

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PARA EL PROYECTO “SUBESTACIÓN NORTE 230/115 kV, LÍNEAS DE TRANSMISIÓN DE 115 kV Y MÓDULOS DE CONEXIÓN

Capítulo 1. Generalidades

| | | | | | |
|----------------|---------------|---------------|--------------|------------------------------|-------------|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| L. Angulo | L. Arévalo | A. Galindo | 2017-11-24 | Complemento reunión oralidad | VF |
| L. Angulo | L. Arévalo | A. Galindo | 2015-12-18 | Versión Final | VF |
| Elaboró | Revisó | Aprobó | Fecha | Descripción | Rev. |

TABLA DE CONTENIDO

| | Pág. |
|---|------|
| 1 GENERALIDADES..... | 1 |
| 1.1 Introducción | 1 |
| 1.2 Objetivos | 2 |
| 1.3 Antecedentes | 3 |
| 1.3.1 Justificación..... | 3 |
| 1.3.2 Estudios previos | 5 |
| 1.3.3 Marco normativo | 6 |
| 1.4 Alcance | 12 |
| 1.4.1 Restricciones específicas del estudio..... | 14 |
| 1.4.2 Información no contemplada en el estudio..... | 15 |
| 1.5 Metodología | 15 |
| 1.5.1 Geología, geomorfología, geotecnia e hidrogeología..... | 16 |
| 1.5.1.1 Revisión de información secundaria..... | 16 |
| 1.5.1.2 Cartografía geológica..... | 17 |
| 1.5.1.3 Cartografía geomorfológica..... | 17 |
| 1.5.1.4 Caracterización hidrogeológica | 24 |
| 1.5.1.5 Sectorización geotécnica | 26 |
| 1.5.2 Atmósfera | 27 |
| 1.5.2.1 Clima..... | 27 |
| 1.5.2.2 Calidad del aire | 39 |
| 1.5.2.3 Ruido | 48 |
| 1.5.3 Hidrología | 55 |
| 1.5.3.1 Fase de campo y recolección de información..... | 55 |
| 1.5.3.2 Procesamiento de información y resultados | 56 |
| 1.5.4 Calidad de agua | 56 |

| | | |
|----------|---|----|
| 1.5.4.1 | Fase precampo | 56 |
| 1.5.4.2 | Fase de campo | 57 |
| 1.5.4.3 | Fase poscampo..... | 60 |
| 1.5.5 | Sismicidad | 61 |
| 1.5.5.1 | Zonificación sísmica | 61 |
| 1.5.6 | Fauna | 63 |
| 1.5.6.1 | Revisión de información secundaria..... | 63 |
| 1.5.6.2 | Fase de campo | 64 |
| 1.5.7 | Flora, cobertura vegetal e inventario forestal | 65 |
| 1.5.7.1 | Identificación, sectorización y descripción de las zonas de vida o formaciones vegetales del AID..... | 65 |
| 1.5.7.2 | Identificación, sectorización y descripción de los diferentes tipos de cobertura de la tierra | 66 |
| 1.5.7.3 | Identificación de ecosistemas terrestres..... | 66 |
| 1.5.7.4 | Caracterización estructural y de composición de las unidades vegetales de cobertura de la tierra..... | 66 |
| 1.5.7.5 | Estructura de las unidades de cobertura vegetal..... | 71 |
| 1.5.8 | Paisaje..... | 77 |
| 1.5.8.1 | Fase 1: actividades precampo..... | 77 |
| 1.5.8.2 | Fase 2: actividades de campo..... | 78 |
| 1.5.8.3 | Fase 3: actividades poscampo | 78 |
| 1.5.8.4 | Equipos y materiales | 89 |
| 1.5.9 | Epífitas | 90 |
| 1.5.9.1 | Fase precampo | 91 |
| 1.5.9.2 | Fase de campo | 91 |
| 1.5.9.3 | Fase poscampo..... | 94 |
| 1.5.10 | Suelos | 94 |
| 1.5.10.1 | Revisión y recopilación de información temática básica y secundaria | 95 |
| 1.5.10.2 | Visita de reconocimiento en campo..... | 97 |

| | | |
|----------|---|-----|
| 1.5.10.3 | Análisis de la información y elaboración del informe | 98 |
| 1.5.11 | Componente socioeconómico..... | 99 |
| 1.5.11.1 | Definición áreas de influencia..... | 99 |
| 1.5.11.2 | Metodología para el levantamiento de información dirigida a la caracterización de la población..... | 101 |
| 1.5.11.3 | Estrategias y mecanismos de participación comunitaria..... | 101 |
| 1.5.12 | Estudio arqueológico | 105 |
| 1.5.13 | Valoración Económica Ambiental | 106 |
| 1.5.14 | Evaluación de Impactos Ambientales | 108 |
| 1.5.15 | Plan de contingencia | 110 |
| 1.5.16 | Sistemas de información geográfica | 112 |
| 1.6 | Profesionales | 112 |
| 1.7 | Cronograma | 114 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | Pág. |
|---|------|
| Tabla 1-1 Disposiciones legales | 6 |
| Tabla 1-2 Marco normativo ambiental..... | 7 |
| Tabla 1-3 Índice de Inclinación de ladera..... | 20 |
| Tabla 1-4 Longitud de ladera | 21 |
| Tabla 1-5 Tipo de forma ladera..... | 21 |
| Tabla 1-6 Tipo de Forma ladera..... | 21 |
| Tabla 1-7 Formas de Ladera..... | 22 |
| Tabla 1-8 Forma de Cresta | 22 |
| Tabla 1-9 Índice de contraste de relieve | 22 |
| Tabla 1-10 Tipo de relieve | 23 |
| Tabla 1-11 Textura de drenaje..... | 23 |
| Tabla 1-12 Índice de frecuencia de drenaje | 23 |
| Tabla 1-13 Densidad de drenaje..... | 24 |
| Tabla 1-14 Forma de valle | 24 |
| Tabla 1-15 Generalidades de las estaciones meteorológicas empleadas en el presente estudio..... | 27 |
| Tabla 1-16 Resumen de las estaciones meteorológicas empleadas para cada parámetro | 29 |
| Tabla 1-17 Longitud de aspereza superficial (m) | 35 |
| Tabla 1-18 Categorías de estabilidad para periodos diurnos | 36 |
| Tabla 1-19 Categorías de estabilidad para periodos nocturnos | 36 |
| Tabla 1-20 Clasificación climática método Caldas | 37 |
| Tabla 1-21 Clasificación climática método Lang | 38 |
| Tabla 1-22 Clasificación climática método Caldas-Lang | 38 |
| Tabla 1-23 Ubicación de las estaciones de calidad del aire utilizadas pertenecientes al SVCS de la CAR..... | 39 |
| Tabla 1-24 Ubicación de los puntos de monitoreo de calidad de aire ANALQUIM | 40 |
| Tabla 1-25 Periodo de monitoreo por estación..... | 41 |
| Tabla 1-26 Resumen métodos de muestreo y análisis para parámetros de calidad del aire | 41 |
| Tabla 1-27 Niveles máximos permisibles para contaminantes monitoreados..... | 47 |
| Tabla 1-28 Localización puntos de monitoreo ruido ambiental..... | 48 |
| Tabla 1-29 Fechas de monitoreo de ruido ambiental | 49 |
| Tabla 1-30 Datos generales de la medición | 50 |
| Tabla 1-31 Equipos utilizados durante la medición | 51 |

