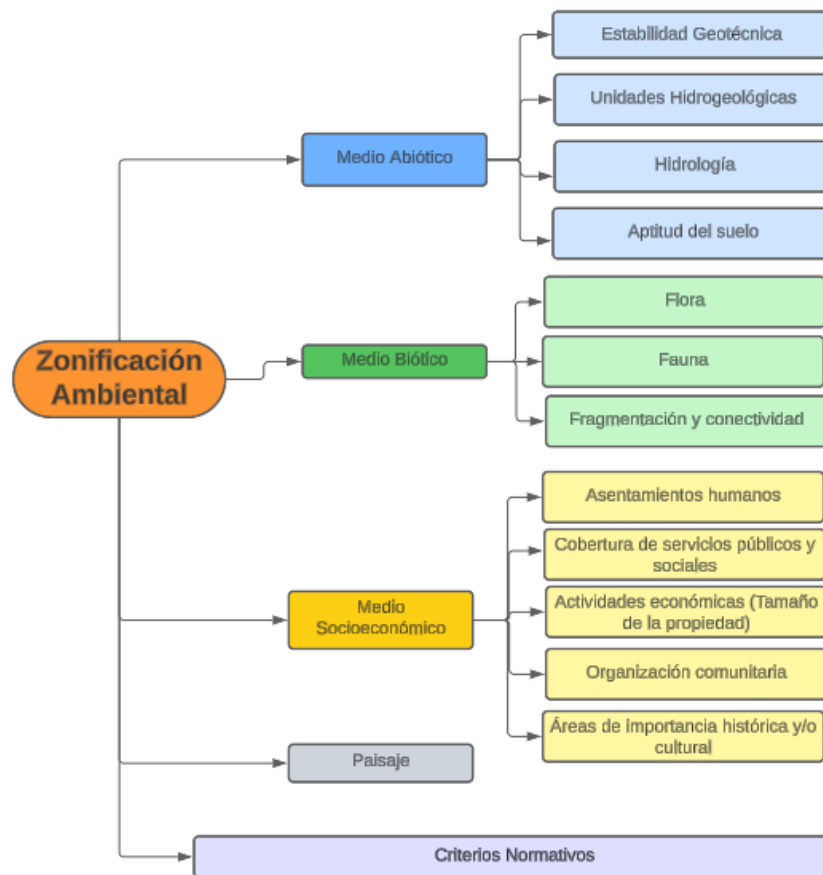
2.3.5 Análisis cartográfico

Una vez definidos los grados de calificación, se evalúa la sensibilidad e importancia para cada elemento de análisis junto con las restricciones normativas y se procede de forma cartográfica, para luego ser superpuestas o integradas dando como resultado las síntesis intermedias, que reflejan por una parte los niveles de sensibilidad y por otra los grados de importancia desde la perspectiva abiótica, biótica y socioeconómica.

La escala empleada para la elaboración de esta cartografía fue de 1:25.000 en el área de influencia del proyecto. (Ver **Anexo1 cartografía**).

A continuación, en la **Figura 2-55** se presenta el esquema metodológico para la obtención de la zonificación ambiental en donde se ilustra para cada medio evaluado (abiótico, biótico, socioeconómico y el componente normativo) los criterios definidos y su porcentaje de importancia, teniendo en cuenta que cada criterio presenta el mismo peso de acuerdo con el número de criterios considerados por cada componente de análisis.

Figura 2-55 Esquema metodológico para obtener la zonificación ambiental



Fuente: SGS Colombia S.A.S, 2024

2.3.6 Demanda, Uso, aprovechamiento y/o afectación de Recursos Naturales

Para determinar la demanda, uso, aprovechamiento y/o afectación de recursos naturales en el proyecto "Parque Solar fotovoltaico Heliconia 60 MW y su línea de transmisión eléctrica a 115 kV hacia la Subestación San Felipe", inicialmente se procedió a definir los alcances del proyecto, determinando las estrategias de uso de los recursos necesarios para el desarrollo de las actividades de construcción y operación del proyecto, encontrándose que no se requiere concesión de aguas superficiales, aguas subterráneas, ni permiso de vertimientos, ya que se solicitarán los servicios a terceros autorizados (en la etapa de construcción se utilizarán baños de las instalaciones existentes o portátiles, según se requiera, estos últimos recibirán mantenimiento por una empresa certificada, que recolectará, tratará y dispondrá éstos).

Mediante verificación en campo del área de influencia físico-biótica del proyecto, se identificaron las áreas susceptibles de intervención, realizando el inventario forestal con el fin de estimar el aprovechamiento forestal requerido por el proyecto, donde, se validó la presencia de flora en sus diferentes estados de desarrollo y formas de vida, presente en las coberturas de la tierra para las áreas de intervención. Teniendo como resultado la presencia de individuos de hábito arbóreo que requieren el aprovechamiento forestal para la construcción e implementación del proyecto.

Es de anotar que, la adquisición de materiales de construcción, disposición de los sobrantes de excavación y residuos sólidos se manejarán a través de terceros autorizados, motivo por el cual no se requiere realizar ninguna solicitud para explotación de materiales de construcción.

Por último, no se requiere permiso de emisiones atmosféricas, ya que las actividades a ejecutar por el proyecto no se contemplan dentro de los factores a partir de los cuales se requiere permiso de emisión atmosférica para fuentes fijas, según lo establecido en el Artículo 73 del Decreto 948 de 1995, contenido en el Decreto 1076 Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible, Artículo 2.2.5.1.7.2. *Casos que requieren permiso de emisión atmosférica*, no obstante, se realizó una modelación de calidad del aire para tres escenarios (escenario sin proyecto, escenario con proyecto y sin medidas de control y escenario con proyecto y con medidas de control).

2.3.7 Evaluación Ambiental

La evaluación ambiental presentada en este documento utilizo como punto de partida el método Ad-Hoc, la cual se desarrolla con la opinión de expertos y está basada en una o varias metodologías, o la adaptación de alguna de ellas.

Es así que para la evaluación de impactos se tomó un método directo, en el cual se requirió inicialmente de una identificación de impactos, cuyo resultado es una lista de impactos estandarizados que posteriormente serán evaluados individualmente para determinar su significancia; para este último se optó por un método ya establecido como es el Conesa simplificado, al cual se le planteo unas modificaciones en la cual se siguió haciendo uso de las definiciones de los atributos que plantea la metodología de Conesa sin modificar los nombres y significados de los mismos, con el fin de facilitar el proceso de evaluación.

Por lo anterior la identificación, valoración y análisis de los impactos en ambos escenarios se realizó con un equipo interdisciplinario; el cual evaluó los sistemas ambientales (Abiótico, Biótico, Socioeconómico y Paisaje) así como los componentes más susceptibles a la intervención antrópica. Para tal fin se partió de la información correspondiente a la caracterización ambiental de las áreas de influencia establecidas para el proyecto "Parque Solar Fotovoltaico Heliconia 60 MW y su línea de transmisión eléctrica a 115 kV hacia la Subestación San Felipe".

2.3.7.1 Parámetros de Calificación

Para la evaluación de los impactos generados se aplicó una adaptación de la metodología de Conesa (2010)⁵³ y Arboleda (2008)⁵⁴, las cuales basan su forma de calificación en la valoración de diferentes atributos relacionados con el efecto ambiental, tales como; la Extensión, Magnitud, Duración, Periodicidad, Resiliencia, Acumulación, Sinergia, Efecto, Reversibilidad y Recuperabilidad. A estos criterios se les asignó una calificación para obtener un valor acumulado final que permitió definir el grado de importancia del impacto. A continuación, se describe los criterios a evaluar de acuerdo con la metodología anteriormente descrita. (**Tabla 2-124**).

⁵³ Conesa Fernandez-Vitora, Vicente. Guía Metodológica para la Evaluación del Impacto Ambiental. 4 ed. Madrid: Mandí-Prensa, 2010.

⁵⁴ Arboleda, J. (2008). Manual de evaluación de impacto ambiental de proyectos, obras o actividades. Manual de evolución de impacto ambiental de proyectos, obras o actividades. Medellín.

Tabla 2-124 Parámetros de calificación matriz de impactos ambientales

CRITERIOS	DEFINICIÓN	SIGLA	INDICADOR	ESCALA	DESCRIPCIÓN	
					NEGATIVO	POSITIVO
CARÁCTER	Es una condición cualitativa que determina el sentido del cambio producido por una acción del proyecto sobre el ambiente. Puede ser Positivo (+) cuando el impacto produce una mejora en la calidad ambiental o Negativo (-) cuando el resultado de la acción produce una disminución de la calidad ambiental.		+/-		Cuando el resultado de la acción produce una disminución de la calidad ambiental del factor ambiental considerado.	Cuando el resultado de la acción sobre el factor ambiental produce una mejora de la calidad ambiental.
EXTENSIÓN	La extensión es un criterio de lugar, donde el impacto es evaluado en función de la ubicación o lugar donde se produce. Este atributo es también conocido como área de influencia según Arboleda y/o cobertura del impacto, el cual ha sido escalado por Conesa	EX	Puntual	1	Puntual: Cuando se afecta únicamente el sitio donde se está ejecutando la actividad que genera el impacto.	Puntual: Cuando el beneficio se da únicamente sobre el sitio donde se está ejecutando la actividad que genera el impacto.
			Parcial	2	Parcial: Si el efecto se manifiesta en un área mayor donde se ejecuta una actividad puntual.	Parcial: Si el efecto se manifiesta en un área mayor donde se ejecuta una actividad puntual.
			Amplio o extenso	4	Amplio o Extenso: Si el efecto se manifiesta en un área mayor donde se ejecuta la actividad puntual y parcial.	Amplio o Extenso: Si el efecto se manifiesta en un área mayor donde se ejecuta la actividad puntual y parcial.
			Total	8	Total: Si el impacto no admite una ubicación precisa dentro del entorno del proyecto este se considera total	Total: Si la afectación se manifiesta en más del 90% del área de estudio.

CRITERIOS	DEFINICIÓN	SIGLA	INDICADOR	ESCALA	DESCRIPCIÓN	
					NEGATIVO	POSITIVO
MAGNITUD DEL IMPACTO	<p>La magnitud es un criterio de valor, también establecido como un atributo de intensidad o magnitud relativa del impacto, Arboleda los clasifica como la dimensión o tamaño del cambio sufrido en el componente ambiental analizado por causa de una acción del proyecto.</p> <p>Es así como para efectos de esta metodología se refiere al grado de incidencia del impacto sobre el medio ambiente. Evalúa la gravedad de las consecuencias de la alteración producida en los componentes ambientales o sociales del área. En el caso de los impactos clasificados con carácter positivo, la magnitud del impacto tiene una relación inversamente proporcional a la descrita, como se muestra en la Tabla 2 74 presenta los rangos para la calificación de la intensidad.</p>	MG	Baja	1	Baja: Una afectación mínima y poco significativa.	Baja: Incidencia benéfica pero mínima y poco significativa sobre el medio.
			Media	2	Media: Se refiere a un grado de incidencia moderado del efecto sobre el medio.	Media: Se refiere a un grado de incidencia moderado del efecto sobre el medio.
			Alta	4	Alta: Grado de incidencia fuerte que actúa sobre el medio.	Alta: Grado de incidencia fuerte que actúa sobre el medio.
			Muy alta	8	Muy Alta: Grado de incidencia muy fuerte que actúa sobre el medio.	Muy Alta: Grado de incidencia muy fuerte que actúa sobre el medio.
DURACIÓN	Este criterio de tiempo de incidencia del impacto se puede evaluar en términos de atributos como duración, periodicidad y, momento o evolución. Para el método de Conesa la Persistencia (Pe)	D	Fugaz	1	Fugaz: duración menor a 1 año.	Fugaz: duración menor a 1 año.
			Temporal	2	Temporal: entre 1 y 12 años	Temporal: entre 1 y 12 años
			Prolongado	3	Prolongado: entre 1 y 10 años	Prolongado: entre 1 y 10 años

CRITERIOS	DEFINICIÓN	SIGLA	INDICADOR	ESCALA	DESCRIPCIÓN	
					NEGATIVO	POSITIVO
	y/o la duración (D) se trata del tiempo en que permanece el efecto sobre el medio y/o componente evaluado, desde su aparición, hasta que el factor afectado retome las condiciones iniciales previas a la acción, por medios naturales, o mediante la introducción de medidas correctoras		Permanente	4	Permanente: mayor de 10 años	Permanente: mayor de 10 años
PERIODICIDAD	La periodicidad se considera un criterio de tiempo, siendo este la regularidad de manifestación del efecto ya sea de manera continua o discontinua, o irregular de acuerdo con lo expresado por Conesa	PR	Irregular	1	Irregular: Se presenta de manera esporádica, con menor frecuencia y certeza.	Irregular: Se presenta de manera esporádica, con menor frecuencia y certeza.
			Periódico	2	Periódico: Cuando los plazos de manifestación presentan una regularidad y cadencia establecida.	Periódico: Cuando los plazos de manifestación presentan una regularidad y cadencia establecida.
			Continuo	4	Continuo: Las manifestaciones del efecto permanecen constantes en el tiempo.	Continuo: Las manifestaciones del efecto permanecen constantes en el tiempo.

CRITERIOS	DEFINICIÓN	SIGLA	INDICADOR	ESCALA	DESCRIPCIÓN	
					NEGATIVO	POSITIVO
RESILIENCIA	Capacidad intrínseca del ecosistema y/o comunidad receptora para absorber las perturbaciones generadas por el impacto, sin alterar significativamente sus características de estructura y funcionalidad, es decir, puede regresar a su estado original una vez que la perturbación ha terminado	Rs	Muy tolerante	1	Muy tolerante: Efectos ambientales y/o sociales son asimilados rápidamente y en su totalidad por el componente y/o la comunidad, desapareciendo las manifestaciones del impacto.	Muy tolerante: Efectos ambientales y/o sociales son asimilados rápidamente y en su totalidad por el componente y/o la comunidad, desapareciendo las manifestaciones del impacto.
			Tolerante	2	Tolerante: El impacto es asimilado en un periodo mayor de tiempo por el componente y/o la comunidad.	Tolerante: El impacto es asimilado en un periodo mayor de tiempo por el componente y/o la comunidad.
			Sensible	4	Sensible: El efecto es asimilado parcialmente. El componente y/o la comunidad no se recuperan fácilmente quedando pequeñas secuelas.	Sensible: El efecto es asimilado parcialmente. El componente y/o la comunidad no se recuperan fácilmente quedando pequeñas secuelas.
			Intolerante	6	Intolerante: La manifestación del impacto no desaparece ni es asimilada por el componente y/o la comunidad, los efectos se mantienen latentes sin permitir la recuperación del componente o dejando secuelas significativas al medio.	Intolerante: La manifestación del impacto no desaparece ni es asimilada por el componente y/o la comunidad, los efectos se mantienen latentes sin permitir la recuperación del componente o dejando secuelas significativas al medio.
ACUMULACIÓN	Se trata de un criterio de incidencia el cual busca que el impacto se evalúe según su certeza de ocurrencia, causas		Simple	1	Simple: Se presenta cuando el efecto se mantiene o se disminuye	Simple: Se presenta cuando el efecto se mantiene o se disminuye por la suspensión de la actividad que lo genera.