| | |
|--|-----|
| Tabla 1-32 Criterios para la corrección por tono, K_T | 53 |
| Tabla 1-33 Estándares máximos permisibles de niveles de ruido ambiental, expresados en decibeles dB(A) | 54 |
| Tabla 1-34 Métodos utilizados en el análisis de laboratorio de calidad de agua..... | 57 |
| Tabla 1-35 Requerimientos de manipulación para la preservación de las muestras | 59 |
| Tabla 1-36 Índices de contaminación..... | 61 |
| Tabla 1-37 Criterios de valoración de la calidad visual del paisaje..... | 80 |
| Tabla 1-38 Asignación de puntajes para los criterios de calidad visual del paisaje | 81 |
| Tabla 1-39 Criterios para evaluar fragilidad visual | 82 |
| Tabla 1-40 Criterios de valoración de la fragilidad y capacidad de absorción visual (CAV) | 83 |
| Tabla 1-41 Escala de Referencia | 84 |
| Tabla 1-42 Criterios de valoración de la integración visual del paisaje..... | 84 |
| Tabla 1-43 Escala de referencia para determinar la integración visual | 85 |
| Tabla 1-44 Criterios de valoración del atractivo escénico del paisaje..... | 86 |
| Tabla 1-45 Escala de referencia USDA (1995) | 87 |
| Tabla 1-46 Criterios visuales y perceptuales..... | 87 |
| Tabla 1-47 Criterios de valoración índice final de belleza | 89 |
| Tabla 1-48 Equipos y materiales mínimos requeridos para el trabajo de campo del componente forestal | 89 |
| Tabla 1-49 Unidades territoriales del proyecto..... | 100 |
| Tabla 1-50 Socializaciones de Inicio | 103 |
| Tabla 1-51 Parámetros para determinar la importancia ambiental | 108 |
| Tabla 1-52 Clasificación de los resultados de los impactos..... | 110 |
| Tabla 1-53 Equipo de trabajo ACON, Miembro Grupo INERCO | 113 |
| Tabla 1-54 Cronograma para el Estudio de Impacto Ambiental | 115 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | Pág. |
|---|------|
| Figura 1-1 Secuencia Estudio de Impacto Ambiental..... | 16 |
| Figura 1-2 Esquema de jerarquización geomorfológica propuesto por Ingeominas | 19 |
| Figura 1-3 Metodología para el estudio del paisaje | 79 |
| Figura 1-4 Toma de muestra de acuerdo con la altura..... | 92 |
| Figura 1-5 Formato etiqueta..... | 93 |
| Figura 1-6 Sistema de clasificación geomorfológica y sus categorías (Zinck, 1986) | 96 |

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

| | Pág. |
|---|------|
| Fotografía 1-1 Equipo Hi-Vol para determinación de Partículas Suspendidas Totales | 42 |
| Fotografía 1-2 Equipo muestreador de PM10 | 44 |
| Fotografía 1-3 Recolección de epífitas no vasculares | 93 |

ÍNDICE DE ANEXOS

| |
|---|
| Anexo 1-1 Radicado Solicitud Términos |
| Anexo 1-2 Términos de referencia |
| Anexo 1-3 Plan de Expansión de Referencia Generación-Transmisión 2010-2014 |
| Anexo 1-4 Resoluciones CREG 097 de 2008 |

1 GENERALIDADES

1.1 Introducción

En los últimos años, la ciudad de Bogotá, D.C., ha tenido un crecimiento en la demanda de energía eléctrica, superior a la tasa nacional; de igual forma, ha presentado bajas tensiones en las subestaciones de la sabana de Bogotá y violaciones de tensión ante contingencias en algunos elementos de la red del Sistema de Transmisión Nacional (STN) y del Sistema de Transmisión Regional (STR).

De acuerdo con lo anterior, el STR de 115 kV de la ciudad de Bogotá debe ser reforzado con la construcción de una nueva subestación en la zona norte de la ciudad, mediante el desarrollo de un gran proyecto en el que interviene, además de CODENSA S.A. ESP, la Empresa de Energía de Bogotá (EEB). En este sentido, el proyecto desarrollado por CODENSA S.A. ESP contempla el proyecto “*Subestación Norte 230/115 kV, Líneas de transmisión 115 kV y Módulos de conexión*” (en adelante, Proyecto Norte), el cual involucra el diseño, construcción, montaje y puesta en servicio de la subestación Norte y sus líneas de interconexión a 115 kV.

El objetivo del proyecto en mención es permitir la transmisión de energía eléctrica entre la subestación Norte y las subestaciones Sesquilé, Gran Sabana, Ubaté y Zipaquirá, así como reforzar el STR de 115 kV en la zona norte de la ciudad de Bogotá. Involucra a los municipios de Gachancipá, Tocancipá, Zipaquirá, Cogua, Nemocón, Suesca y Sesquilé, en el departamento de Cundinamarca, y la vereda San José, donde se ubicará la subestación, localizada en el municipio de Gachancipá.

Conforme a lo anterior y con el propósito de dar cumplimiento a los términos de referencia definidos por la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR), en respuesta al radicado No. 09131101515 del 8 de mayo de 2013, para «El tendido de líneas de transmisión conformado por el conjunto de líneas asociados, que operen a tensiones menores de 220 kV y que no pertenecen a un sistema de distribución local», y acorde con el literal b del numeral 4 del Artículo 9 del Decreto 2820 de 2010* (ver Anexo 1-1 y 1-2), se realizó el presente Estudio de Impacto Ambiental (EIA).

En el marco de los términos de referencia, el periodo de inicio de actividades para la ejecución del estudio correspondió al mes de noviembre de 2013, con la revisión de las condiciones ambientales y sociales en el área de interés a través de información primaria, secundaria y visitas para el reconocimiento de la zona y la ubicación del proyecto. Con el

* Como igualmente se expresa en el Decreto 2041 de 2014.

fin de lograr el acercamiento con los predios donde se proyecta el proyecto Norte, a partir del mes de diciembre de 2013 se realizó el acompañamiento social de manera continua. En el mes de febrero de 2014 se realizaron los trabajos de campo relacionados con la recolección de información primaria, para la elaboración de la línea base del componte abiótico, terminando en el mes de agosto del mismo año; en cuanto a los trabajos para el componte biótico, estos iniciaron en el mes de diciembre, conforme a la obtención del permiso de investigación científica mediante el No. 005 del 18 de noviembre de 2014, y finalizando la caracterización del área de interés en el mes de mayo de 2015.

Debido a las características de la zona, y con el propósito de avanzar en el trabajo en campo, en los meses de junio y julio de 2014 se utilizó la herramienta LIDAR como técnica topográfica para la definición de los trazados y como instrumento para caracterización ambiental del estudio. Adicionalmente, en los meses de noviembre y diciembre de 2014 y enero a julio de 2015 se desarrolló la identificación y evaluación de los impactos ambientales relacionados con la construcción y operación del proyecto, la formulación de los planes de manejo y el seguimiento para los componentes abiótico, biótico y social, al igual que de la formulación del plan de contingencias.

Como se describe anteriormente, gran parte de la información presentada en el EIA corresponde a información recolectada mediante observaciones directas en campo y muestreos realizados en la zona de estudio, lo cual implica un grado de incertidumbre de la información del 10%.

1.2 Objetivos

El EIA presentado en este documento, cuyo objetivo principal es describir las actividades del proyecto con su entorno y las posibles afectaciones o impactos que puede generar, busca finalmente establecer planes que contengan las medidas de manejo que prevengan, mitiguen y/o controlen los impactos ambientales, generando así actividades de seguimiento y monitoreo a la efectividad de las medidas.

Como objetivos específicos se tienen:

- Describir en forma detallada las características técnicas, las obras y las actividades a realizar durante la construcción y operación del proyecto, particularmente aquellas que potencialmente causarían algún efecto sobre los medios natural y humano del área de influencia del mismo.

- Realizar una caracterización regional y local de los aspectos físicos, bióticos y sociales del área de estudio, con el fin de obtener un diagnóstico del estado de los recursos naturales y del medio humano, previo a la inserción del proyecto en la zona.
- Estimar y analizar los recursos naturales que van a ser usados, aprovechados o afectados durante el diseño, construcción y operación de las líneas de transmisión y la subestación eléctrica.
- Evaluar la oferta y vulnerabilidad ambiental de los ecosistemas que serán afectados por el Proyecto Norte.
- Definir los ecosistemas ambientalmente críticos, sensibles y de importancia ambiental y social que deben ser tratados o manejados de manera especial para el desarrollo del proyecto.
- Identificar, dimensionar y evaluar los impactos más significativos que pueden ser ocasionados por la construcción y operación del proyecto.
- Desarrollar medidas de prevención, corrección, mitigación y compensación, a fin de garantizar la óptima gestión ambiental del proyecto.
- Plantear sistemas de seguimiento y monitoreo que permitan evaluar la eficiencia del Plan de Manejo Ambiental (PMA), para las etapas de construcción y operación de la *“Subestación Norte 230/115 kV, Líneas de transmisión 115 kV y Módulos de conexión”*.
- Elaborar el Plan de Contingencias, de acuerdo con las políticas, directrices, normas y procedimientos de administración del riesgo de CODENSA S.A. ESP.

1.3 Antecedentes

1.3.1 Justificación

La iniciativa de construcción de la Subestación Norte a 230/115 kV y líneas de transmisión asociadas fue expuesta en el “Plan de expansión de referencia generación-transmisión 2010-2014”, adoptado mediante Resolución No. 182215 de noviembre de 2010 del Ministerio de Minas y Energía y elaborado por la Unidad de Planeación Minero Energética UPME (ver Anexo 1-3). Esta iniciativa nació con el fin de atender el crecimiento en la demanda de energía eléctrica en el área norte y de la sabana de Bogotá, mejorar los niveles de tensión en las subestaciones de dichas zonas y evitar las violaciones de tensión ante

contingencias en algunos elementos de la red del Sistema de Transmisión Nacional, STN, y del Sistema de Transmisión Regional, STR.

En el “Plan de expansión de referencia generación-transmisión 2010-2014” se plantearon tres (3) alternativas:

- Alternativa 1: Nuevo tercer circuito Chivor-Guavio 230 kV.
- Alternativa 2: Nuevo doble circuito Chivor-Bacatá 230 kV.
- Alternativa 3: Nueva subestación Norte 230/115 kV-336 MVA. Nuevo doble circuito Chivor-Norte 230 kV y nuevo doble circuito Norte-Bacatá 230 kV.

De acuerdo con dicho plan, las tres opciones representaban una solución para atender el crecimiento de la demanda de energía eléctrica en la Sabana de Bogotá; sin embargo, la alternativa número 3 presenta el mejor desempeño eléctrico, eliminando el riesgo de colapso en el área y evitando las violaciones de tensión en el norte de la sabana de Bogotá. Con el fin de adjudicar el proyecto para el diseño, adquisición de los suministros, construcción, pruebas, operación y mantenimiento de las Subestaciones Chivor II y Norte, la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME) abrió la Convocatoria Pública UPME No. 3 de 2010, y el 16 de abril de 2013 la Empresa de Energía de Bogotá S.A. ESP (EEB) fue adjudicataria del proyecto.

Conforme a lo anterior, y teniendo en cuenta lo señalado en el capítulo 4.2 de la Resolución CREG No. 097 de 2008, en el cual se indica que el Operador de Red (OR) deberá manifestar por escrito a la UPME el deseo de desarrollar el proyecto de expansión, el 6 de julio de 2012 CODENSA S.A. ESP expresó interés a la UPME para ejecutar y/o liderar el Proyecto Subestación Norte.

Por otra parte, y con el propósito de dar cumplimiento a la normativa ambiental, el 8 de mayo de 2013 mediante radicado No. 09131101515, CODENSA S.A. ESP solicitó a la CAR los términos de referencia para el proyecto de construcción de la Subestación Norte 230/115 kV, líneas de 115 kV y sus módulos de conexión. En respuesta a lo anterior, la CAR –Oficina Provincial Sabana Centro–, mediante radicado No. 09132102814 del 10 de mayo de 2013, dio respuesta a CODENSA S.A. ESP, haciendo entrega de los términos de referencia para «el tendido de líneas de transmisión conformado por el conjunto de líneas asociados, que operan a tensiones menores de 220 kV y que no pertenecen a un sistema de distribución local”, acorde con el literal b numeral 4 del Artículo 9 del Decreto 2820 de 2010».*

* Como igualmente se expresa en el Decreto 2041 de 2014.

1.3.2 Estudios previos

Para el desarrollo del proyecto, en los meses de noviembre de 2013 a mayo de 2014, CODENSA S.A. ESP elaboró un documento con el objeto de evaluar y comparar las diferentes alternativas ambientales, sociales y técnicas bajo las cuales se puede desarrollar el proyecto, y de esta manera definir los trazados de las líneas de transmisión mediante un análisis comparativo, permitiendo optimizar y racionalizar el uso de los recursos, los posibles impactos que podría generar el proyecto en el entorno y, así mismo atender las necesidades de infraestructura y abastecimiento de energía para el norte de Bogotá.

La definición de cada uno de las alternativas del proyecto se analizó individualmente, de acuerdo con los criterios relacionados a continuación:

- Componente socioeconómico: Zonas donde el proyecto puede generar conflictos con el uso del suelo y del recurso hídrico, identificación de predios y su actividad económica predominante, paso por zonas urbanas y proyectos de desarrollo nacional o regional como vías, oleoductos, etc.
- Componente abiótico: Zonas de alta pendiente según el relieve y procesos de remoción en masa, posible afectación de infraestructura existente y afectación de los cuerpos hídricos.
- Componente biótico: Áreas de exclusión o de manejo especial de orden nacional y regional, ecosistemas sensibles y estratégicos legalmente definidos, especies en veda y áreas de reserva de la Ley 2 de 1959.
- Componente técnico: Valoración de accesos, limitaciones técnicas (de acuerdo con las características topográficas de la zona) y tipo de estructura adecuada.