CRITERIOS	DEFINICIÓN	SIGLA	INDICADOR	ESCALA	DESCRIPCIÓN	
					NEGATIVO	POSITIVO
	y efectos secundarios. En cuanto la acumulación o tendencia, Conesa lo define como el incremento progresivo de la manifestación del efecto, cuando persiste de forma continuada o reiterada la acción que lo genera.				por la suspensión de la actividad que lo genera.	
			Acumulativo	3	Acumulativo: Se presenta cuando tras la continuidad de una acción el efecto se incrementa.	Acumulativo: Se presenta cuando tras la continuidad de una acción el efecto se incrementa.
SINERGIA	Al igual que el anterior, este se trata de un criterio de incidencia, el cual Conesa lo define como la acción de dos o más causas, cuyo efecto es superior a la suma de los efectos individuales, de igual forma, se refiere al efecto cuyo modo de acción induce con el tiempo a la aparición de otros nuevos, de superior manifestación.	SI	Sin sinergismo o simple	1	Sin sinergismo o simple: Cuando las acciones que provocan las manifestaciones actúan de manera independiente.	Sin sinergismo o simple: Cuando las acciones que provocan las manifestaciones actúan de manera independiente.
			Sinergismo moderado	2	Sinérgico moderado: Cuando las acciones que provocan las manifestaciones se dan de manera simultánea reforzando el efecto.	Sinérgico moderado: Cuando las acciones que provocan las manifestaciones se dan de manera simultánea reforzando el efecto.
			Sinérgico	4	Muy Sinérgico: Cuando las acciones que provocan las manifestaciones se dan de manera simultánea potencializando de forma significativa el efecto.	Muy Sinérgico: Cuando las acciones que provocan las manifestaciones se dan de manera simultánea potencializando de forma significativa el efecto.
EFFECTO	Es un criterio de incidencia, que para el método de Conesa, es el atributo de relación causa-efecto, es decir que alude a la forma de	EF	Secundario	1	Primario: A causa de las actividades del proyecto, el impacto se manifiesta en el componente por primera vez en el área influencia.	Primario: A causa de las actividades del proyecto, el impacto se manifiesta en el componente por primera vez en el área influencia.

CRITERIOS	DEFINICIÓN	SIGLA	INDICADOR	ESCALA	DESCRIPCIÓN	
					NEGATIVO	POSITIVO
	manifestación del efecto sobre un factor, como consecuencia de una acción.		Primario	3	Secundario: El impacto se manifiesta en el área de influencia del proyecto a causa de proyectos activos o inactivos que sean propios o externos.	Secundario: El impacto se manifiesta en el área de influencia del proyecto a causa de proyectos activos o inactivos que sean propios o externos.
REVERSIBILIDAD	Este criterio está dentro de los clasificados como de asimilación, es considerado por Conesa como la posibilidad de reconstrucción del componente o medio afectado por el proyecto, es decir, la posibilidad de retornar naturalmente a las condiciones iniciales previas a la acción, una vez se deja de actuar sobre el medio.	RV	Corto plazo	1	Corto plazo: Recuperación del medio en un periodo inferior a 1 año.	Corto plazo: Regresión del estado del medio en un periodo inferior a 1 año.
			Mediano Plazo	2	Mediano plazo: Recuperación del medio en un intervalo de 1 a 10 años.	Mediano plazo: Regresión del estado del medio en un intervalo de 1 a 10 años.
			Largo plazo	3	Largo Plazo: Recuperación del medio en un plazo entre diez (10) y quince (15) años	Largo Plazo: Recuperación del medio en un plazo entre diez (10) y quince (15) años
			Irreversible	4	Irreversible: Es aquel impacto cuya trascendencia en el medio, es de tal magnitud que es imposible revertirlo a su línea de base original.	Irreversible: Es aquel impacto cuya trascendencia en el medio, es de tal magnitud que es imposible revertirlo a su línea de base original.
RECUPERABILIDAD	Este criterio está dentro de los clasificados como de asimilación, es considerado por Conesa como la	MC	Corto plazo	1	Corto plazo: Se refiere a la disipación del impacto en el corto plazo.	Corto plazo: Se refiere a la disipación del impacto en el corto plazo.

CRITERIOS	DEFINICIÓN	SIGLA	INDICADOR	ESCALA	DESCRIPCIÓN	
					NEGATIVO	POSITIVO
	posibilidad de reconstrucción, total o parcial, del componente o medio afectado como consecuencia del proyecto, es decir, la posibilidad de retornar a las condiciones iniciales, previas a la actuación, por medio de la intervención humana, o sea, mediante la introducción de medidas correctoras y mitigación.		Mediano Plazo	2	Mediano plazo: La recuperación del medio o la disipación del impacto se da en el mediano plazo y/o concluye cuando la actividad generadora finaliza.	Mediano plazo: La recuperación del medio o la disipación del impacto se da en el mediano plazo y/o concluye cuando la actividad generadora finaliza.
			Largo plazo	4	Largo plazo: Cuando se deben implementar acciones dirigidas a reducir los impactos y efectos negativos o cuando se deben implementar acciones dirigidas a recuperar, restaurar o reparar las condiciones del medio ambiente afectado por un proyecto, obra o actividad	Largo Plazo: Cuando la implementación de acciones permite potencializar o aumentar los impactos y efectos positivos producto de un proyecto, obra o actividad.
			Irrecuperable	8	Irrecuperable: Cuando se deben implementar acciones dirigidas a resarcir y retribuir a las comunidades, las regiones, localidades y al entorno natural por los impactos o efectos negativos generados por un proyecto, obra o actividad, que no puedan ser evitados, corregidos, mitigados o sustituidos.	Irrecuperable: Se presume que el efecto generado por el impacto no se disipa en un plazo visible de tiempo y que parte de su incidencia se mantiene en el medio.

Fuente: Elaboración a partir de (Arboleda, 2008), (Conesa, 2010). Adaptado por SGS Colombia SAS., 2024

2.3.7.2 Metodología para la Evaluación de Impactos residuales

La evaluación de la residualidad se realiza con el fin de identificar el comportamiento de los impactos ambientales luego de que sean aplicadas las medidas de manejo, para esto se utilizan dos criterios: Tiempo de recuperación (TR) y eficacia (E) de la medida.

- **Tiempo de recuperación:** Con esta variable, se determina el tiempo que tardará en recuperarse el factor ambiental, a partir del momento en que se aplican las estrategias de manejo ambiental y las estrategias de seguimiento y monitoreo del proyecto.

El tiempo de recuperación está relacionado con el tipo de medida de manejo que se aplica, por ejemplo, al implementar medidas preventivas y de mitigación eficaces, el tiempo de recuperación del factor ambiental será inmediato, ya que el impacto se ha prevenido o manejado de forma adecuada. La aplicación de medidas de corrección puede conducir a períodos prolongados relacionados con la severidad del daño causado, la vulnerabilidad ambiental del factor y las medidas compensatorias solamente incluyen la indemnización a la comunidad cercana al daño generado. El tiempo de recuperación se calificó en los rangos establecidos en la **Tabla 2-125**.

Tabla 2-125 Clasificación para la valoración del tiempo de recuperación

CATEGORÍA CUALITATIVA	DESCRIPCIÓN	VALOR CUANTITATIVO
Largo plazo	Una vez se inicia la aplicación de la medida de manejo, el tiempo de recuperación es de muy largo plazo, más de cinco (5) años.	1
Recuperable a mediano plazo	Una vez se inicia la aplicación de la medida de manejo, el tiempo de recuperación del factor es menor a cinco (5) años.	3
Recuperabilidad a corto plazo	Una vez se inicia la aplicación de la medida de manejo, el tiempo de recuperación del factor es menor a un (1) año.	5
Inmediato	Una vez se aplica la medida de manejo, el factor ambiental retorna a las condiciones iniciales de forma inmediata o en menos de un (1) mes.	7

Fuente: Propuesta Metodológica para la Evaluación de Impacto Ambiental en Colombia (Martínez Prada, 2010) – modificado por SGS Colombia S.A.S., 2024

- **Eficacia de la medida manejo:** La eficacia de la medida de manejo, una vez implementada, permite establecer la capacidad que tiene de disminuir el nivel de afectación que causará el proyecto sobre el factor ambiental. La eficacia de la medida de manejo se clasifica, según los rangos establecidos en la **Tabla 2-126**.

Tabla 2-126 Clasificación para la valoración de la eficacia de la medida de manejo

CATEGORÍA CUALITATIVA	DESCRIPCIÓN	VALOR CUANTITATIVO
Muy Baja	Cuando la eficacia de la medida de manejo sea menor al 30%.	0
Baja	Cuando la eficacia de la medida de manejo se encuentre en el rango de 31% al 60%.	1
Media	Cuando el porcentaje de eficacia de la medida de manejo se encuentre en el rango de 61% al 80%.	5
Alta	Cuando el porcentaje de eficacia de la medida de manejo se encuentre en el rango de 81% al 99%.	10
Muy Alta	Cuando el porcentaje de eficacia de la medida de manejo sea del 100%.	15

Fuente: Propuesta Metodológica para la Evaluación de Impacto Ambiental en Colombia (Martínez Prada, 2010) – modificado por SGS Colombia S.A.S., 2024

Dadas las calificaciones a los impactos significativos resultado de la evaluación ambiental con la realización del proyecto, se procede a determinar la importancia de la recuperabilidad a través de la siguiente ecuación (**Ecuación 2-60**):

Ecuación 2-60 Recuperabilidad ambiental

$$I_{RB} = \pm(TR + E)$$

Dónde:

I_{RB} : representa la importancia de la recuperabilidad ambiental del factor en función de la calidad ambiental

E: representa la eficacia de la medida de manejo aplicada

TR: representa al tiempo de recuperación del impacto

Aplicando la anterior ecuación, los resultados obtenidos deben ser normalizados para obtener valores entre 0 y 1, que permitan determinar el nivel de importancia de cada impacto, de acuerdo con la escala dada por la siguiente ecuación (**Ecuación 2-61**):

Ecuación 2-61 Recuperación ambiental normalizada

$$I_{(RB)N} = \pm(|I_{RBN}| - \text{Mínimo})/(\text{Máximo} - \text{Mínimo})$$

Dónde:

Mínimo= 1

Máximo= 22

Luego de realizar el cálculo correspondiente para los impactos significativos (moderados, severos y críticos), se valora la importancia de la recuperabilidad con el fin de clasificarlos de acuerdo con lo relacionado en la **Tabla 2-127**, propuesta por (Martínez Prada, 2010).

Tabla 2-127 Sistema de clasificación para la importancia ambiental

RANGO DE LA $I_{(RB)N}$	VALORACIÓN	SIGNIFICADO
$\leq 0,35$	Baja	La importancia de la recuperabilidad del factor con relación al mejoramiento de la calidad ambiental es baja.
$>0,35<0,60$	Media	La importancia de la recuperabilidad del factor con relación al mejoramiento de la calidad ambiental es media.
$0,60<0,80$	Alta	La importancia de la recuperabilidad del factor con relación al mejoramiento de la calidad ambiental es alta.
$\geq 0,80$	Muy alta	La importancia de la recuperabilidad del factor con relación al mejoramiento de la calidad ambiental es muy alta.

Fuente: Propuesta Metodológica para la Evaluación de Impacto Ambiental en Colombia (Martínez Prada, 2010) – modificado por SGS Colombia S.A.S., 2024

- **Importancia neta:** Teniendo en cuenta que la importancia de la recuperabilidad mide el nivel de recuperación de la calidad ambiental del factor, se deriva la importancia neta, como una diferencia entre la importancia sin medidas de manejo ambiental y la importancia del impacto con medidas de manejo ambiental. Para hallar este resultado se utiliza la siguiente ecuación (**Ecuación 2-62**):

Ecuación 2-62 Importancia Neta

$$I_{NETA} = I - (I * I_{RB})$$

Dónde:

INETA: representa la importancia neta después de aplicar las medidas de manejo ambiental

IRB: representa la importancia normalizada de la recuperabilidad ambiental

I: representa la importancia sin medidas de manejo

En la **Tabla 2-128** se presentan los rangos utilizados para definir la importancia neta de los impactos residuales.

Tabla 2-128 Clasificación para la valoración de la importancia neta

RANGO DE LA I_{neta}^*	CATEGORÍA	VALORACIÓN
< 28	Irrelevante	El impacto residual después de aplicadas las medidas de manejo ambiental presenta una intensidad muy baja sobre el factor y no se constituye en un riesgo significativo para la pérdida de calidad ambiental.
>28<41	Moderado	El impacto residual después de aplicadas las medidas de manejo ambiental presenta una intensidad media sobre el factor que obliga a considerar nuevas medidas de manejo ambiental para el manejo de los impactos.
>41<54	Severo	El impacto residual después de aplicadas las medidas de manejo ambiental presenta una intensidad alta sobre el factor que obliga a considerar nuevas alternativas para la ejecución de las acciones previstas o medidas especiales/específicas para el control de los efectos al entorno.
>54	Crítico	El impacto residual después de aplicadas las medidas de manejo ambiental presenta una intensidad muy alta sobre el factor que obliga a considerar nuevas alternativas para la ejecución de las acciones

Fuente: Propuesta Metodológica para la Evaluación de Impacto Ambiental en Colombia (Martínez Prada, 2010) – modificado por SGS Colombia S.A.S., 2024

2.3.7.3 Metodología para la evaluación de impactos sinérgicos y acumulativos

Para el proceso de definición de impactos sinérgicos y acumulativos se realiza una comparación de los impactos que actualmente se están presentando en el área de influencia con los que potencialmente se podrían presentar durante el desarrollo del proyecto. Para este último escenario se tienen en cuenta los impactos potenciales identificados, que se pueden presentar por las interacciones actividad- impacto bajo el escenario más crítico de acuerdo a los componentes evaluados. De esta forma, se establece en primera instancia que impactos se manifiestan en el escenario sin proyecto y en el escenario con proyecto y posteriormente la identificación y descripción de los impactos que podrían presentar acumulativos al desarrollar el proyecto.

2.3.7.4 Cálculo de Índice de importancia ambiental

Dentro de la valoración ambiental del proyecto, es importante la determinación de la importancia ambiental de los impactos identificados, siendo esto el resultado del análisis y la evaluación de múltiples criterios (cualitativos y/o cuantitativos).

Estableciendo así, para cada uno de los impactos y su significancia, las medidas de manejo según su resultado entre las que se pueden efectuar actividades encaminadas a la prevención, corrección, mitigación y/o compensación.

La significancia ambiental (otros autores como Conesa⁵⁵ la denominan importancia o gravedad) se obtuvo de la aplicación del algoritmo que se relaciona a continuación. (**Ecuación 2-63**)

⁵⁵ Ibídem

Ecuación 2-63 Importancia ambiental

$$IA = +/-(2EX) + (3MG) + D + PR + R_s + AC + SI + EF + RV + MC)$$

De acuerdo con los valores asignados a cada uno de los criterios evaluados, la importancia ambiental puede variar entre 25 y 100 unidades, que en concordancia con la metodología de Conesa, se establece la siguiente escala de significancia para impactos negativos y positivos como se muestra en la **Tabla 2-129** y **Tabla 2-130**.