Conforme a la evaluación y análisis de cada uno de los compontes antes mencionados, y mediante el apoyo de imágenes satelitales, recorridos de la zona e información secundaria, se realizó la comparación de cada una de las alternativas según los criterios de diseño, dando como resultado rutas del trazado con características socioambientales viables para el desarrollo y ejecución del proyecto.

| | | | |
|---|--|---|--|
|  <p>INGENIERÍA & DISEÑO S.A.</p> |  <p>Codensa es una empresa del Grupo Enel</p> |  | <p>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL Capítulo 1. Generalidades CONTRATO 5700004954</p> |
|---|--|---|--|

1.3.3 Marco normativo

A continuación se relaciona la normativa aplicable al proyecto:

Tabla 1-1 Disposiciones legales

| Normas generales vigentes | Tema |
|---|--|
| Ley 142 de 1994 | Por la cual se establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios y se dictan otras disposiciones; constituye el régimen general que regula la prestación de los servicios públicos domiciliarios de acueducto, alcantarillado, aseo, energía eléctrica, distribución de gas combustible, telefonía fija pública básica conmutada y la telefonía local móvil en el sector rural. |
| Ley 143 de 1994 | Por la cual se establece el régimen para la generación, interconexión, transmisión, distribución y comercialización de electricidad en el territorio nacional, establece el régimen de las actividades del sector eléctrico colombiano. |
| Ley 286 de 1996 | Esta ley modificó algunos aspectos relacionados con los regímenes de contribuciones, tarifas y subsidios de las leyes 142 y 143 de 1994. |
| Ley 632 de 2000 | Modificó las leyes 142, 143 de 1994 y 286 de 1996 en algunos aspectos relacionados con el régimen de subsidios. |
| Ley 689 de 2001 | Modificó parcialmente la Ley 142 de 1994, en lo relacionado con el régimen de contratación de las empresas de servicios públicos, el control fiscal y de auditoría de las ESP, su toma de posesión, y, en general, el régimen de control y vigilancia de las mismas por parte de la ciudadanía y de la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios. También modificó aspectos del régimen tarifario de las ESP y de las relaciones usuario-empresa. |
| Decreto 28 de 1995 | Modificado parcialmente por el Decreto 1683 de 1997 y por el Decreto 255 de 2004, este Decreto reglamenta la Ley 143 de 1994, en lo relacionado con las facultades de la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME). |
| Resoluciones del Ministerio de Minas y Energía | |
| Resolución MME No. 18 0924 de 2003 | Por la cual se establece y desarrolla el mecanismo de las Convocatorias Públicas para la ejecución de los proyectos definidos en el Plan de Expansión de Transmisión del Sistema Interconectado Nacional. |
| Resolución MME No. 18 0398 de 2004 | Por la cual se expide el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas, RETIE. |
| Resolución MME No. 18 0466 de 2007 | Por la cual se modifica el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas, RETIE |
| Resolución MME No. 18 1294 de 2008 | Por la cual se modifica el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas, RETIE |
| Resoluciones de la CREG | |
| Resolución CREG 022 de 2001 | Esta resolución, modificada por las Resoluciones 093 de 2007, 120 de 2003, 105 de 2003, 062 de 2003, 085 de 2002 y 093 de 2001, recoge los principios generales y procedimientos para definir el Plan de Expansión de Referencia del Sistema de Transmisión Nacional, y establece la metodología para determinar el Ingreso Regulado por concepto del uso de ese sistema. |
| Resolución CREG 093 de 2001 | Por la cual se modifica el plazo establecido en la Resolución CREG-051 de 1998, modificada e incorporada por la Resolución CREG-022 de 2001, para la apertura |

| | | | |
|---|---|---|---|
|  INGENIERÍA & DISEÑO S.A. |  |  | ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL Capítulo 1. Generalidades CONTRATO 5700004954 |
| Codensa es una empresa del Grupo Enel | | | |

| Normas generales vigentes | Tema |
|---|--|
| | de las convocatorias relacionadas con la expansión del Sistema de Transmisión Nacional. |
| Resolución CREG 106 de 2006 | Por la cual se modifican los procedimientos generales para la asignación de puntos de conexión de generadores a los Sistema de Transmisión Nacional, Sistemas de Transmisión Regional o Sistemas de Distribución Local. |
| Resoluciones CREG del Código de Redes y del Reglamento de Operación del STN | De acuerdo con la Resolución 25 de 1995, se entiende por código de redes el "Conjunto de reglas, normas, estándares y procedimientos técnicos expedidos por la Comisión, a los cuales deben someterse las empresas de servicios públicos del sector eléctrico y otras personas que usen el sistema de transmisión nacional". |
| Resoluciones CREG 097 de 2008 | Por la cual se aprueban los principios generales y la metodología para el establecimiento de los cargos por uso de los Sistemas de Transmisión Regional y Distribución Local (ver Anexo 1-4). |

Fuente: ACON, Miembro Grupo INERCO, 2014.

Tabla 1-2 Marco normativo ambiental

| Recurso/ elemento | Norma | Tema general |
|--------------------|--|--|
| Recursos naturales | Decreto-Ley 2811 de 1974 Presidencia de la República | Código Nacional de los Recursos Naturales Renovables y Protección del Medio Ambiente. |
| | Ley 9 de 1979 Congreso de Colombia | Protección al ambiente y medidas sanitarias. |
| | Decreto 1449 de 1977 Ministerio de Agricultura | Uso y conservación de los recursos naturales. |
| | Ley 99 de 1993 Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial | Crea el Sistema Nacional Ambiental (SINA) y reglamenta lo referente a sus competencias y funciones, definiendo la estructura del Ministerio y las corporaciones, así como las fuentes y recursos económicos para el manejo y la recuperación del medio ambiente. |
| | Decreto 2041 de 2014 Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible | Por el cual se reglamenta el Título VIII de la Ley 99 de 1993 sobre licencias ambientales. |
| | Resolución 1478 de 2003 Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible | Por la cual se establecen las metodologías de valoración de costos económicos del deterioro y de la conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables. |
| | Decreto 0783 de 2015 Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible | Por el cual se deroga el numeral 10 del Artículo 24 del Decreto 2041 de 2014, referente a la solicitud del Certificado de la Unidad Administrativa Especial de Gestión de Tierras Despojadas, |
| Agua | Decreto 1594 de 1984 Ministerio de Agricultura | Reglamentación del uso del agua, concesiones, vertimientos líquidos. |
| | Decreto 2340 de 1984 Ministerio de Salud | Por el cual se aclara el Decreto 1594 del 26 de junio de 1984, específicamente en su Artículo 251 |

| Recurso/ elemento | Norma | Tema general |
|----------------------|--|--|
| Agua | Resolución 0372 de 1998 Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial | Por la cual se actualizan las tarifas mínimas de las tasas retributivas por vertimientos líquidos y se dictan disposiciones. |
| | Decreto 919 de 1989 Presidencia de la República | Por el cual se organiza el Sistema Nacional para la Prevención y Atención de Desastres y se dictan otras disposiciones. |
| | Decreto 1541 de 1978 Ministerio de Agricultura | 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. Dominio de las aguas, cauces y riberas. |
| | Resolución 0273 de 1997 Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial | Por la cual se fijan las tarifas mínimas de las tasas retributivas por vertimientos líquidos para los parámetros Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) y Sólidos Suspendidos Totales (SST). |
| | Decreto 901 de 1997 Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial | Por medio del cual se reglamentan las tasas retributivas por la utilización directa o indirecta del agua como receptor de los vertimientos puntuales y se establecen las tarifas de estas. |
| | Ley 373 de 1997 Congreso de Colombia | Por la cual se establece el programa para el uso eficiente y ahorro del agua. |
| | Decreto 155 de 2004 Presidente de la República | Por el cual se reglamenta el Artículo 43 de la Ley 99 de 1993 sobre tasas por utilización de aguas y se adoptan otras disposiciones. |
| | Decreto 3440 de 2004 Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial | Por el cual se modifica el Decreto 3100 de 2003 y se adoptan otras disposiciones. |
| | Decreto 1900 de 2006 Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial | Establece la inversión del 1% correspondiente a la captación de agua superficial o subterránea. |
| | Decreto 1575 de 2007 Ministerio de Protección Social | Por el cual se establece el Sistema para la Protección y Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano. |
| | Decreto 3930 de 2010 Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial | Reglamentario, establece las disposiciones relacionadas con los usos del recurso hídrico, el Ordenamiento del Recurso Hídrico y los vertimientos al recurso hídrico, al suelo y a los alcantarillados. |
| | Decreto 4728 de 2010 Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial | Por el cual se modifica parcialmente el Decreto 3930 de 2010. |
| | Resolución 0631 de 2015 Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible | "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 de dictan otras disposiciones. |