Tabla 2-129 Clasificación y rangos de los impactos de naturaleza negativa

IMPACTOS NATURALEZA NEGATIVA	
IRRELEVANTE	<-25
MODERADO	-26 A -50
SEVERO	-51 A -75
CRITICO	-76 A -100

Fuente: Propuesta Metodológica para la Evaluación de Impacto Ambiental en Colombia (Martinez Prada, 2010) – modificado por SGS Colombia S.A.S., 2024

Los impactos positivos fueron clasificados en rangos denominados Considerables, Relevantes y Muy Relevantes, asimismo resaltados en la matriz de valor de importancia (**Tabla 2-130**).

Tabla 2-130 Clasificación y rangos de los impactos de naturaleza positiva

IMPACTOS NATURALEZA POSITIVA	
CONSIDERABLES	13 A 30
RELEVANTES	31 A 47
MUY RELEVANTES	48 A 100

Fuente: Propuesta Metodológica para la Evaluación de Impacto Ambiental en Colombia (Martinez Prada, 2010) – modificado por SGS Colombia S.A.S., 2024

2.3.7.5 Metodología para la evaluación de impactos residuales

La evaluación de la residualidad se realiza con el fin de identificar el comportamiento de los impactos ambientales luego de que sean aplicadas las medidas de manejo, para esto se utilizan dos (2) criterios: Tiempo de recuperación (TR) y eficacia (E) de la medida. El análisis de impactos residuales se desarrolló bajo la metodología para la evaluación de impacto ambiental (MARTÍNEZ, 2010).

- **Tiempo de recuperación:** Con esta variable, se determina el tiempo que tardará en recuperarse el factor ambiental, a partir del momento en que se aplican las estrategias de manejo ambiental y las estrategias de seguimiento y monitoreo del proyecto.

El tiempo de recuperación está relacionado con el tipo de medida de manejo que se aplica, por ejemplo, al implementar medidas preventivas y de mitigación eficaces, el tiempo de recuperación del factor ambiental será inmediato, ya que el impacto se ha prevenido o manejado de forma adecuada. La aplicación de medidas de corrección puede conducir a períodos prolongados relacionados con la severidad del daño causado, la vulnerabilidad ambiental del factor y las medidas compensatorias solamente incluyen la indemnización a la comunidad cercana al daño generado. El tiempo de recuperación se calificó en los rangos en la **Tabla 2-131**.

Tabla 2-131 Clasificación para la valoración del tiempo de recuperación

Categoría Cualitativa	Descripción	Valor Cuantitativo
Largo plazo	Una vez se inicia la aplicación de la medida de manejo, el tiempo de recuperación es de muy largo plazo, más de cinco (5) años.	1
Recuperable a mediano plazo	Una vez se inicia la aplicación de la medida de manejo, el tiempo de recuperación del factor es menor a cinco (5) años.	3
Recuperabilidad a corto plazo	Una vez se inicia la aplicación de la medida de manejo, el tiempo de recuperación del factor es menor a un (1) año.	5
Inmediato	Una vez se aplica la medida de manejo, el factor ambiental retorna a las condiciones iniciales de forma inmediata o en menos de un (1) mes.	7

Fuente: Propuesta Metodológica para la Evaluación de Impacto Ambiental en Colombia (Martínez Prada, 2010) – modificado por SGS COLOMBIA S.A.S. 2024.

- **Eficacia de la medida de manejo:** La eficacia de la medida de manejo, una vez implementada, permite establecer la capacidad que tiene de disminuir el nivel de afectación que causará el proyecto sobre el factor ambiental. La eficacia de la medida de manejo se clasifica, según los rangos establecidos en la **Tabla 2-132**.

Tabla 2-132 Clasificación para la valoración de la eficacia de la medida de manejo

Categoría Cualitativa	Descripción	Valor Cuantitativo
Muy Baja	Cuando la eficacia de la medida de manejo sea menor al 30%.	0
Baja	Cuando la eficacia de la medida de manejo se encuentre en el rango de 31% al 60%.	1
Media	Cuando el porcentaje de eficacia de la medida de manejo se encuentre en el rango de 61% al 80%.	5
Alta	Cuando el porcentaje de eficacia de la medida de manejo se encuentre en el rango de 81% al 99%.	10
Muy Alta	Cuando el porcentaje de eficacia de la medida de manejo sea del 100%.	15

Fuente: Propuesta Metodológica para la Evaluación de Impacto Ambiental en Colombia (Martínez Prada, 2010) modificado por INGEDISA S.A., 2022

Dadas las calificaciones a los impactos significativos resultado de la evaluación ambiental con la realización del proyecto, se procede a determinar la importancia de la

recuperabilidad a través de la siguiente ecuación (**Ecuación 2-64**):

Ecuación 2-64 Importancia de la recuperabilidad

$$I_{RB} = \pm(TR + E)$$

Dónde:

I_{RB} : representa la importancia de la recuperabilidad ambiental del factor en función de la calidad ambiental

E: representa la eficacia de la medida de manejo aplicada

TR: representa al tiempo de recuperación del impacto

Aplicando la anterior ecuación, los resultados obtenidos deben ser normalizados para obtener valores entre 0 y 1, que permitan determinar el nivel de importancia de cada impacto, de acuerdo con la escala dada por la siguiente ecuación (**Ecuación 2-65**):

Ecuación 2-65 Importancia de la recuperabilidad normalizado.

$$I_{(RB)N} = \pm(|I_{RB}| - \text{Mínimo}) / (\text{Máximo} - \text{Mínimo})$$

Dónde:

Mínimo= 1

Máximo= 22

Luego de realizar el cálculo correspondiente para los impactos significativos (moderados, severos y críticos), se valora la importancia de la recuperabilidad con el fin de clasificarlos de acuerdo con lo relacionado en la **Tabla 2-133**, propuesta por (Martínez Prada, 2010).

Tabla 2-133 Sistema de clasificación para la importancia ambiental

Rango de la $I_{(RB)N}$	Valoración	Significado
$\leq 0,35$	Baja	La importancia de la recuperabilidad del factor con relación al mejoramiento de la calidad ambiental es baja.
$>0,35 < 0,60$	Media	La importancia de la recuperabilidad del factor con relación al mejoramiento de la calidad ambiental es media.
$0,60 < 0,80$	Alta	La importancia de la recuperabilidad del factor con relación al mejoramiento de la calidad ambiental es alta.
$\geq 0,80$	Muy alta	La importancia de la recuperabilidad del factor con relación al mejoramiento de la calidad ambiental es muy alta.

Fuente: Propuesta Metodológica para la Evaluación de Impacto Ambiental en Colombia (Martínez Prada, 2010) – modificado por SGS Colombia S.A.S. 2024

Importancia neta: Teniendo en cuenta que la importancia de la recuperabilidad mide el nivel de recuperación de la calidad ambiental del factor, se deriva la importancia neta, como una diferencia entre la importancia sin medidas de manejo ambiental y la importancia del impacto con medidas de manejo ambiental. Para hallar este resultado se utiliza la siguiente ecuación (**Ecuación 2-66**):

Ecuación 2-66 Importancia neta

$$I_{NETA} = I - (I * I_{RB})$$

I_{NETA} : representa la importancia neta después de aplicar las medidas de manejo ambiental
 I_{RB} : representa la importancia normalizada de la recuperabilidad ambiental
 I : representa la importancia sin medidas de manejo

En la **Tabla 2-134** se presentan los rangos utilizados para definir la importancia neta de los impactos residuales.

Tabla 2-134 Clasificación para la valoración de la importancia ambiental

Rango de la i_{neta}^*	Categoría	Valoración
< 28	Irrelevante	El impacto residual después de aplicadas las medidas de manejo ambiental presenta una intensidad muy baja sobre el factor y no se constituye en un riesgo significativo para la pérdida de calidad ambiental.
>28<41	Moderado	El impacto residual después de aplicadas las medidas de manejo ambiental presenta una intensidad media sobre el factor que obliga a considerar nuevas medidas de manejo ambiental para el manejo de los impactos.
>41<54	Severo	El impacto residual después de aplicadas las medidas de manejo ambiental presenta una intensidad alta sobre el factor que obliga a considerar nuevas alternativas para la ejecución de las acciones previstas o medidas especiales/específicas para el control de los efectos al entorno.
>54	Crítico	El impacto residual después de aplicadas las medidas de manejo ambiental presenta una intensidad muy alta sobre el factor que obliga a considerar nuevas alternativas para la ejecución de las acciones

Fuente: Propuesta Metodológica para la Evaluación de Impacto Ambiental en Colombia (Martínez Prada, 2010) – modificado por SGS Colombia S.A.S. 2024.

2.3.8 Evaluación económica Ambiental

Atendiendo la metodología para la valoración económica de los impactos ambientales propuesta en el Manual de Evaluación Económica del Ministerio, hoy vigente de acuerdo con el Decreto 2820 de 2010 y ratificado en el Decreto 1076 de 2015, inicialmente se realizó una proyección de impactos como elemento básico para la decisión de valoración económica; igualmente se tuvo en cuenta la Resolución 1669 del 15 de agosto de 2017, mediante la cual

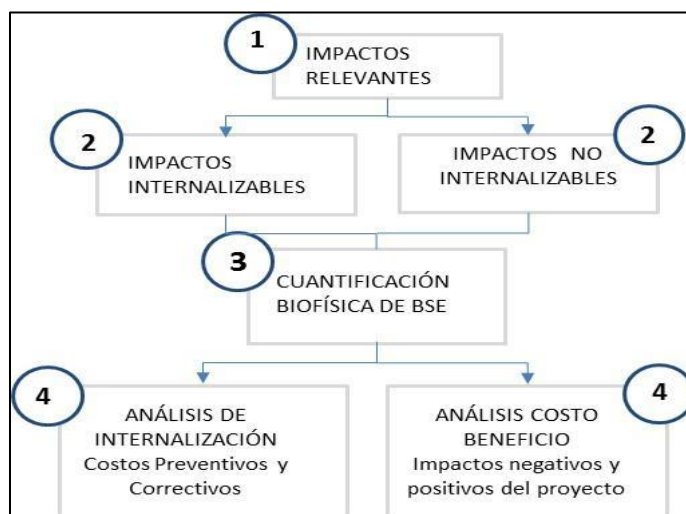
se adoptan los Criterios Técnicos para el Uso de Herramientas Económicas en los Proyectos, obras o actividades objeto de Licencia Ambiental o instrumentos equivalente.

2.3.8.1 Internalización de impactos ambientales.

Siguiendo los lineamientos de este Manual, técnicamente no es viable realizar la valoración económica a todos los impactos ambientales definidos en el estudio. Se empezó analizando cada impacto con el fin de identificar si este puede ser internalizable, o si por el contrario generaba efectos residuales en el contexto en donde se desarrolla.

Una vez se determinó que el impacto era internalizable se llevó a cabo su respectivo análisis a través de la cuantificación monetaria de las medidas de manejo ambiental; aquellos que se identificaron como no atendidos al 100% por las medidas de manejo en prevención y corrección fueron sometidos al ejercicio de valoración económica (**Figura 2-56**).

Figura 2-56 Proceso de proyección y control de impactos ambientales



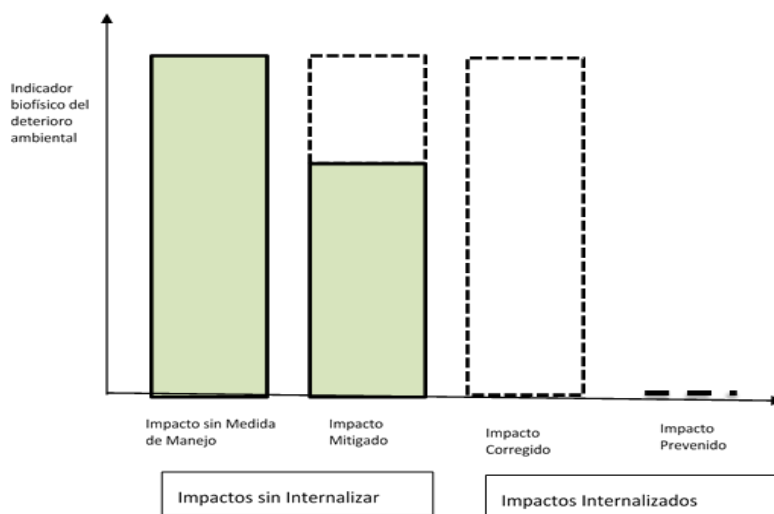
Fuente: Grupo de Valoración Económica de la ANLA, 2015

De esta forma, la evaluación ambiental permitió una primera aproximación para la selección de los impactos a valorar, considerándose que aquellos impactos que obtienen mayor calificación de importancia ambiental serán susceptibles de aplicar al análisis de valoración económica.

Se partió entonces de la jerarquización de los impactos de acuerdo con su calificación de importancia ambiental; para los impactos con la menor calificación, es decir, impactos evaluados como "Irrelevantes", se considera que las medidas de manejo propuestas lo previenen, controlan, y/o corrigen y por tanto, se consideran pocos significativos y no serán objeto de la cuantificación monetaria. Mientras que los impactos relevantes y significativos serán aquellos cuya evaluación ambiental mostró calificaciones de importancia, igual o superior a "Moderado".

Con el fin de tener un análisis de integralidad de los impactos para la valoración económica, se seguirá la propuesta del Grupo de Valoración Económica de la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA) presentada en el documento "Manual técnico para el uso de herramientas económicas en las diferentes etapas del licenciamiento ambiental" (2015)⁵⁶. De esta forma, después de la proyección de impactos, se deberán clasificar en internalizados y no internalizados (o residuales o valorados económicamente). La **Figura 2-57** muestra el esquema metodológico que se seguirá para el análisis de los impactos y posteriormente se exponen los métodos de valoración económica que se utilizarán para cada caso. Es importante insistir, que los impactos internalizados son aquellos de los cuales se puede demostrar que mediante las estrategias de manejo las afectaciones a los bienes y servicios ecosistémicos asociados se pueden prevenir, controlar y/o corregir con una efectividad del 100%; diferente a los impactos valorados económicamente cuyas afectaciones no pueden ser prevenidas totalmente, más si son mitigadas o compensadas con la implementación de los programas de manejo ambiental.

Figura 2-57 Identificación de impactos internalizables y no internalizables



Fuente: Grupo de Valoración Económica de la ANLA, 2015

Este paso consistió en estudiar las medidas propuestas en el Plan de Manejo Ambiental del proyecto e identificar cuáles permiten atender adecuada y eficientemente al impacto internalizable (**Figura 2-57**). Posteriormente, se tomaron los costos discriminados de estas estrategias de manejo para mostrar la forma en que son destinados los recursos y su eficiencia para alcanzar el objetivo propuesto en cada programa, asociando los indicadores y metas que miden la efectividad de la implementación de la medida de manejo ambiental.

⁵⁶ Autoridad Nacional de Licencias Ambientales – ANLA. (2015). Manual técnico para el uso de herramientas económicas en las diferentes etapas del licenciamiento ambiental. Documento Borrador.

Para la estimación de los costos ambientales anuales fue necesario detallar los rubros más representativos de las medidas de manejo utilizadas con el fin de aproximarse a una cuantificación económica del impacto internalizable, utilizando la propuesta del Grupo de Valoración Económica de la ANLA (2015)⁵⁷ donde se indica la modificación al modelo de internalización de impactos propuesto por Wang y Li (2010)⁵⁸, en el cual los costos ambientales totales involucran el valor del consumo de los recursos ambientales y las inversiones para el mantenimiento de la calidad ambiental, como se representa en la siguiente ecuación (**Ecuación 2-67**) :

Ecuación 2-67 Estimación de costos ambientales

$$EC_i = CT_i + CO_i + CPI$$

EC_i : son los costos ambientales totales en el año i .

CT_i : son los costos de transacción – incluye el valor de los impuestos, tasas, tarifas y precios de mercado que la empresa paga por el uso del bien o servicio ambiental en el año i .

CO_i : son los costos operativos, es decir, la inversión que realiza la empresa para mantener la calidad ambiental incluye todos los pagos por control de la contaminación (adquisición, funcionamiento y mantenimiento de equipo de tratamiento y monitoreo, gastos en manejo ambiental, gastos en restauración, siembras, cerramientos, entre otros). Esta información puede corresponder a los costos de las actividades contempladas en las medidas de manejo ambiental para corrección y prevención en el año i .

CPI : son los costos de personal – corresponde a los costos de personal requerido para la ejecución de cada medida en el año i .

Después de que se realizaron los tres pasos que se enunciaron anteriormente, se demostró cuáles eran los impactos internalizables. Los que por el contrario generaron incertidumbre o para los cuales fue difícil establecer su prevención o control mediante la aplicación de las respectivas medidas de manejo, para estos impactos podrá cerrarse su cuantificación biofísica en etapa ex-post, previa comprobación de los efectos ocasionados cuando el proyecto ya ha sido emplazado en el territorio, o se llevaron a valoración monetaria, es de resaltar que los impactos que no se pueden internalizar son objeto de valoración económica; a continuación se explica a detalle para cada uno de los casos..

2.3.8.2 Valoración económica de los impactos no internalizados

Los impactos que no eran internalizables mediante las medidas de manejo ambiental, debido a que generaban efectos residuales, fueron los impactos que se sometieron al proceso de valoración económica. Estos impactos, al igual que los Internalizables, se asociaron a un Bien

⁵⁷ Autoridad Nacional de Licencias Ambientales – ANLA. (2015). Manual técnico para el uso de herramientas económicas en las diferentes etapas del licenciamiento ambiental. Documento Borrador.

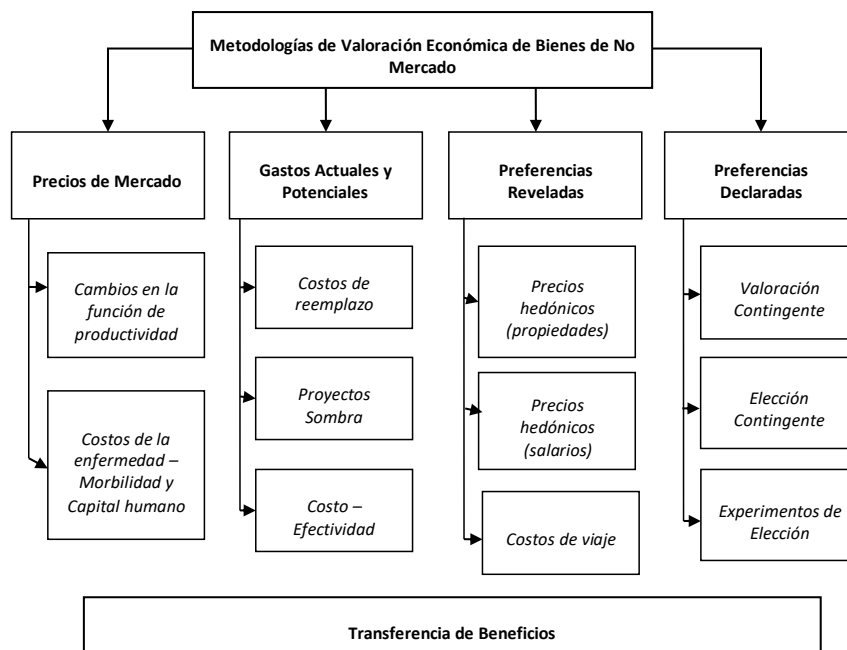
⁵⁸ Wang, Y. y Li, X. (2010). The models for internalization of environmental cost in Tech-Eco Assessment. Proceedings of the 7th International Conference on Innovation & Management. pp 311-314. http://www.pucsp.br/icim/ingles/downloads/papers_2010/part_3/The%20Models%20for%20Internalization%20of%20Environmental%20Costs.pdf

o Servicio Ecosistémico (BSE), y a través de estos se definieron el indicador de Línea Base que permitió la cuantificación biofísica, es decir que esta parte del análisis es compartida para ambos tipos de impactos.

A continuación, se presentan los conceptos y criterios de las metodologías de valoración económica que se aplicaron según el caso en la evaluación cuantitativa de los impactos seleccionados, de acuerdo con su especificidad (**Figura 2-58**).

Es importante anotar que se entenderán como métodos indirectos aquellos que se basan en información secundaria o en datos de mercados paralelos o sustitutos para estimar el valor económico del BSE en cuestión, como son las técnicas basadas en Precios de Mercado y en Gastos Actuales y Potenciales. Los métodos directos están asociados a aquellos que requieren levantar información primaria para la estimación del valor y con ello simular un mercado; son principalmente las metodologías clasificadas como de Preferencias Reveladas y Preferencias Declaradas. También dentro de este ejercicio de valoración económica se contempló el uso de los métodos de Transferencias de Beneficios, que consiste en extrapolar los resultados de un ejercicio de valoración siempre y cuando las condiciones del contexto y objeto de estudio sean muy similares.

Figura 2-58 Metodología de Valoración Económica



Fuente: Elaboración propia, C&MA, 2023, basado en: Centro de Estudios sobre Desarrollo Económico (CEDE) – Universidad de los Andes, 2010

✓ *Método de precios de Mercado*

Este método permite estimar los valores económicos de los productos y/o servicios de los ecosistemas que pueden ser comprados y vendidos en los mercados comerciales, y es utilizado para cuantificar los cambios de valor en la cantidad o calidad de un bien o servicio. Dentro de este se incluyen los cambios en la productividad, que son la medida de los cambios físicos en la producción debido a cambios ambientales usando precios de mercado para los insumos y productos.

✓ *Método basado en gasto*

Este permite relacionar el valor económico de las afectaciones con los costos en que se incurre para reparar el daño generado por el proyecto sobre el ecosistema. El supuesto fundamental es que los costos de evitar daños o la sustitución de ecosistemas o servicios proporcionan estimaciones útiles del valor de estos ecosistemas o servicios. Los enfoques correspondientes a este tipo de metodologías son los Costos de reemplazo, Proyectos sombra y Costo – Efectividad.

El enfoque de Costos de Reemplazo parte del supuesto que es posible medir los costos en que se incurre para reemplazar los daños en activos generados por el proyecto; este costo puede ser interpretado como una estimación de los beneficios relacionados con las medidas diseñadas para prevenir el daño.

✓ *Método de Preferencias Reveladas*

Reciben este nombre porque el valor económico del bien se obtiene a través del análisis de los comportamientos de los consumidores en mercados similares o paralelos. En estos casos, las decisiones respecto al bien de mercado sirven como aproximación de las que tendrían lugar respecto al bien sin mercado.

El método de los Precios Hedónicos tiene como finalidad determinar en qué medida las distintas características de un bien participan en su precio de mercado y discriminar de esta forma su importancia cuantitativa. Por ejemplo, en los bienes ambientales se considera la variable ambiental como un dato que influye en el precio que el individuo está dispuesto a pagar por un determinado bien de mercado.

Los Costos de Viaje estiman la valoración de un bien público a través de los costes de desplazamiento desde el lugar de origen del individuo hasta el lugar donde se encuentra el bien que se va a disfrutar.

✓ *Método de Preferencias Declaradas*

Dentro de estas metodologías se encuentran los métodos de Valoración Contingente, Elección Contingente y Experimentos de Elección.

El método de Valoración Contingente consiste en simular un mercado mediante un cuestionario, donde se le pregunta a los individuos por la máxima cantidad de dinero que estaría dispuesto a pagar (o alternatively, dispuesto a aceptar) por mejorar, conservar y mantener (o pérdida) la calidad de un bien o servicio. La aplicación de este método parte de

la definición del escenario de cambio en el ecosistema por el cual se le preguntará a las personas su Disponibilidad a Pagar (DAP), o disponibilidad a aceptar (DAA), por evitar (o aceptar) afectaciones en su bienestar. Definido el escenario, debe establecerse un vehículo de pago objetivo y creíble que permita simular una estructura de mercado.

✓ *Método de Transferencias de Beneficios y otros métodos*

Se tuvo en cuenta que, desde el punto de vista de la Economía del Bienestar, los impactos relevantes son los que tienen que ver con la afectación del bienestar que una actividad económica pueda generar en una población específica y que deberán buscarse valoraciones económicas en contextos y proyectos cercanos.

Existen otras técnicas de valoración económica con métodos indirectos, por ejemplo, los costos inducidos o los análisis de mercados paralelos, que consisten básicamente en encontrar el valor de los impactos mediante el análisis del comportamiento de los bienes sustitutos y/o paralelos, al bien de estudio en un mercado real⁵⁹. Es decir, con el enfoque indirecto se utiliza información obtenida a partir de los mercados convencionales sobre bienes relacionados con los ambientales, para estimar una ecuación de demanda por el bien convencional que permita encontrar de manera indirecta el valor del bien o servicio ambiental⁶⁰.

Se recurre a los métodos indirectos ya que en ocasiones las limitaciones en la información, los presupuestos asignados para desarrollar estudios, la participación de la comunidad y/o el tiempo para atender las solicitudes de los órganos de control, tanto públicos como privados, no permiten la implementación adecuada de un ejercicio de investigación mediante un método de valoración directa.

2.3.8.3 Análisis Beneficio Costo (ACB)

El Análisis Beneficio Costo (ABC) permitió realizar un balance entre los efectos ambientales positivos y negativos que genera un proyecto de infraestructura y desarrollo, con el objetivo de determinar si éste es conveniente para la sociedad en términos ambientales. El ABC toma las valoraciones económicas de las afectaciones sobre los flujos de bienes y servicios ecosistémicos de mayor relevancia y significancia; estas estimaciones son incluidas en un flujo de costos y beneficios con una distribución temporal acorde con la duración de cada efecto (impacto) y el horizonte del proyecto (vida útil).

Los beneficios son un indicador de generación de bienestar en el ámbito social, ambiental o económico, que obtiene la población objetivo en el momento en que se ejecuta un proyecto y

⁵⁹ González, M. (2000). "Preferencias de los individuos por los espacios recreativos: dos aplicaciones en Galicia", Estudios de Economía Aplicada, 16: 93–110

⁶⁰ Mendieta, J. C. (2001). "Manual de valoración económica de bienes no mercadeables: aplicaciones de las técnicas de valoración no mercadeable y el análisis costo beneficio y medio ambiente". Universidad de los Andes, documento CEDE 99-10, Bogotá-Colombia

están relacionados con los impactos de naturaleza positiva. Los costos, por su parte, son el valor de los impactos negativos generados por el proyecto. Ambos tipos de impactos se evalúan económicamente con las metodologías presentadas anteriormente.

Una vez consolidados los flujos de costos y beneficios del proyecto, estos se descuentan utilizando la Tasa Social de Descuento (TSD) de acuerdo con el tipo de proyecto y su duración para obtener el Valor Presente Neto (VPN) de los beneficios versus los costos. Definir adecuadamente la TSD, conocida también como Tasa de Descuento Económica, permite asumir en la valoración un criterio de sostenibilidad, en el que los nuevos proyectos incluyen programas de compensación que tienen como objetivo recuperar el Stock de Capital afectado por el proyecto (Dixon y Pagiola, 1998)⁶¹. La TSD es uno de los parámetros más importantes en la VEA de proyectos por ser el factor que permite comparar los beneficios y los costos económicos del proyecto en diferentes momentos del tiempo y con relación al mejor uso alternativo de esos recursos.

El criterio de decisión en el ABC es la Relación Beneficio Costo (RBC). Los resultados del indicador RBC "muestran la relación de un proyecto, en términos del bienestar social que genera, lo cual se toma como criterio de la rentabilidad de cada alternativa desde un punto de vista social. Así, se dice que una RBC mayor a uno, significa que el proyecto genera resultados económicamente positivos para la sociedad" (Diakoulaki y Karangelis, 2007)⁶².

La RBC está definida como el cociente entre el VPN de los beneficios y el VPN de los costos, tal como se muestra en la siguiente ecuación. Los resultados de este indicador muestran la relación de un proyecto en términos del bienestar social y ambiental que genera (**Ecuación 2-68**).

Ecuación 2-68 Relación Beneficio Costo

$$RBC = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{B_i}{(1+r)^i}}{\sum_{i=1}^n \frac{C_i}{(1+r)^i}} = \frac{VPN_{Beneficios}}{VPN_{Costos}}$$

Dónde:

B_i son los beneficios ambientales del proyecto en el período i ;

C_i son los costos ambientales del proyecto en el período i ;

r es la Tasa Social de Descuento y el VPN es el Valor Presente Neto.

n es el horizonte de tiempo

En la **Tabla 2-135** se presenta la interpretación de los resultados de la RBC como un criterio de viabilidad y sostenibilidad en el contexto donde se emplaza el proyecto, permitiendo la mejor toma de decisiones. Idealmente se esperaría que la RBC sea mayor que 1 para garantizar que los beneficios ambientales superan a los costos ambientales, es decir, se

⁶¹ Dixon, J. y Pagiola, S. (1998). Análisis Económico y Evaluación Ambiental, *Environmental Assessment Sourcebook Update*, Environmental Department The World Bank, número 23, pp. 1-17.

⁶² Diakoulaki, D. y Karangelis, F. (2007). Multi-criteria decision analysis and cost-benefit analysis of alternative scenario for the power generation sector in Greece. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 11, pp.716-727.

genera bienestar social. Es importante resaltar que en los análisis no se tiene en cuenta el factor inflacionario debido a que, al hacer las estimaciones con una tasa social de descuento, se estaría haciendo un doble conteo.

Tabla 2-135 Interpretación indicador RBC

Relación Beneficio Costo RBC	Interpretación
$RBC > 1$	El proyecto genera bienestar social, por lo tanto, se acepta el proyecto.
$RBC = 1$	El proyecto no presenta cambios en bienestar social, por lo tanto, es indiferente.
$RBC < 1$	El proyecto empeora el bienestar social. Por lo tanto, no es recomendable su ejecución.

Fuente: Centro de Estudios sobre Desarrollo Económico (CEDE) – Universidad de los Andes, 2010

2.3.8.4 Análisis de sensibilidad

En todo proyecto de infraestructura y desarrollo está presente un elemento de incertidumbre con respecto a los beneficios y costos futuros reales. El proceso de Valoración Económica de Impactos se realizó con base en estimativos de las condiciones económicas futuras que no necesariamente reflejan lo que sucederá en realidad en los mercados (Sapag, 2001)⁶³. Es precisamente este elemento de incertidumbre el que dificulta la toma de decisiones por parte de los inversionistas y genera riesgos en el momento de asignar los recursos.

El análisis de sensibilidad es una herramienta útil para anticiparse a los posibles escenarios futuros, considerando cambios en las variables con mayor incertidumbre dentro de la VEI como es el caso de los beneficios, los costos y la TSD (Diakoulaki y Karangelis, 2007)⁶⁴. El objetivo de este análisis es verificar la robustez de los resultados de la VEA e investigar el efecto de los parámetros con mayor incertidumbre.