| Recurso/ elemento | Norma | Tema general |
|----------------------|--|---|
| Aire | Decreto 02 de 1982 Ministerio de Salud | Por el cual se reglamentan parcialmente el Título I de la Ley 09 de 1979 y el Decreto Ley 2811 de 1974, en cuanto a emisiones atmosféricas. |
| | Resolución 8321 de 1983 Ministerio de Salud | Protección y conservación de la audición de la salud y el bienestar de las personas, por causa de la producción y emisión de ruidos. |
| | Decreto 948 de 1995 Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial | Por el cual se reglamentan, parcialmente, la ley 23 de 1973, los artículos 330, 730, 740, 750 y 760 del Decreto ley 2811 de 1974. |
| | Decreto 2107 de 1995 Presidente de la República | Por medio del cual se modifica parcialmente el Decreto 948 de 1995 que contiene el Reglamento de Protección y Control de la Calidad del Aire. |
| | Resolución 619 de 1997 Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial | Por medio de la cual se establecen parcialmente los factores a partir de los cuales se requiere permiso de emisiones atmosféricas para fuentes fijas. |
| | Decreto 979 de 2006 Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial | Por el cual se modifican los artículos 7,10, 93, 94 y 108 del Decreto 948 de 1995. |
| | Resolución 601 de 2006 Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial | Por la cual se establece la Norma de Calidad del Aire o Nivel de Inmisión, para todo el territorio nacional en condiciones de referencia. |
| | Resolución 627 de 2006 Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial | Por la cual se establece la norma nacional de emisión de ruido y ruido ambiental. |
| | Resolución 909 de 2008 Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial | Por la cual se establecen las normas y estándares de emisión admisibles de contaminantes a la atmósfera por fuentes fijas y se dictan otras disposiciones. |
| | Resolución 610 de 2010 Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial | Modifica la Resolución 601 de 2006, establece la norma de Calidad del Aire o Nivel de inmisión para todo el territorio nacional en condiciones de referencia. |
| Flora y Bosques | Resolución 0213 de 1977 Inderena | Por la cual se establece la veda para algunas especies y productos de la flora silvestre. |
| | Ley 139 de 1994 Congreso de Colombia | Por medio de la cual se establece el certificado de incentivo forestal. |
| | Ley 306 de 96 Congreso de Colombia | Por medio de la cual se aprueba la "Enmienda de Copenhague al Protocolo de Montreal relativo a las sustancias que agotan la capa de ozono", suscrito en Copenhague, el 25 de noviembre de 1992. |
| | Decreto 1791 de 1996 Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial | Régimen de aprovechamiento forestal. |
| | Decreto 900 de 1997 Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial | Por el cual se reglamenta el Certificado de Incentivo Forestal para Conservación. |

| | | |
|--|--|--|
|  <p>INGENIERÍA & DISEÑO S. A.</p> |   <p>Codensa es una empresa del Grupo Enel</p> | <p>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL Capítulo 1. Generalidades CONTRATO 5700004954</p> |
|--|--|--|

| Recurso/ elemento | Norma | Tema general |
|---------------------------|--|---|
| Flora y Bosques | Decreto 096 de 2006 Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial | Por la cual se modifican las resoluciones 316 de 1974 y 1408 de 1975. INDERENA, en relación con la veda sobre la especie roble (Quercus Humboldt). |
| | Ley 1021 de 2006 Congreso de Colombia | Por la cual se expide la Ley General Forestal, (Ley 1021 del 20 de abril de 2006). |
| | Resolución 138 de 2014 Ministerio de Ambiente y Desarrollo sostenible | Por la cual se realindera la Reserva Forestal Protectora Productora de la Cuenca Alta del Rio Bogotá. |
| CITES | Decreto 1420 de 1997 Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial | Por el cual se designan las autoridades científicas de Colombia ante la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres, CITES, y se determinan sus funciones. |
| | Decreto 125 de 2000 Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial | Por el cual se modifica el Decreto 1420 de 1997. |
| | Resolución 1367 de 2000 Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial | Por la cual se establece el procedimiento para las autorizaciones de importación y exportación de especímenes de la diversidad biológica que no se encuentran listadas en los apéndices de la Convención CITES. |
| | Resolución 383 de 2010 Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial | Por la cual se declaran las especies silvestres que se encuentran amenazadas en el territorio nacional y se toman otras determinaciones. |
| | Apéndices I, II y III en vigor a partir del 24 de junio de 2010 UNEP | Convención sobre el comercio internacional de especies amenazadas de fauna y flora silvestre. |
| Educación y Participación | Decreto 1320 DE 1998 (julio 13) Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial | Por el cual se reglamenta la consulta previa con las comunidades indígenas y negras para la explotación de los recursos naturales dentro de su territorio. |
| | Decreto 1397 De 1996. MAVDT | Por el cual se crean la Comisión Nacional de Territorios Indígenas y la Mesa Permanente de Concertación con los Pueblos y Organizaciones Indígenas y se dictan otras disposiciones. |
| Patrimonio arqueológico | Ley 397 de 1997 | Por la cual se dictan normas sobre patrimonio cultural, fomentos y estímulos a la cultura, se crea el Ministerio de la Cultura y se trasladan algunas dependencias. |
| | Ley 1185 de 2008 | Por la cual se modifica y adiciona la Ley 397 de 1997 –Ley General de Cultura– y se dictan otras disposiciones. |
| Fauna | Decreto 4688 del 21 de diciembre de 2005 Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial | Por el cual se reglamenta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente, la Ley 99 de 1993 y Ley 611 de 2000 en materia de caza comercial. |
| | Decreto 1608 de 1978 | Fauna Silvestre. |

| Recurso/ elemento | Norma | Tema general |
|----------------------|---|--|
| Fauna | Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial | |
| | Resolución 221 de 2005 Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial | Por la cual se modifican los artículos 3 y 6 de la Resolución 1172 de octubre 7 de 2004. |
| | Resolución 3016 de 2013 Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible | Por el cual se reglamenta el permiso de estudio para la recolección de especímenes de especies silvestres de la diversidad biológica, con fines de elaboración de estudios ambientales |
| | Resolución 0192 de 10 febrero de 2014 Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible | Por la cual se establece el listado de las especies silvestres amenazadas de la diversidad biológica colombiana que se encuentran en el territorio nacional y se dictan otras disposiciones. |
| Residuos | Resolución 2309 de 1986 Ministerio de Salud | Se dictan normas para el cumplimiento del contenido del Título III de la parte 4 del Libro 1 del Decreto-Ley 2811 de 1974 y de los títulos I, III y XI de la Ley 9 de 1979, en cuanto a residuos especiales. |
| | Decreto 1609 de 2002 Ministerio de Transporte | Por el cual se reglamenta el manejo y transporte terrestre automotor de mercancías peligrosas por carretera. |
| | Decreto 1713 de 2002 Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial | Por el cual se reglamenta la Ley 142 de 1994, la Ley 632 de 2000 y la Ley 689 de 2001, en relación con la prestación del servicio público de aseo; y el Decreto Ley 2811 de 1974 y la Ley 99 de 1993, en relación con la Gestión Integral de Residuos Sólidos. |
| | Resolución 181304 de 2004 Ministerio de Minas y Energía | Por la cual se reglamenta la expedición de la Licencia de Manejo de Materiales Radiactivos. |
| | Decreto 4741 de 2005 Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial | Se reglamenta parcialmente la prevención y manejo de los residuos o desechos peligrosos generados en el marco de la gestión integral. |
| | Decreto 838 de 2005 Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial | Se modifica el Decreto 1713 de 2002 sobre disposición final de residuos sólidos y se dictan otras disposiciones. |
| | Resolución 1446 de 2005 Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial | Por la cual se modifica parcialmente la Resolución 415 del 13 de marzo de 1998, que establece los casos en los cuales se permite la combustión de aceites de desecho o usados y las condiciones técnicas para realizar la misma. |
| | Resolución 1402 de 2006 Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial | Por la cual se desarrolla parcialmente el Decreto 4741 del 30 de diciembre de 2005, en materia de residuos o desechos peligrosos. |
| | Resolución 0062 de 2007 Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial | Por la cual se adoptan los protocolos de muestreo y análisis de laboratorio para la caracterización fisicoquímica de los residuos o desechos peligrosos en el país. |