Lo que se buscó en este análisis fue cuantificar qué tan sensible es el flujo de beneficios y costos ante cambios como una disminución de los ingresos, un aumento inesperado de los costos, un cambio en la TSD, entre otros. Para hallar esta medida se calculó el VPN y la RBC con diferentes valores en las variables críticas y se identifica cuál es el parámetro que produce mayor sensibilidad sobre el VPN y por ende afecta más los criterios de aceptación o rechazo del proyecto.

La sensibilidad (S) del proyecto se calculó como el cambio porcentual en el VPN ante cambios en las variables críticas, es decir (**Ecuación 2-69**):

⁶³ Sapag, N. (2001). *Evaluación de proyectos de inversión en la empresa*. Madrid, España: Fundación Española Ciencia y Tecnología.

⁶⁴ Diakoulaki, D. y Karangelis, F. (2007). *Multi-criteria decision analysis and cost-benefit analysis of alternative scenario for the power generation sector in Greece*. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 11, pp.716-727.

Ecuación 2-69 Cálculo de la Sensibilidad

$$S = \frac{VPN_1 - VPN_0}{VPN_0}$$

Dónde:

VPN_0 es el VPN antes del cambio

VPN_1 es el VPN luego del cambio.

A partir del análisis de sensibilidad fue posible determinar qué tan estables son los resultados de la Valoración Económica de Impactos frente a cambios en las proyecciones realizadas. Las variables que resulten con menor sensibilidad indican que los gestores del proyecto pueden tener mayor control sobre los efectos que estos pueden producir y ante cambios drásticos las medidas de gestión pueden tener un mejor efecto.

2.3.9 Zonificación de Manejo Ambiental del Proyecto

La zonificación de manejo ambiental del proyecto, pretende evaluar la vulnerabilidad de las unidades ambientales identificadas, por la ejecución de las diferentes etapas y actividades del proyecto, a partir de la zonificación ambiental y la evaluación de los impactos potenciales y de carácter significativo por la fragilidad de ciertas áreas susceptibles a ser intervenidas y los bienes y/o servicios que prestan los diferentes elementos de los medios abiótico, biótico, paisaje y socioeconómico, y que se pueden ver comprometidos durante la ejecución del proyecto. De tal manera se facilite la identificación de los tipos de manejo requerido o las acciones de control según las condiciones que determinan finalmente las categorías de manejo ambiental. Para la zonificación de manejo ambiental se tomó como referencia la Metodología General para la Presentación de Estudios Ambientales del 2018 y los lineamientos de los Términos de Referencia específicos para la elaboración de Estudios de Impacto Ambiental para el Proyecto Parque Solar Heliconia 60 MW y su Línea de Transmisión Eléctrica de 115 kV.

2.3.9.1 Metodología

Teniendo en cuenta, que el área de intervención del proyecto se concentra en el área de influencia físico-biótica paisaje, el proceso metodológico para obtener la zonificación ambiental (Ver Capítulo 6. Zonificación Ambiental) se realizó sobre dicha área de influencia, la cual hace referencia a los elementos evaluados desde cada uno de los componentes del medio físico, biótico y paisaje y la cual integra las unidades territoriales que se encuentran ubicadas sobre esta. De esta forma la caracterización de los elementos físicos, bióticos y paisaje se realiza para el área de cada uno de los componentes y criterio evaluados, lo cual permite el proceso espacial de integración de las capas analizadas para cada uno de los medios.

De acuerdo a lo anterior, se procede a realizar la zonificación de manejo ambiental, la cual establece los niveles de gestión socio-ambiental que deberá asumir el proyecto, los cuales se determinan a partir de la integración de los resultados de la zonificación ambiental en la que se analizó el área de influencia físico-biótica paisaje a través de la sensibilidad y la importancia

de los elementos característicos, y la espacialización de los impactos significativos los cuales se concentran principalmente en el área de intervención del proyecto y los cuales pueden representar un cambio importante en las características del medio.

La georreferenciación de los impactos se realizó a partir de la identificación de los impactos significativos, generados por la ejecución de las actividades propias del proyecto (ver Capítulo 8. Evaluación Ambiental) sectorizando las características que presenta el área con relación a la manifestación que pueda tener el impacto.

En la **Tabla 2-136** se presenta la matriz de decisión empleada para determinar las categorías de la zonificación de manejo; en ella se relacionan las categorías de sensibilidad ambiental identificadas en la zonificación ambiental del proyecto, y los rangos de calificación para los impactos significativos identificados en la evaluación ambiental del proyecto.

Tabla 2-136 Categorías de interacción entre zonificación ambiental e impactos relevantes

		CATEGORIZACIÓN DE IMPACTOS RELEVANTES (CRÍTICOS Y SEVEROS)				
			MUY ALTO	ALTO	MEDIO	BAJO
		Valor	5	4	3	2
ZONIFICACIÓN AMBIENTAL	MUY ALTA	5				
	ALTA	4				
	MEDIA	3				
	BAJA	2				
	MUY BAJA	1				

Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024.

La zonificación de los impactos ambientales hace referencia a las áreas de intervención del proyecto, ya que, en dichas áreas, serán donde se originan los impactos y se centran las medidas de manejo socio- ambientales; de esta manera, en el área de influencia del proyecto, las categorías de zonificación de manejo ambiental corresponderán a la homologación de las categorías de sensibilidad e importancia definidas en la zonificación ambiental

Posterior a la interacción entre zonificación ambiental e impactos significativos georreferenciados, se realizó la superposición de los criterios de importancia normativa (Ver Capítulo 6. Zonificación ambiental); los aspectos normativos considerados en el proceso de zonificación ambiental constituyen una base fundamental para determinar las áreas de manejo especial en las cuales el proyecto se ubicará y el cual deberá aplicar las medidas de manejo respectivas para la mitigación de los impactos derivados por las diferentes etapas y actividades del proyecto.

Lo anterior, en la **Tabla 2-137** se presentan las categorías de zonificación de manejo las cuales agrupan los criterios evaluados en relación con la sensibilidad e importancia de la zonificación ambiental para cada uno de los medios abiótico, biótico, paisaje y socioeconómico, así como, los criterios normativos, reglamentarios y los impactos significativos y/o potenciales que dieron como resultado en la evaluación ambiental. (Ver Capítulo 8. Evaluación ambiental)

Tabla 2-137 Categorías de Zonificación de Manejo

Zonificación de Manejo	Descripción
Áreas de exclusión	Corresponde a áreas que no pueden ser intervenidas por las actividades del proyecto. Para definir estas áreas se deben considerar criterios de exclusión tales como vulnerabilidad y funcionalidad ambiental y restricciones impuestas legalmente al uso del territorio.
Áreas de intervención con restricciones	Corresponde a áreas donde se deben tener en cuenta manejos especiales y restricciones propias acordes con las actividades y fases del proyecto y con la vulnerabilidad ambiental de la zona; se deben establecer grados, tipos de restricción y condiciones para la ejecución de las mismas. Estas áreas deben clasificarse según categoría de restricción (alta, media y baja), la cual determina las condiciones que se han de cumplir para la ejecución de actividades en las mismas.
Áreas de intervención	Corresponde a áreas donde se puede ejecutar el proyecto, con un manejo ambiental acorde a las actividades y fases del mismo.

Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024.

2.3.10 Planes y Programas

De acuerdo con lo establecido en los Términos de Referencia Específicos para la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental para el proyecto Parque Solar Heliconia 60 MW y su Línea de Transmisión Eléctrica de 115 kV, el Plan de Manejo Ambiental corresponde al conjunto de programas, proyectos y actividades tendientes a prevenir, controlar, mitigar, corregir y compensar los impactos negativos que pueda generar el proyecto sobre el entorno. Con base en lo anterior, y teniendo en cuenta la identificación y análisis de impactos realizados previamente en el capítulo de evaluación ambiental del Estudio de Impacto Ambiental se conciben los programas y estrategias de manejo ambiental plasmados en fichas con sus respectivas actividades, la ficha contiene la información que se presenta en la **Tabla 2-138**

Tabla 2-138 Atributos de las medidas de manejo ambiental

ATRIBUTO	DESCRIPCIÓN
OBJETIVOS	Expresa e identifica la finalidad hacia la cual deben dirigirse los recursos y esfuerzos organizacionales, para dar cumplimiento a las medidas de manejo ambiental del proyecto.
METAS	Presenta los alcances de las medidas propuestas, indicándose la referencia de valor por la cual se da por cumplida la misma
ETAPA	Identifica el grupo de actividades en las cuales se ejecutarán las diferentes medidas de manejo. Etapa de preconstrucción, constructiva, operación y mantenimiento y desmantelamiento y abandono.
IMPACTO POR CONTROLAR	Está relacionado con el impacto provocado por las diferentes etapas del proyecto, el cuál fue evaluado en la matriz de impactos en el capítulo 5 del presente estudio.
ACCIONES POR DESARROLLAR	Corresponde a la descripción de las medidas específicas que se adaptarán para el control y manejo ambiental del impacto.
INDICADORES	Presenta los indicadores cualitativos y cuantitativos que permitan verificar el cumplimiento de la medida.

ATRIBUTO	DESCRIPCIÓN
TIPO DE MEDIDA	Plantea los escenarios y el carácter de las acciones que permitan prevenir, corregir, mitigar y/o compensar los efectos ambientales generados en cada una de las etapas del proyecto.
LUGAR DE APLICACIÓN	Se presenta la ubicación específica del sitio y/o unidad territorial donde se aplicará la medida de manejo.
POBLACIÓN BENEFICIADA	Población o grupo de personas que, por efecto de la implementación de las medidas de manejo, son receptoras directas o indirectas de los beneficios asociados a los efectos de las medidas ejecutadas.
RESPONSABLE DE LA EJECUCIÓN	Se refiere a la persona, entidad y/o autoridad que velará por el cumplimiento de las medidas de manejo ambiental propuestas
COSTOS	Cuantificación y valorización monetaria de los recursos demandados para llevar a cabo la implementación, ejecución, desarrollo, control y seguimiento de las medidas de manejo ambiental y socioeconómico establecidas.

Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024.

Las fichas se estructuran incluyendo: objetivos, impactos a controlar, cobertura espacial, diseños, población beneficiada, descripción de actividades, mecanismos y estrategias participativas, instrumentos e indicadores de seguimiento y monitoreo, responsable de la ejecución, cronograma y costos.

2.3.10.1 Programa de Seguimiento y Monitoreo

El programa de seguimiento y monitoreo se estructura a partir de cada uno de los programas de manejo establecidos en el capítulo del Plan de Manejo Ambiental del EIA. Este programa tiene como objetivo medir la validez, confiabilidad y cumplimiento de las medidas de manejo propuestas, mediante los porcentajes de éxito alcanzados.

Las fichas del programa de seguimiento se estructuran considerando: programa del PMA al cual se va a realizar el seguimiento, ficha de manejo, objetivos, impactos a controlar, componentes ambientales a monitorear, localización, tipo de medida de control, descripción de la medida, periodicidad, duración, análisis e interpretación de resultados, tipo y periodo de reportes y costos.

2.3.10.2 Plan de Gestión del Riesgo

El Plan de Gestión del Riesgo es un instrumento que se establece de acuerdo con lo estipulado en los Términos de Referencia TdR ESPECÍFICOS PARA LA ELABORACIÓN DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PARA EL PROYECTO PARQUE SOLAR HELICONIA 60 MW Y SU LÍNEA DE TRANSMISIÓN ELÉCTRICA DE 115 kV y especificaciones presentadas en la Metodología General para la Elaboración y Presentación de Estudios Ambientales - 2018 y las directrices del Decreto 2157 de 2017 "por medio del cual se adoptan directrices generales para la elaboración del plan de gestión del riesgo de desastres de las entidades públicas y privadas en el marco del artículo 42 de la ley 1523 de 2012".

2.3.10.2.1 Conocimiento del riesgo

2.3.10.2.2 Análisis de riesgo

En el análisis de riesgos para el proyecto, se identifican las amenazas o posibles siniestros que pueden ocurrir, la probabilidad de que estos sucedan, la permanencia de estos durante la ejecución del proyecto y el grado de afectación o consecuencia que pueden llegar a tener; ya sea en las personas, el medio ambiente o la continuidad del negocio.

La determinación de los niveles de riesgo se realiza a partir de los conceptos establecidos en la norma UNE 150008 EX y la GTC 45 (Guía para la identificación de los peligros y la valoración de los riesgos en seguridad y salud ocupacional), conceptualmente se parte de la definición de este, mediante la siguiente expresión:

$$\text{Amenaza} \times \text{Vulnerabilidad} = \text{Riesgo}$$

Fuente: a partir de Norma UNE 150008 EX, adaptado por SGS Colombia, 2024

Amenaza: Peligro latente de que un evento físico de origen natural, o causado, o inducido por la acción humana de manera accidental, se presente con una severidad suficiente para causar pérdida de vidas, lesiones u otros impactos en la salud, así como también daños y pérdidas en los bienes, la infraestructura, los medios de sustento, la prestación de servicios y los recursos ambientales (Ley 1523 de 2012).

Vulnerabilidad: Susceptibilidad o fragilidad física, económica, social, ambiental o institucional que tiene una comunidad de ser afectada o de sufrir efectos adversos en caso de que un evento físico peligroso se presente. Corresponde a la predisposición a sufrir pérdidas o daños de los seres humanos y sus medios de subsistencia, así como de sus sistemas físicos, sociales, económicos y de apoyo que pueden ser afectados por eventos físicos peligrosos (Ley 1523 de 2012).

2.3.10.2.3 Identificación y determinación de la probabilidad de ocurrencia y/o presencia de una amenaza

La probabilidad de ocurrencia es la medida de la posibilidad de que un evento ocurra. Puede ser definida, medida o determinada y se representa de forma cualitativa o cuantitativa en términos de la probabilidad o frecuencia (ISO/IEC, 2009), para la estimación de la probabilidad de ocurrencia se relaciona con la cantidad de veces por unidad de tiempo que el evento amenazante se puede manifestar alterando las condiciones operativas de cada una de las fases del proyecto. Una vez identificadas las amenazas, se realiza la estimación de su probabilidad de ocurrencia en función de la escala que se muestra en la Tabla 2-139. Para su estimación se usan las estadísticas establecidas en el Sistema Nacional de Información para la Gestión del Riesgo de Desastres y DESINVENTAR.

Tabla 2-139 Escala de probabilidad de ocurrencia de las amenazas

PUNTOS	GRADO	PROBABILIDAD	DESCRIPCIÓN	OCURRENCIA CASOS
5	Muy Alta	Frecuente	Posibilidad de ocurrencia alta reiterativamente	Más de 1 evento al mes
4	Alta	Probable	Posibilidad de ocurrencia media, se presenta algunas veces	Hasta 1 evento cada 6 meses
3	Media	Ocasional	Posibilidad de ocurrencia media, se presenta algunas veces	Hasta 1 evento al año
2	Baja	Remoto	Posibilidad de ocurrencia baja, se presenta esporádicamente	Hasta 1 caso cada 5 años
1	Muy Baja	Improbable	Posibilidad de ocurrencia baja, se presenta en forma excepcional	Hasta 1 caso cada 10 años o más

Fuente: Formato ECP-DRI-F-045 Matriz de Valoración de Riesgos – RAM- ECOPETROL, adaptada por SGS Colombia, 2024

2.3.10.2.4 Identificación y análisis de vulnerabilidad

El concepto de vulnerabilidad en el contexto de la gestión del riesgo de desastres es usado para determinar “los diferentes niveles de preparación, resiliencia y capacidades con las que cuenta un individuo ante la ocurrencia de un desastre” (Cannon et al, 2003). Una persona puede ser más o menos vulnerable ante la ocurrencia de eventos críticos externos dependiendo en como el individuo administre sus activos tangibles e intangibles, y cómo estos pueden verse afectados ante la ocurrencia de un desastre. La vulnerabilidad social entonces, va más allá de la afectación de estructuras físicas, e incluye las diferentes características y capacidades de los individuos (UNGRD & IEMP, 2016).

La valoración de vulnerabilidad comprende la identificación de los elementos sensibles del proyecto y el área de influencia fisicobiótica que pueden verse afectados por la materialización de las amenazas. La vulnerabilidad se identifica a partir de la zonificación ambiental que presenta la interrelación de los grados de (S/I) y la zonificación de manejo ambiental. De esta manera, el resultado de la sensibilidad/Importancia se constituye en un factor clave para los procesos de evaluación del riesgo y planificación de emergencias, en tanto que orienta la definición de prioridades de atención en los elementos expuestos, guiadas por el grado de fragilidad e importancia que ofrecen como servicio al entorno socio ambiental.

Los niveles de consecuencia o vulnerabilidad se evalúan de forma independiente en diferentes ámbitos: los efectos potenciales a la integridad física, los efectos ambientales y sociales. En la Tabla 2-140 se presenta las categorías para calificar la vulnerabilidad por cada componente.

Tabla 2-140 Criterios para la calificación de vulnerabilidad

NIVEL	PUNTOS	INDIVIDUAL	SOCIAL	SOCIOECONÓMICA	AMBIENTAL
Muy alto	5	Daños irreparables	Los elementos sociales sensibles (centros de salud, instituciones)	Corresponde al resultado espacial de la zonificación ambiental (ver	Corresponde al resultado espacial de la zonificación

NIVEL	PUNTOS	INDIVIDUAL	SOCIAL	SOCIOECONÓMICA	AMBIENTAL
		Las personas expuestas al riesgo no presentan seguridad social, ARL, el nivel de ingresos de las personas en muy bajo.	educativas, y asentamientos) presentan un deterioro tal que hace presumir su colapso.	capítulo 6 Zonificación Ambiental) y la zonificación de manejo ambiental (ver capítulo 9)	ambiental (ver capítulo 6 Zonificación Ambiental) y la zonificación de manejo ambiental (ver capítulo 9)
Alto	4	Daños estructurales de consideración. Requiere intervención de consideración a nivel estructural. Obliga a la interrupción del servicio durante un tiempo determinado.	Los elementos sociales sensibles (centros de salud, instituciones educativas, y asentamientos) no reciben mantenimiento regular, cuya estructura acusa deterioros que la comprometen, aunque sin peligro de desplome y los acabados e instalaciones tienen visibles desperfectos.	Corresponde al resultado espacial de la zonificación ambiental (ver capítulo 6 Zonificación Ambiental) y la zonificación de manejo ambiental (ver capítulo 9)	Corresponde al resultado espacial de la zonificación ambiental (ver capítulo 6 Zonificación Ambiental) y la zonificación de manejo ambiental (ver capítulo 9)
		Las personas expuestas al riesgo no presentan seguridad social, ARL, el nivel de ingresos de las personas es de bajo a moderado.			
Medio	3	Colapso Parcial: Los daños en la infraestructura pueden implicar reparaciones importantes en las paredes de las estructuras, las cuales podrían llegar a requerir la atención de personal calificado y equipo especial. Daños en los equipos (requiere reparación y /o reemplazo).	Los elementos sociales sensibles (centros de salud, instituciones educativas, y asentamientos) reciben mantenimiento esporádico, cuyas estructuras no tienen deterioro y si lo tienen, no lo compromete y es subsanable, o que los acabados e instalaciones tienen deterioro visible debido al mal uso.	Corresponde al resultado espacial de la zonificación ambiental (ver capítulo 6 Zonificación Ambiental) y la zonificación de manejo ambiental (ver capítulo 9)	Corresponde al resultado espacial de la zonificación ambiental (ver capítulo 6 Zonificación Ambiental) y la zonificación de manejo ambiental (ver capítulo 9)
		Las personas expuestas al riesgo no presentan seguridad social, ARL, el nivel de ingresos de las personas es moderado.			

NIVEL	PUNTOS	INDIVIDUAL	SOCIAL	SOCIOECONÓMICA	AMBIENTAL
Bajo	2	Daño Menor: Algunas manifestaciones de inestabilidades locales. Existe la posibilidad de requerir trabajos de reparación puntuales y obras menores.	Los elementos sociales sensibles reciben mantenimiento permanente y solo tienen ligeros deterioros en los acabados debido al uso normal.	Corresponde al resultado espacial de la zonificación ambiental (ver capítulo 6 Zonificación Ambiental) y la zonificación de manejo ambiental (ver capítulo 9)	Corresponde al resultado espacial de la zonificación ambiental (ver capítulo 6 Zonificación Ambiental) y la zonificación de manejo ambiental (ver capítulo 9)
		Las personas expuestas al riesgo presentan seguridad social, ARL, el nivel de ingresos de las personas es moderado.			
Muy Bajo	1	Sin Daño: No implica afectación del funcionamiento en general, requiere simplemente una inspección para verificar el estado general de operación en caso de interrupción del funcionamiento	Los elementos sociales sensibles reciben mantenimiento permanente y que no presentan deterioro alguno.	Corresponde al resultado espacial de la zonificación ambiental (ver capítulo 6 Zonificación Ambiental) y la zonificación de manejo ambiental (ver capítulo 9)	Corresponde al resultado espacial de la zonificación ambiental (ver capítulo 6 Zonificación Ambiental) y la zonificación de manejo ambiental (ver capítulo 9)
		Las personas expuestas al riesgo presentan seguridad social, ARL, el nivel de ingresos de las personas es alto.			

Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024.

2.3.10.2.5 Análisis y zonificación del nivel de riesgo

Con base en lo anterior y de acuerdo con las diferentes fuentes bibliográficas (Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres (UNGRD) y la Guía para la Identificación de los Peligros y la Valoración de los Riesgos (NTC, 2010) el riesgo se obtiene del cruce entre la probabilidad de ocurrencia de la amenaza y la vulnerabilidad de los elementos expuestos a la amenaza.

Al ser cruzada la vulnerabilidad con la amenaza y su probabilidad de manifestación de los elementos sensibles a las amenazas, se obtiene el nivel de riesgo definido en tres (3) categorías: Alto, Medio y Bajo. En la Tabla 2-141 se presenta el cruce entre la amenaza y la vulnerabilidad; por un lado, se cuenta con la Amenaza, expresada en términos de su probabilidad de ocurrencia y por otro lado se presenta el eje que representa la Vulnerabilidad asociada al entorno humano, social, socioeconómico y natural, los cuales podrían sufrir

afectaciones al manifestarse la amenaza lo que permite determinar el nivel de riesgo del elemento expuesto.

Tabla 2-141 Criterios para definir el nivel de riesgo

AMENAZA		VULNERABILIDAD				
		Muy Alta	Alta	Media	Baja	Muy Baja
		5	4	3	2	1
Muy Alta	5	25	20	15	10	5
Alta	4	20	16	12	8	4
Media	3	15	12	9	6	3
Baja	2	10	8	6	4	2
Muy Baja	1	5	4	3	2	1
RIESGO		A		M		B
RANGO		15 -25		8-12		1 - 6

Fuente: Formato ECP-DRI-F-045 Matriz de Valoración de Riesgos – RAM- ECOPETROL, adaptada por SGS Colombia, 2024

De acuerdo con lo anterior, al clasificar las amenazas según su origen, exógenas (naturales y antrópicas) y endógenas (internas propias del proyecto), se determina la metodología para evaluar el riesgo, ya sea de manera matricial o de manera cartográfica. Así pues, se establece una evaluación del nivel de riesgo matricial y cartográfico que se determina con la información que se pueda obtener como insumo para su evaluación. (Ver Tabla 2-142).

Tabla 2-142 Definición del nivel de riesgo

NIVEL	INTERPRETACIÓN
Alto	Si se decide realizar la actividad, deberá implementarse previamente un tratamiento especial en cuanto al nivel de control (Demostrar control de riesgo). Gerencia involucrada en decisión e investigación de incidentes.
Medio	Se deben tomar medidas para reducir el riesgo a niveles razonablemente prácticos, debe demostrarse el control del riesgo.
Bajo	Discutir y gestionar mejora de los sistemas de control y de calidad establecidos (permisos, ATS, procedimientos, lista de chequeo, responsabilidades y competencias, EPP, etc.).

Fuente: Formato ECP-DRI-F-045 Matriz de Valoración de Riesgos – RAM- ECOPETROL, adaptada por SGS Colombia, 2024

2.3.10.2.6 Aceptabilidad del riesgo

A continuación, se presentan los rangos de aceptabilidad del riesgo de acuerdo con las potenciales afectaciones que las amenazas pueden generar sobre los elementos sensibles los cuales se presentan en el numeral 10.1.3.3.6.3 Identificación de elementos vulnerables (sensibles). En la Tabla 2-143 se describen los rangos propuestos para implementar en el proyecto.

Tabla 2-143 Rangos de aceptabilidad del riesgo

	Individual	Social	Socioeconómico	Ambiental
BAJO	<p>No requiere procesos adicionales a los propios de inducción, notificación de riesgos, entrega de EPP e inspecciones preoperacionales, se debe contar con equipos de atención de emergencias básicas.</p> <p>La actividad se puede llevar a cabo implementando los procesos y procedimientos básicos de seguridad, adicionalmente deben verificarse las condiciones para el traslado del personal.</p>	<p>Requiere procesos asociados a las buenas prácticas.</p> <p>Se debe contar con protocolos de comunicación y procedimientos para el restablecimiento de la actividad.</p>	<p>Adicional al seguimiento de los procedimientos constructivos u operacionales se debe contar con los recursos que garanticen el restablecimiento de la actividad dentro de los días subsiguientes.</p>	<p>Adicional a la toma de medidas preventivas para no potencializar el riesgo, se debe contar con preparación para la atención del evento dañino.</p>
MEDIO	<p>La actividad se puede llevar a cabo implementando los procesos y procedimientos básicos de seguridad, es precisa la implementación de permisos de trabajo y una previa inspección del lugar de trabajo.</p>	<p>Se debe contar con protocolos de comunicación y procedimientos para el restablecimiento de la actividad.</p> <p>Adicional, se debe manejar y monitorear el riesgo utilizando el sistema de gestión.</p>	<p>Adicional al seguimiento de los procedimientos constructivos u operacionales se debe contar con los recursos que garanticen el restablecimiento de la actividad dentro de los días subsiguientes.</p>	<p>Se debe contar con medidas de prevención e identificación de riesgos para la atención de emergencias y contingencias.</p> <p>Incluyendo capacitación en atención a los posibles riesgos que se puedan presentar.</p>
ALTO	<p>La actividad se puede llevar a cabo, previo proceso de verificación e inspección; es precisa la implementación de permisos de trabajo, adicionalmente deben verificarse las condiciones para el traslado del personal.</p> <p>Implementar medidas de control que ayuden a mitigar las consecuencias del evento dañino, adicionalmente se debe verificar que es entendido y funciona el plan de gestión del riesgo y que se cuenta con los equipos para la atención de emergencias.</p>	<p>Se debe contar con protocolos de comunicación y procedimientos para el restablecimiento de la actividad, adicionalmente se debe poder proponer acciones correctivas inmediatas.</p>	<p>Previo al inicio de la actividad se debe verificar que es entendido y funciona el plan de gestión de riesgo y que se cuenta con los equipos para la atención de emergencias, así como contar con protocolos para el restablecimiento de la operación.</p>	<p>Debe contarse con equipos para la atención de emergencias y contingencias apropiados conforme a la magnitud del riesgo.</p> <p>Adicional, se debe contar con los protocolos de ayuda externa al proyecto.</p>

Fuente: Realizada con base en la Matriz de Valoración de Riesgos – RAM- ECOPETROL, adaptada por SGS Colombia, 2024

La valoración dada a los niveles de riesgo se describe a continuación:

- **Bajo:** Riesgos aceptables. Corresponde a riesgos que se controlan con base en los diseños, la organización normal del proyecto, los programas de capacitación y entrenamiento en los procedimientos de trabajo, la utilización de personal capacitado y las acciones normalmente desarrolladas en la ejecución de este tipo de proyectos. Los eventos que ocasionan este riesgo son de control por parte de los ejecutores del proyecto y los orígenes son de tipo interno. Aunque existen los riesgos, la prevención, los procedimientos normalmente establecidos para los diferentes procesos y actividades, hacen que los eventos incluidos en este rango no ocasionen retrasos, pérdidas o daños importantes que afecten el desarrollo del proyecto o su operación.
- **Medio:** Riesgos Tolerables. Se presentan riesgos que dependen de la ejecución y operación del proyecto (endógenos), siendo controlables a través del Plan de Manejo Ambiental y Plan de Gestión del Riesgo. Las consecuencias de los eventos son controladas, pero es posible que se ocasionen daños a niveles localizados o pérdidas limitadas que no afectan el desarrollo del proyecto, de manera normal. No hay suspensiones de las actividades del proyecto y los daños son reparables a nivel local.
- **Alto:** Riesgos inaceptables. Corresponde a riesgos por fenómenos naturales, malos procedimientos o situaciones de orden público, que afecten cualquiera de las etapas de ejecución del proyecto. Las consecuencias de los eventos son controladas principalmente a través del Plan de Manejo Ambiental y el Plan de Gestión del Riesgo.

En caso de presentarse por fenómenos naturales de gran magnitud, estos son difícilmente previsible, y sus efectos pueden no ser controlados por los diseños. Los daños y pérdidas ocasionados afectan considerablemente el desarrollo, ejecución u operación del proyecto. Se deben tener en cuenta las consideraciones que se establecen en la Tabla 2-143 con el fin de reducir los niveles de riesgo.

2.3.10.2.7 Reducción del riesgo

La reducción del riesgo es el proceso de gestión compuesto por las intervenciones dirigidas a modificar o disminuir las condiciones de riesgo existentes y evitar un nuevo riesgo a través de la implementación de medidas de mitigación y prevención para reducir la amenaza, la exposición y disminuir la vulnerabilidad de las personas, los medios de subsistencia, los bienes, la infraestructura y los recursos ambientales; lo anterior con el fin de evitar o minimizar los daños y pérdidas en caso de presentarse los eventos amenazantes. Por ello se formulan medidas de reducción del riesgo de intervención correctiva, reactiva y prospectiva.

2.3.10.2.8 Manejo del desastre

De acuerdo con el Decreto 2157 de 2017, el Plan de Emergencia y Contingencias (PEC) es la herramienta de preparación para la respuesta, que, con base en los escenarios posibles, define los mecanismos de organización, coordinación, funciones, competencias, responsabilidades, así como los recursos disponibles y necesarios para garantizar la atención efectiva de las emergencias que se pueden presentar. Igualmente, precisa los procedimientos

y protocolos de actuación para cada una de ellas minimizando el impacto en las personas, los bienes y el ambiente (Decreto 2157 , 2017).