| Recurso/ elemento | Norma | Tema general |
|---|--|--|
| Residuos | Resolución 1362 de 2007 Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial | Por la cual se establecen los requisitos y el procedimiento para el Registro de Generadores de Residuos o Desechos Peligrosos, a que hacen referencia los artículos 27 y 28 del Decreto 4741 del 30 de diciembre de 2005. |
| | Resolución 222 de 2011 Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible | Por la cual se establecen requisitos para la gestión ambiental integral de equipos y desechos que consisten, contienen o están contaminados con Bifenilos Policlorados (PCB) |
| Plan de Contingencia | Decreto 321 de 1999 Ministerio del Interior | Adopta el plan nacional de contingencias contra derrames de hidrocarburos, derivados de sustancias nocivas en aguas marinas, fluviales y lacustres. |
| Presentación estudios ambientales | Resolución 1503 del 4 de agosto de 2010 | Por la cual se adopta la metodología general para la presentación de estudios ambientales y se toman otras determinaciones. |
| | Resolución 1415 del 17 de agosto de 2012 Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible | Por la cual se modifica y actualiza el modelo de almacenamiento geográfico (Geodatabase) contenido en la <i>Metodología general para la presentación de estudios ambientales</i> adoptada mediante la Resolución 1503 del 4 de agosto de 2010. |

Fuente: ACON, Miembro Grupo INERCO, 2015.

1.4 Alcance

Teniendo como base los términos de referencia definidos por la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca, CAR, el presente Estudio de Impacto Ambiental (EIA) relaciona la descripción del proyecto, la evaluación de los elementos del medio ambiente (físico, biótico y social) que puedan sufrir deterioro, la información específica de los recursos naturales que van a ser usados, aprovechados o afectados y la evaluación de los impactos que puedan producirse por las actividades constructivas y operativas del proyecto.

También se presenta el diseño de las medidas de prevención, mitigación, control, compensación y corrección de impactos y efectos negativos, las cuales, en conjunto, conforman el Plan de Manejo Ambiental. Adicionalmente, se incluyen el Plan de Monitoreo y Seguimiento y el Plan de Contingencias.

El Estudio de Impacto Ambiental (EIA) está conformado por 14 capítulos, brevemente descritos a continuación:

| | | | |
|---|--|---|---|
|  <p>INGENIERÍA & DISEÑO S.A.</p> |  <p>Codensa es una empresa del Grupo Enel</p> |  | <p>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL Capítulo 1. Generalidades CONTRATO 5700004954</p> |
|---|--|---|---|

Capítulo 1 Generalidades: Contiene información general sobre el estudio, la cual indica los aspectos relacionados con el tipo de proyecto y su localización, define los objetivos generales y específicos referentes al proyecto, antecedentes, alcance y la metodología bajo la cual se desarrolló el estudio de impacto ambiental.

Capítulo 2 Descripción del proyecto: Presenta la información general del proyecto, como la localización, características de las obras y duración de las mismas.

Capítulo 3 Caracterización del Área de Influencia del Proyecto: Contempla la caracterización de la zona donde se localizará el proyecto, describiendo los diferentes componentes ambientales: geosférico, atmosférico, hidrosférico, socioeconómico y biosférico.

Capítulo 4 Demanda, uso, aprovechamiento y/o afectación de recursos naturales: Incluye los requerimientos del proyecto en cuanto a demanda, uso, aprovechamiento o afectación de recursos naturales. En este orden de ideas, relaciona los recursos naturales renovables que demandará el proyecto y que serán utilizados, aprovechados o afectados durante las diferentes etapas del mismo incluyendo los que requieren o no permisos, concesiones y autorizaciones pertinentes y teniendo en cuenta las aguas superficiales, subterráneas, de vertimiento, emisiones atmosféricas, ocupación de cauces, materiales de construcción y el manejo de residuos. Cabe resaltar, que el único permiso requerido es el de aprovechamiento forestal. Para las especies epífitas encontradas en la zona de estudio, se tramitará ante el Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible MADS, Dirección de Bosques, Biodiversidad y Sistemas ecosistémicos la solicitud de levantamiento de veda.

Capítulo 5 Evaluación de Impactos: Expone la identificación y evaluación de los impactos ambientales con y sin proyecto para las actividades constructivas y operativas de la subestación y las líneas de transmisión.

Capítulo 6 Zonificación de manejo ambiental del proyecto: Presenta una clasificación de las áreas de la zona de estudio, considerando los impactos ocasionados y la aplicación de las medidas de manejo.

Capítulo 7 Evaluación económica de los impactos: Realiza una estimación del valor económico de los beneficios y costos ambientales potenciales y considerados relevantes.

Capítulo 8 Plan de Manejo Ambiental: Presenta las fichas de medidas de manejo ambiental definidas para la prevención, mitigación y control de los impactos identificados.

Capítulo 9 Programa de seguimiento y monitoreo del proyecto: Explica las acciones definidas para la evaluación periódica de la aplicación de las medidas de manejo y la efectividad.

Capítulo 10 Plan de contingencia: Contempla la identificación y evaluación de riesgos asociados a la etapa de construcción y operación del proyecto, estableciendo medidas para el control de los mismos, así como la organización de los actores relacionados para la atención en caso de una emergencia.

Capítulo 11 Plan de desmantelamiento y abandono: Presenta las actividades generales necesarias para la salida de operación de las obras relacionadas con el proyecto.

Capítulo 12 Plan de inversión del 1%: De acuerdo con las características del proyecto, no se requiere de un plan de inversión, pues la ejecución del mismo no prevé el uso de agua tomada de fuentes naturales.

Capítulo 13 Costos: Expone el presupuesto y el análisis de precios de las acciones incluidas en el Plan de Manejo y el Plan de Seguimiento y Monitoreo.

Capítulo 14 Cronograma de ejecución: Presenta un cronograma único mediante diagrama de barras, donde se indica la programación de las acciones del Plan de Manejo, del Plan de Seguimiento y Monitoreo.

1.4.1 Restricciones específicas del estudio

En línea con las características y localización del proyecto, y según la normativa vigente, las restricciones asociadas al mismo se relacionan a continuación:

- Sustracción de la reserva, acotada mediante la Resolución 138 de 2014, la cual realindera la Reserva Forestal Protectora Productora de la Cuenca Alta del Río Bogotá.
- levantamiento de veda, de acuerdo con la Resolución 0213 de 1977, por la cual se establece la veda para algunas especies y productos de la flora silvestre.
- Ingreso a predios, conforme a la dinámica social en la zona donde se proyectan los trazados de las líneas de transmisión; no se obtuvo permiso de ingreso a la totalidad de los predios por parte propietarios.