2.3.10.2.1 Plan estratégico

El Plan estratégico considera el conjunto de acciones principalmente de responsabilidades, prioridades de protección, coordinación, clasificación de emergencias para identificar el nivel de activación de la organización de respuesta de acuerdo con el modelo del Sistema Comando de Incidentes. Se proponen los programas de capacitación, socialización y divulgación del PEC, así como el procedimiento de comunicaciones tanto interno como externo que se debe tener en cuenta entre otras consideraciones necesarias para optimizar la ejecución de la respuesta.

2.3.10.2.1 Plan operativo

En el Componente Operativo se presenta el conjunto de acciones y decisiones reactivas, para afrontar una emergencia, según sean sus características, teniendo en cuenta los recursos disponibles y los eventos identificados en el análisis del riesgo como de potencial ocurrencia. Estas actividades corresponden a lo definido como "Manejo de Desastres" por la Ley 1523 de 2012 y el Decreto 2157 del 2017 de la Presidencia de la República de Colombia.

2.3.10.2.2 Plan informático

El Componente Informático suministra información de soporte para ejecutar las operaciones de respuesta ante la ocurrencia de emergencias o incidentes, contribuyendo así a optimizar las operaciones de atención de la emergencia, considerando información de referencia básica y especializada.

2.3.11 Otros Planes y programas

2.3.11.1 Plan de inversión forzoso de no menos del 1%

Para la ejecución del proyecto, se requerirá del uso del recurso hídrico en su etapa de construcción, no obstante, el proyecto NO acudirá a fuentes naturales para su ejecución, por lo cual Voltalia Colombia SAS toma la opción reconocida en las normas, en las que se establece que este recurso puede ser tomado directamente de la red domiciliaria de acueducto operada por un prestador de servicio, caso en el cual no aplica la obligatoriedad de la inversión del 1% (Artículo 2.2.9.3.1.3 Decreto 1076 de 2015. Parágrafo 2°).

2.3.11.2 Plan de compensación por pérdida de biodiversidad

El presente informe tiene como fin "establecer los lineamientos técnicos y el procedimiento para la asignación de compensaciones del medio biótico, para el estudio, "EIA Parque Solar Fotovoltaico Heliconia 60 MW y su línea de transmisión eléctrica a 115 kV hacia la Subestación San Felipe", de acuerdo con los lineamientos del Manual de Compensaciones del medio Biótico (MADS, 2018), adoptado mediante Resolución MADS No. 0256 del 22 de febrero de 2018, y en cumplimiento de los términos de referencia para la obtención de la licencia ambiental del proyecto.

El manual se desarrolló bajo los lineamientos de la Política para la Gestión Integral de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos (PNGIBSE), la cual en el Eje Estratégico III – Desarrollo económico, competitividad y calidad de vida basada en la biodiversidad, establece como estrategias prioritarias la "Identificación y evaluación de los costos y beneficios económicos, ecológicos, culturales y sociales a largo plazo, derivados de la relación entre actividades productivas y el mantenimiento de los servicios ecosistémicos derivados de la biodiversidad y fortalecer las actividades e institucionalidad relacionada con la evaluación de los impactos ambientales y con la asignación de compensaciones ambientales por pérdida de biodiversidad".

De acuerdo con el documento "Portafolios Regionales de Áreas Prioritarias de Compensación por Pérdida de Biodiversidad", desarrollado por el Programa Medio Ambiente Colombia (PROMAC, 2017), las compensaciones por pérdida de biodiversidad son reconocidas como uno de los instrumentos de gestión más importantes para balancear el desarrollo sectorial y la conservación; son definidas como resultados medibles de conservación, producto de acciones diseñadas para compensar los impactos residuales significativos sobre la biodiversidad generados por el desarrollo de proyectos sectoriales, después de que se hayan tomado medidas apropiadas de prevención, minimización y corrección (UICN, 2016 & BBOP, 2012)

Como resultado de este plan, se proponen los diseños de estrategias de compensación en diferentes áreas, las cuales fueron seleccionadas mediante diferentes filtros de información, teniendo en cuenta, los criterios contenidos en el manual de compensaciones del medio biótico, la búsqueda de posibles sitios para efectuar la compensación contemplando la información disponible para cada uno de éstos y los diferentes portafolios de compensación existentes en las áreas de estudio.

Este ítem está estructurado de la siguiente manera: en primera instancia se presenta una introducción con las generalidades y los objetivos del plan; en el segundo se presenta la jerarquía de la mitigación; en el tercer lugar, un resumen de la línea base ambiental del proyecto; en cuarto, la evaluación de los impactos sobre el medio biótico asociados al proyecto. Posteriormente se define el "qué compensar", se establece el "cuánto compensar" y se realiza el análisis de filtro grueso y fino para la selección de las áreas a compensar definiendo en "dónde compensar".

En este orden de ideas, el estudio "EIA Parque Solar Fotovoltaico Heliconia 60 MW y su línea de transmisión eléctrica a 115 kV hacia la Subestación San Felipe", contempla la generación de impactos bióticos que deben ser compensados por su implementación, entonces, de acuerdo con en el análisis de residualidad, los criterios específicos abordados en cada uno de los numerales del plan de compensación se consideran el soporte para definir el qué, cuánto, cómo y dónde compensar de acuerdo con los criterios de Adicionalidad, No pérdida neta de biodiversidad y la jerarquía de la mitigación.

Posteriormente se realiza la caracterización de las áreas preseleccionadas o preliminares las cuales incluyen caracterizaciones primarias de los medios biótico, social y predial. Seguido se realiza el diseño de las compensaciones definiendo "cómo compensar" y se plantean unas medidas de monitoreo y seguimiento para determinar el éxito del Plan de Compensación.

Adicionalmente, se presenta la estructuración jurídica y financiera para lograr las metas de compensación planteadas, junto con los riesgos asociados a la implementación del proyecto. En concordancia con lo anterior, el presente plan de compensación se formula para los impactos de "Disminución de la cobertura vegetal" y "Disminución de hábitat de ecosistemas sensibles ()", toda vez que los impactos Alteración a comunidades de flora amenazada, vedada y endémica, Alteración a comunidades de fauna terrestre.

Finalmente, con base en los impactos identificados, se incluyen los criterios mínimos solicitados en el numeral 5.4.1 del manual de compensación, es decir, la identificación de los impactos no evitados, mitigados o corregidos, objetivos y alcance del plan de compensación, localización preliminar de las áreas para la implementación de las medidas de compensación, información de las áreas ecológicamente equivalentes, propuesta de las acciones de compensación, cronograma preliminar de implementación, evaluación de los potenciales riesgos bióticos, físicos, económicos, sociales de la implementación, definición de las acciones modos, mecanismos y forma de implementación, plan operativo y de inversiones, identificación de indicadores de gestión de impacto, plan de monitoreo y seguimiento en función de la eficacia, eficiencia e impacto del programa de compensación y propuesta de Manejo a Largo Plazo.

2.3.12 Cartografía y Sistemas de Información Geográfica (SIG)

Para el desarrollo de las actividades referente a la presentación de información geográfica se utiliza la estandarización del modelo de datos temático del (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2016) correspondiente a los medios : Abiótico, Biótico, Socioeconómico, Medio Marino- Offshore, Áreas de Conservación y Protección Ambiental , Áreas de reglamentación Ambiental, Proyecto, Compensación, Inversión, Contingencia y Gestión del Riesgo-Zonificación; identificando aquellos objetos geográficos que se consideran información base o fuente para el desarrollo de los proyectos que requieren el licenciamiento ambiental , es decir, se busca normalizar los productos cartográficos generados mediante los elementos geográficos establecidos en el diccionario de datos de la ANLA.

De acuerdo con el (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2016) las temáticas establecidas en su modelo de datos permiten obtener los elementos que se deben presentar para determinar las condiciones ambientales de la ejecución de algún proyecto; solicitadas para obtener alguno de los 3 (tres) tipos de licenciamiento ambiental (EIA, ICA, PMA) en el territorio nacional. Por lo cual, teniendo en cuenta la amplia experiencia que tiene la ANLA en cuanto a la estructuración del catálogo de objetos en temas ambientales, se toma como punto de partida la homologación directa de las capas o temáticas con las que dispone.

A continuación, se relacionan cada uno de los procesos, procedimientos y técnicas empleadas, teniendo en cuenta que el programa de manipulación de datos cartográficos utilizado fue el Software ArcGIS V-10.8 del Instituto de Investigación de Sistemas Ambientales (ESRI, por sus siglas en inglés).

Todas las operaciones de este proceso se encuentran estrecha y directamente relacionadas a la conformación y generación de la cartografía de cada temática que comprende el estudio, las cuales caracterizan los medios físico-biótico, socioeconómico y de amenazas presentes en la región del territorio evaluado.

Es por esto por lo que, en aras de conocer dicha zona de estudio, se contempló un área de interés definida y delimitada para cada medio, con sus respectivas delimitaciones político – administrativas y territoriales, en pro de obtener la especialización formal de cada uno de los resultados procedentes de los componentes anteriormente relacionados, de una manera coherente, certera y veraz respecto a la localización de estos.

Habiendo delimitado espacialmente el estudio, se capturó toda información geométrica (punto, línea y polígono) asociada a la cartografía básica y temática presente. Este procedimiento que se ejecutó en dos (2) fases:

2.3.12.1 Fase preliminar

Se realizó la consulta de información secundaria disponible en entidades gubernamentales, públicas y privadas del orden nacional, departamental y municipal como alcaldías municipales, el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), la Agencia Nacional de Minería (ANM), la ANLA, Parques Nacionales Naturales de Colombia, La Asociación Colombiana de Reservas Naturales de la Sociedad Civil, Corporación Autónoma Regional del Tolima (CORTOLIMA), así como la página del Servicio de Información Ambiental de Colombia – SIAC, entre otras entidades, con el fin de obtener información oficial cualitativa y cuantitativa relevante para la realización del estudio y conocer las condiciones existentes en las áreas de influencia del proyecto como un referente del estado inicial antes de la ejecución.

2.3.12.2 Fase procesamiento de información

Una vez se obtuvo la información requerida, se elaboró la cartografía básica, recurriendo a la información geométrica escala 1:2.000 que proporciona la Unidad Administrativa Especial de Catastro Distrital, con la IDE de Bogotá, conocida como IDECA. A su vez, la cartografía base fue enriquecida a partir de la consulta de información secundaria, entre las diversas fuentes consultadas se encuentran Open Streep Map, Google Earth, Google Map, El mapa base del software ArcGIS, imágenes Lidar y satelitales Sentinel, el Modelo Digital de Elevación generado por los datos radar del satélite ALOS, entre otras; para conseguir la digitalización de elementos relevantes en el estudio (Por ejemplo, diversos cuerpos de agua); Aunado a esto se utilizó información primaria tomada en campo. Se procuró durante todo el proceso mejorar la exactitud posicional y descriptiva de los elementos geométricos presentes.

En lo referente a la cartografía temática, habiendo obtenido los datos de campo pertinentes, se incluyeron a la información secundaria ya recolectada de entidades gubernamentales, públicas y privadas del orden nacional, departamental, municipal y local. Posteriormente, se ajustó este nuevo conjunto de información según los requerimientos del Modelo de Datos establecido por la Resolución 2182 de 2016 de la ANLA; y metodología general para la elaboración y presentación de estudios ambientales de 2018 de la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales - Ministerio De Ambiente y Desarrollo Sostenible.

Según lo dispuesto en la Resolución 471 del 14 de mayo de 2020 del Instituto Geográfico Agustín Codazzi se ha de adoptar un solo origen de coordenadas para el territorio nacional. Los parámetros bajo los cuales se define el sistema de coordenadas utilizado pueden ser observados en la **Tabla 2-144**.

Tabla 2-144 Parámetros para el sistema de referencia magna Colombia CTM12

Sistema de Coordenadas	MAGNA Colombia CTM12
Origen	Bogotá
Proyección	Transversa Mercator
Falso Este	5.000.000
Falso Norte	2.000.000
Meridiano Central	-73,0000
Latitud de Origen	4,0000
Factor de escala	0,9992

Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024

A fin de verificar las relaciones espaciales naturales entre las entidades geométricas definidas a través de la información primaria y secundaria, se procedió a definir una serie de condiciones y/o restricciones desde el punto de vista espacial y racional, para comprobar la congruencia topológica de los puntos, líneas y polígonos que describen los datos obtenidos. Estos supuestos a cumplir fueron en general los siguientes:

Para la entidad espacial puntual se definió como error que dos o más puntos compartieran un mismo par coordenado, para comprobar esto se utilizó la herramienta DISSOLVE del Software ArcGIS; así como la regla topológica MUST BE DISJOINT, de manera que dichos puntos fueron depurados de la cartografía.

Para la entidad lineal, se estableció como errores topológicos la no conexión entre líneas, discontinuidades en nodos, y el solapamiento e intersección entre ellas, se empleó en este caso la herramienta TOPOLOGY del Software ArcGIS para lograr el chequeo y corrección cuando fue necesario.

Para la entidad de área, se concibieron bajo los estándares del no solapamiento entre polígonos, y la no existencia de espacios entre ellos cuando se tratan de polígonos contiguos en una misma capa. En este caso, nuevamente se utilizó la herramienta TOPOLOGY del Software ArcGIS, para su verificación y corrección.

En cuanto a la necesidad de explicar el significado de los datos, su cómo, su cuándo y por qué, a fin de que sean operables por otros usuarios, se crearon metadatos siguiendo la plantilla de metadatos de la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA) en su versión 3.0.

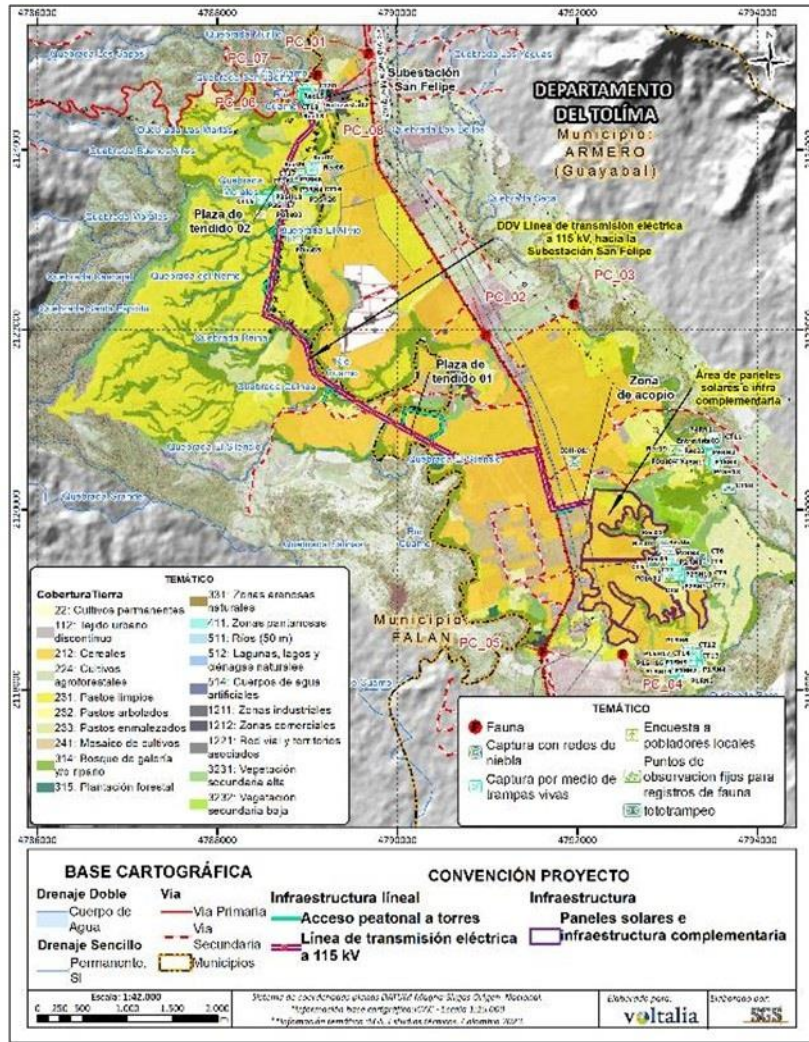
Por otra parte, para lograr una presentación adecuada y formal de cada uno de los productos cartográficos que hacen parte de este estudio, y siguiendo todas y cada una de las consideraciones básicas y elementos que debe contener un mapa, según lo requerido en la Metodología General para la presentación Estudios Ambientales del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, dirección de Licencias, Permisos y trámites Ambientales ANLA 2018; se diseñó una plantilla, para mostrar una vista general donde se exhibe completamente el proyecto, a escala 1:2.000. Este formato de mapas y sus elementos son apreciables en la Figura 2-59. En lo que respecta a las figuras que acompañaran al documento se estableció un modelo de salida gráfica, que sólo será modificable en caso de que la presentación de la información lo requiera. Este modelo es apreciable en la **Figura 2-60**.