Cabe resaltar, que se han realizado los estudios y trámites pertinentes con la autoridad ambiental para el manejo de las áreas a intervenir.

1.4.2 Información no contemplada en el estudio

A continuación se relaciona la información que no se contempla en el presente estudio, de acuerdo con las características del proyecto:

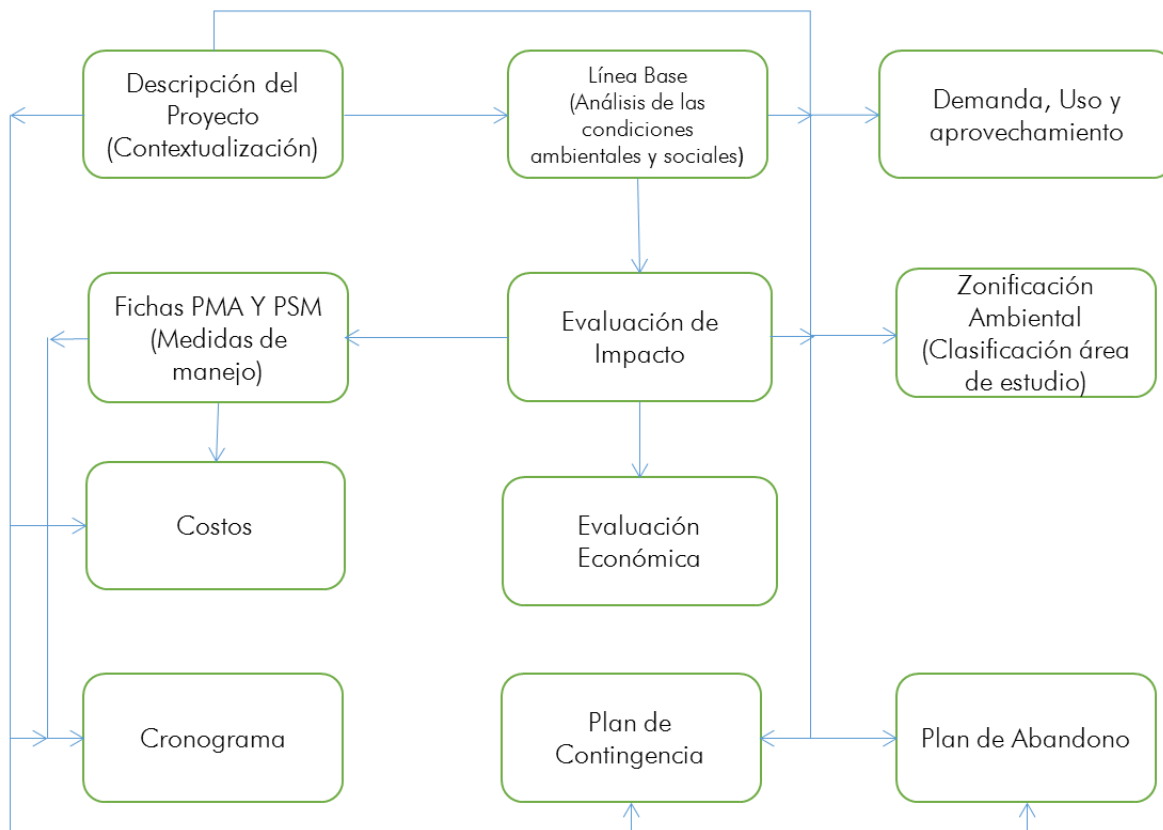
- Diseño y desarrollo de vías
- Ocupación o desviación de drenajes u obras, ni intercepción de cuerpos de agua
- Captación de aguas superficiales, lo que implica el no requerimiento del Plan de Inversión del 1%
- Exploración y/o concesión de aguas subterráneas
- Emisiones atmosféricas significativas
- Manejo de plantas de triturado, concretos o asfaltos o áreas de beneficio en ninguna de las etapas

1.5 Metodología

Para la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental del proyecto “*Subestación Norte 230/115 kV, Líneas de transmisión 115 kV y Módulos de conexión*”, se contemplaron los términos de referencia emitidos por la Corporación Autónoma de Cundinamarca, CAR, mediante radicado No. 09132102814 del 10 de mayo de 2013. Así mismo, se adoptó la *Metodología General para la Presentación de Estudios Ambientales*, expedida por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT), hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS), mediante Resolución 1503 de 2010; y de acuerdo con lo modificado por la Resolución 1415 de 2012.

La secuencia para la realización del presente EIA se presenta en la Figura 1-1, la cual discrimina, paso a paso, las actividades generales para la elaboración y evaluación del proyecto, iniciando con la contextualización y descripción del proyecto, siguiendo con el análisis de las condiciones ambientales y sociales del área de influencia y generando, a raíz de las características particulares de la zona, la identificación y evaluación de los impactos ambientales asociados a la etapas del proyecto, la clasificación de las áreas de la zona de estudio, los posibles impactos ocasionados y la aplicación de las medidas de manejo para prevenir, mitigar y controlar los impactos significativos. Así mismo, se realiza el análisis de riesgos, de acuerdo a las características propias del proyecto y las medidas para el control de los mismos.

Figura 1-1 Secuencia Estudio de Impacto Ambiental



Fuente. ACON, Miembro Grupo INERCO, 2014.

A continuación se detalla la metodología empleada para cada parámetro:

1.5.1 Geología, geomorfología, geotecnia e hidrogeología

Para la realización de los trabajos se desarrolló la siguiente metodología:

1.5.1.1 Revisión de información secundaria

Corresponde al análisis de la información recopilada en entidades públicas como el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia (IDEAM), Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), Servicio Geológico Colombiano (anteriormente INGEOMINAS), así como la existente en el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible MADS.

Para el desarrollo de esta actividad se recopiló y analizó la información proveniente de los expedientes del sector, en las bases de datos con las que cuenta ACON y GEOINTERRA S.A.S. Dicha información comprendió los estudios topográficos, geológicos, geomorfológicos, hidrogeológicos, hidroclimatológicos e hidrológicos elaborados para la zona en consideración. Particularmente se recopiló la información geológica regional correspondiente con la *Geología de la plancha 209 Zipaquirá y 228 Gachalá*, elaborada por el Servicio Geológico Colombiano, 2012, anteriormente INGEOMINAS.

1.5.1.2 Cartografía geológica

La elaboración del estudio geológico se realizó mediante la revisión, actualización y complementación de los estudios geológicos regionales y reconocimientos de campo en el área de proyecto.¹

El trabajo de campo comprendió toma de datos geológicos, mediante brújula magnética, con la cual se determinó la dirección e inclinación de las capas rocosas en los puntos de afloramientos en roca presentes en vías, escarpes y transectas de caños o ríos definidas previamente, esto con el fin de reconocer estructuras geológicas plegadas, determinar contactos e identificar fallas presentes en el área; estos datos se llevaron a oficina en donde se analizaron plasmando esta información en un mapa, el cual se complementó y verificó a partir del análisis conjunto con el componente geomorfológico del área. Los puntos en donde se tomaron datos de rumbo y buzamiento se encuentran en la Geodatabase (GDB) en la capa punto estructural.

Se utilizó la escala de tiempo geológico (2014), elaborada por J.M. Pelle, para determinar el código de color en RGB, de acuerdo a la comisión para mapas geológicos del mundo. La cartografía geológica local se restringió al Área de Influencia Directa (AID) del proyecto lineal y empalmes regionales mediante información secundaria para el Área de Influencia Indirecta (AII) del proyecto.