Figura 2-59 Plantilla de mapa para vista general del proyecto



Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024

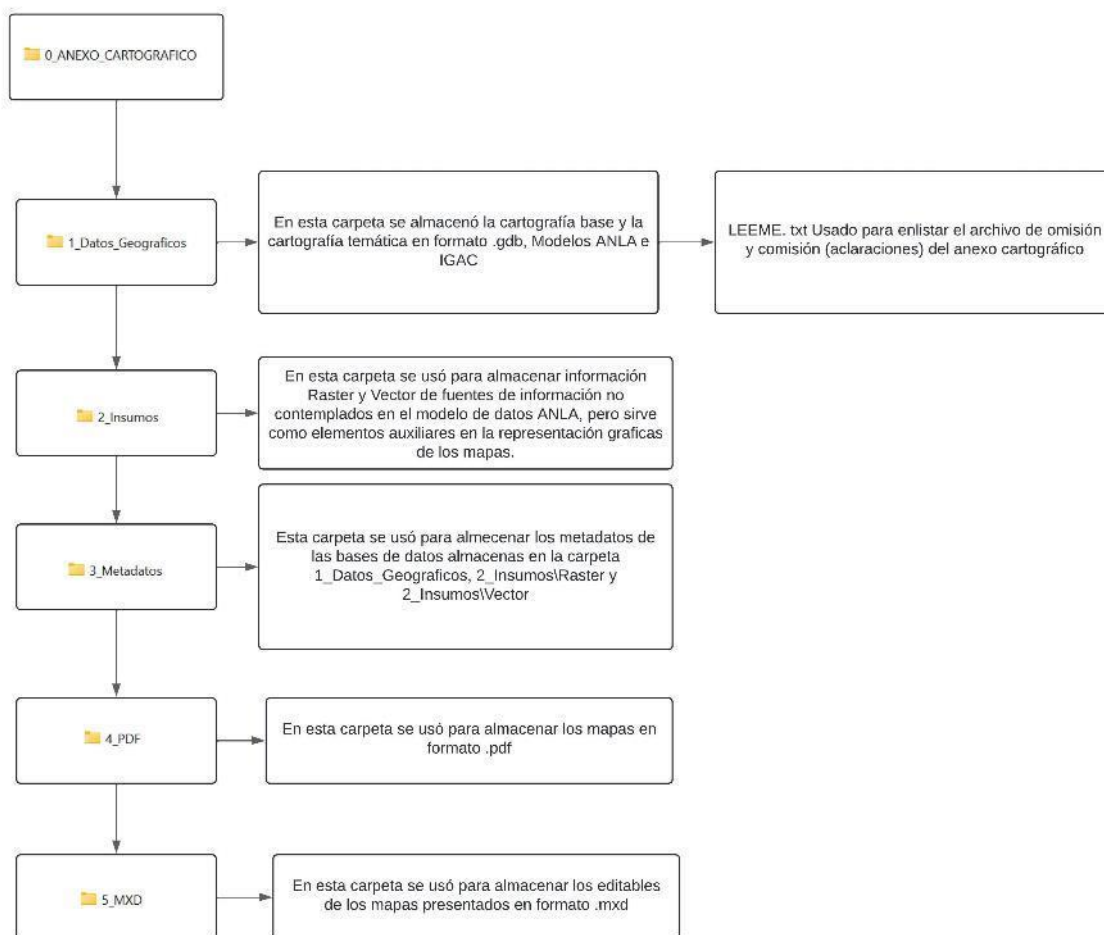
Figura 2-60 Modelo de salidas gráficas para documento



DDV: Servidumbre del proyecto
Fuente: SGS Colombia S.A.S, 2024

Finalmente, se almacenó toda la información pertinente en una carpeta llamada “Anexo1 Cartografía”, seguidamente se creó un archivo de texto llamado “LEAME.txt” donde se hicieron las aclaraciones y justificaciones a las que hubo lugar respecto a este anexo; y cinco (5) subcarpetas llamadas “1. GDB”, “2. MXD”, “3. SHP”, “4. METADATOS” y “5. RASTER”. Una visualización más clara de esta estructura puede verse en la **Figura 2-61**

Figura 2-61 Estructura del anexo cartográfico en formato digital



Fuente: SGS Colombia S.A.S., 2024

3 BIBLIOGRAFÍA

- Acosta Galvis, A. R. (2023). *Lista de los Anfibios de Colombia: Referencia en línea V.13.2023*. Recuperado el Febrero de 2024, de <http://www.batrachia.com>
- Aguilera F. (2010). *Aplicación de métricas de ecología del paisaje para el análisis de patrones de ocupación urbano en el Área Metropolitana de Granada*. Granada.
- Aparicio, F. (1992). *Fundamentos de Hidrología de Superficie*. México D.F.: Noriega Editores.
- Badii, M H; Landeros, J. (2006). Cuantificación de la fragmentación del paisaje y su relación con Sustentabilidad. *Daena: International Journal of Good Conscience*, 26-38.
- BATRACHIA. (2020). *Lista y mapas de distribución de los anfibios de Colombia*. Obtenido de <https://www.batrachia.com/>
- Chow, V., Maidment, D., & Mays, L. (1964). *Handbook of Applied Hydrology*. McGraw-Hill International editions.
- Ciontescu N. (2019). *Análisis de Conectividad Ecológica en el Piedemonte Andino Amazónica, Departamento del Caqueta*. Bogota D.C.
- CORTOLIMA. (2023). *TÉRMINOS DE REFERENCIA ESPECÍFICOS PARA LA ELABORACIÓN DEL ESTUDIO*. Ibagué.
- Decreto 2157 . (2017).
- Echeverry, M., & Rodríguez, J. (2006). Análisis de un paisaje fragmentado como herramienta para la conservación de la biodiversidad en áreas de bosque seco y subhúmedo tropical en el Municipio de Pereira, Risaralda Colombia. *Scientia et Technica*.
- Etter A. (1991). *Ecología del paisaje. Un Marco de Integración para los Levantamientos Ecológicos* . Bogotá.
- F. Lopez- Barrera. (2004). Estructura y función en Bordes de Bosques. *Revista Científica Técnica de Ecología y Medio Ambiente* , 67.
- Fattorelli, S., & Fernández, P. (2011). *Diseño Hidrológico. Edición Digital*. Water Assessment & Advisory Global Network.
- Finol, H. (1971). *Nuevos parámetros a considerarse en el análisis estructural de las selvas vírgenes tropicales*. Venezuela: Revista Forestal Venezolana.
- Finol, H. (1976). *Métodos de regeneración natural en algunos tipos de bosques venezolanos*. Venezuela: Revista Forestal Venezolana.
- Frost, D. (2018). *Amphibian Species of the World*. Obtenido de <http://research.amnh.org/herpetology/amphibia/index.html>.
- Gliessman, S., Rosado-May, F., Guadarrama-Zugasti, C., Jedicka, J., Cohn, A., Méndez, V., . . . Jaffe. (2007). *Agroecología: promoviendo una transición hacia la sostenibilidad*. Revista de Ecosistemas.
- Gurrutxaga & Lozano. (Julio de 2012). *Efectos de la fragmentación de hábitats y pérdida de conectividad ecológica dentro de la dinámica territorial*. Obtenido de Polígonos. Revista de Geografía: <http://revpubli.unileon.es/ojs/index.php/poligonos/article/view/410>
- Hammer, Ø., Harper, D. A., & Ryan, P. D. (2001). PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica* 4(1): 9pp. Obtenido de http://priede.bf.lu.lv/ftp/pub/TIS/datu_analize/PAST/2.17c/download.html
- Hernandez, J. H. (1992). *Biomás terrestres de colombia*. G. Halffter.
- Hilty, S., & Brown, W. (2001). *Guía de las Aves de Colombia*. Princenton University Press.
- Hosokawa, R. (1986). *Manejo e economía de florestas*. FAO.
- IDEAM. (2010). *Estudio Nacional del Agua*.

- IDEAM. (2010). *Leyenda Nacional de Coberturas de la Tierra. Metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia escala 1:100.000*. Bogotá, D.C.
- IDEAM. (2017). Catálogo Nacional de Estaciones de Monitoreo Ambiental. Obtenido de http://dhime.ideam.gov.co/server/rest/services/Cartografia_Basica/CatalogoNacionalEstaciones2017/MapServer
- IDEAM. (s.f.). *Índice de Alteración Potencial de la Calidad del Agua (IACAL) (hoja metodológica versión 1,1*. Obtenido de <https://www.car.gov.co/uploads/files/64110e4d187b2.pdf>
- IDEAM, I. I. (2007). *Ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia*.
- IGAC. (2010). *Metodología para la Clasificación de las Tierras por su Capacidad de uso*. Bogotá.
- IGAC. (2013). *Estudio General de Suelos y Zonificación de Tierras del Departamento del Tolima*. Bogotá.
- IGAC, IDEAM, IAvH, Invemar, I. Sinchi, IIAP. (2007). *Ecosistemas Continentales, Costeros y Marinos de Colombia*. Bogotá.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM. (2010). *Estudio Nacional del Agua*. Bogotá D.C.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM. (2003). *Zonificación y codificación de unidades hidrográficas e hidrogeológicas de Colombia*. Bogotá D.C.: Comité de Comunicaciones y Publicaciones IDEAM.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM. (2015). *Estudio Nacional del Agua 2014*. Bogotá D.C.: Publicaciones IDEAM.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM. (2018). *Reporte de avance del Estudio Nacional del Agua ENA 2018*. Bogotá D.C.
- Instituto Nacional de Vías - INVIAS. (2009). *Manual de Drenaje para Carreteras*. Bogotá D.C.
- Lamprecht. (1990). *Silvicultura en los Trópicos, los ecosistemas forestales en los bosques tropicales y sus especies arbóreas, posibilidades y métodos para un aprovechamiento sostenible*. GTZ. Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit.
- Márquez, V., Mesa, D., & Useche, L. C. (06 de 2017). Estrategia de imputación con la media bajo el uso de árboles de regresión. *Comunicaciones en Estadística, Universidad Santo Tomas*, págs. 9-40.
- Martínez Prada, R. J. (2010). *Propuesta Metodológica para la Evaluación de Impacto Ambiental en Colombia*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Económicas, Instituto de Estudios Ambientales.
- Martínez, E. (2015). *Análisis Multitemporal de la cubierta Forestal del Parque Natural del Moncayo mediante Teledetección e Índices de Ecología del Paisaje* (Vol. 60 de Serie Investigación). (J. L. Alonso, Ed.) Consejo de Protección de la Naturaleza de Aragón .
- MATTEUCI, S., & COLMA, A. (1982). *Metodología para el estudio de la vegetación*.
- MAVDT. (2018). *METODOLOGÍA GENERAL PARA LA ELABORACIÓN Y PRESENTACIÓN DE ESTUDIOS AMBIENTALES*. Bogotá D.C.
- McGarigal, K., & Romme. (2012). *Modeling historical range of variation at a range of scales: example application*. Historical Environmental Variation in Conservation.
- McRoberts, R., Tomppo, E., & Naesset, E. (2010). *Avances y cuestiones emergentes en los inventarios forestales nacionales*.
- Melo, O., & Vargas, R. (2003). *Evaluación ecológica y silvicultural de ecosistemas boscosos*. Obtenido de Ibagué.

- <https://www.yumpu.com/es/document/read/14197807/evaluacion-ecologica-y-silvicultural-de-ecosistemas-boscosos>.
- Organización Meteorológica Mundial - OMM. (2011). *Guía de Prácticas Hidrológicas - Volumen II: Gestión de recursos hídricos y aplicación de prácticas hidrológicas*.
- Orjuela L, C., & López M, O. (2013). *Hoja metodológica del indicador Índice de alteración potencial de la calidad del agua (Versión 1,0) Sistema de Indicadores Ambientales de Colombia*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM .
- Pollack, C. (2013). *Análisis de Homogeneidad de las series del entorno de Guipuzcoa*. San Sebastian.
- QGIS User Guide. Publicación 3.4. Manual de usuario. (23 de 06 de 2020). *QGIS Project*. Obtenido de https://docs.qgis.org/3.4/es/docs/user_manual/
- Rangel, C., & Velázquez, A. (1997). *Métodos de estudio de la vegetación*. Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- SiB Colombia . (Agosto de 2022). *Biodiversidad en Cifras, Sistema de Información sobre Biodiversidad de Colombia*. Obtenido de <https://biodiversidad.co/cifras>
- Taylor, P.D; Fahrig, L; With, K. (2006). *Landscape connectivity: a return to the basics*", en CROOKS, K. R. & SANJAYAN, M. *Connectivity conservation*. Cambridge.: Cambridge University Press.
- Tischendorf, L. & Fahrig, L. . (2001). Reply: on the use of connectivity measures in spatial ecology" en Oikos.
- Turner et al. (2001). *Landscape ecology in theory and*. Springer, New York.
- Turner, M. (2005). Landscape ecology: what Is the State of the Science? *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.*, 36:319-44.
- UNAM, & Guajardo, P. (s.f.). *Pruebas de homogeneidad de varianza a series de precipitación y temperatura de estaciones del estado de Veracruz y áreas aledañas*. Pág 03.
- Universidad Nacional Agraria La Molina. (2015). *Frecuencia de Precipitaciones Máximas segun los L-Momentos en la Cuenca Hidrográfica del Lago Titicaca*. Lima - Perú.
- Vila, J. et al . (2006). *Conceptos y métodos fundamentales en ecología del paisaje (landscape ecology)*. Universidad de Girona .
- William-Linera, G., et al. (1998). Microambiente y florística de diferentes aristas en un fragmentado bosque tropical. *Conservation Biology* 12, 1091-1102.