1.5.1.3 Cartografía geomorfológica

Corresponde a la identificación de los cambios físicos a partir de las formas de relieve, los procesos formadores o transformadores del paisaje o del relieve a través del tiempo y la relación de los diferentes agentes del medio con los distintos tipos de roca en la zona de estudio; el componente estructural, la topografía de la zona, la inclinación de las laderas, el tipo de drenaje y los procesos geodinámicos que han desarrollado geoformas de gran importancia en el área de influencia. Estas son presentadas en formato Shape y descritas

¹ Servicio Geológico Colombiano

en el capítulo 3, correspondiente a la línea base, aplicando la misma metodología del ítem anterior respecto a las áreas de influencia. La escala de trabajo fue 1:25.000 y bajo el sistema de coordenadas MAGNA-SIRGAS Bogotá.

Para la realización del presente trabajo se adoptó la metodología de Carvajal del año 2008, basados en el texto *Propuesta de Estandarización de la Cartografía Geomorfológica en Colombia*, donde se expone inicialmente una jerarquización geomorfológica adoptada por Ingeominas en el año 2002, con base en la propuesta hecha por Velásquez en el año 1999 y, posteriormente, ajustada por Carvajal en los años 2002, 2003 y 2005; se indica el nivel de escala en que se realiza el trabajo y la génesis de cada una de las geoformas de acuerdo con el ambiente morfo genético. Por otra parte, también se consultó el *Mapa geomorfológico 5-09 Investigación y Zonificación de Efectos Geoambientales por Aprovechamiento del Subsuelo, escala 1:500.000* elaborado por INGEOMINAS en el año 2003.

En el área de influencia directa e indirecta del proyecto, se observaron geoformas de origen fluvial, denudacional y antropogénico.

Teniendo en cuenta la escala de trabajo (mayor a 1:10000), el análisis geomorfológico llevado a cabo sobre las áreas de influencia del proyecto responde al nivel de componente geomorfológico (ver Figura 1-2); la cual está determinada fundamentalmente por los contrastes morfológicos y morfométricos que relacionan el tipo de material o la disposición estructural de los mismos, con la correspondiente topografía del terreno. Igualmente está definida por el contraste dado por las formaciones superficiales asociadas a procesos morfodinámicos actuales de meteorización, erosión, transporte y acumulación bien definidos o determinados.

Figura 1-2 Esquema de jerarquización geomorfológica propuesto por Ingeominas



Fuente: Velásquez, 1999 e Ingeominas, 1999; Carvajal, 2002-2008. Adaptado por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2014.

La descripción de las geoformas se fundamenta en la expresión morfológica o de relieve y la morfometría llevada a cabo con base en estándares y rangos de uso común a nivel internacional.

Siguiendo la metodología propuesta por Carvajal en el año 2008, se realizó una recopilación y análisis de información temática del área de estudio, en donde las unidades geomorfológicas se corroboraron en campo, con el fin de tener un control puntual del trabajo de oficina, además se levantó información acerca del tipo de geoforma, formas de relieve, inclinaciones de ladera y tipos de material, entre otros.

La metodología empleada para la elaboración del mapa siguió los lineamientos generales establecidos en la metodología ITC². Cada elemento cartográfico está representado, por símbolos, convenciones y colores usados en estándares de uso internacional (Metodología ITC, Verstappen y Van Zuidam, 1992)³ con modificaciones establecidas por Carvajal en el año 2008. También se consultaron las memorias explicativas, donde se consignan las

² Verstappen, H.T., and Van Zuidam, R.A., 1992. El sistema ITC para levantamientos geomorfológicos,

³ Ibíd.

características principales de la zona de estudio, y se realiza la descripción de las unidades geomorfológicas identificadas en el estudio y que sirvieron de base para la elaboración de la cartografía geomorfológica.

La finalidad de la cartografía geomorfológica es identificar, caracterizar y describir las unidades geomorfológicas desde el punto de vista de la morfogénesis, morfoestructura, morfodinámica y morfometría sobre el área de influencia directa e indirecta definidas para el proyecto, las cuales describen las siguientes características:

- Morfogénesis: Origen de las formas del terreno.
- Morfoestructura: Rasgos asociados a la deformación tectónica que incide en el modelado del paisaje.
- Morfometría: Características de las geoformas con base en criterios métricos.
- Morfodinámica: Procesos morfodinámicos que han modelado y continúan modelando las geoformas.

De Tabla 1-3 a la Tabla 1-14 se presentan los atributos de las geoformas y algunos rangos utilizados con propósitos de análisis edafológicos y de ingeniería.

Tabla 1-3 Índice de Inclinação de ladera

| Índices de inclinación de ladera | | |
|----------------------------------|-------------|------------------------------|
| ID | Inclinación | Descripción |
| 1 | <50 | Plana o suavemente inclinada |
| 2 | 60 - 100 | Inclinada |
| 3 | 110 - 150 | Muy inclinada |
| 4 | 160 - 200 | Abrupta |
| 5 | 210 - 300 | Muy abrupta |
| 6 | 310 - 450 | Escarpada |
| 7 | >450 | Muy Escarpada |

Fuente: Van Zuidam, 1985; Varnes, 1978, 1998 citados por Carvajal y otros, 2002. Adaptado por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2014.

Tabla 1-4 Longitud de ladera

| Longitud de ladera | | |
|--------------------|--------------|----------------------|
| ID | Longitud | Descripción |
| 1 | <50 | Muy corta |
| 2 | 51 - 250 m | Corta |
| 3 | 251 - 500 m | Moderada |
| 4 | 501 - 1000 m | larga |
| 5 | 1001 -2500 m | Muy Larga |
| 6 | >2500 m | Extremadamente larga |

Fuente: Van Zuidam, 1985; Varnes, 1978, 1998 citados por Carvajal y otros, 2002. Adaptado por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2014.

Tabla 1-5 Tipo de forma ladera

| Tipo de forma ladera | |
|----------------------|-----------------------|
| ID | Forma ladera |
| 1 | Cóncava - Divergente |
| 2 | Cóncava - Convergente |
| 3 | Convexa - Divergente |
| 4 | Convexa - Convergente |

Fuente: Van Zuidam, 1985; Varnes, 1978, 1998 citados por Carvajal y otros, 2002. Adaptado por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2014.

Tabla 1-6 Tipo de Forma ladera

| Tipo de forma ladera | |
|----------------------|-----------------------|
| ID | Forma ladera |
| 1 | Cóncava - Divergente |
| 2 | Cóncava - Convergente |
| 3 | Convexa - Divergente |
| 4 | Convexa - Convergente |

Fuente: Van Zuidam, 1985; Varnes, 1978, 1998 citados por Carvajal y otros, 2002. Adaptado por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2014.

Tabla 1-7 Formas de Ladera

| Formas de ladera | |
|------------------|-----------|
| ID | Clase |
| 1 | Recta |
| 2 | Cóncava + |
| 3 | Convexa + |
| 4 | Irregular |
| 5 | Compleja |

Fuente: Van Zuidam, 1985; Varnes, 1978, 1998 citados por Carvajal y otros, 2002. Adaptado por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2014.

Tabla 1-8 Forma de Cresta

| Forma de cresta | |
|-----------------|-----------------|
| ID | Tipo |
| 1 | Aguada |
| 2 | Redondeada |
| 3 | Convexa amplia |
| 4 | Convexa plana |
| 5 | Plana |
| 6 | Plana disectada |

Fuente: Van Zuidam, 1985; Varnes, 1978, 1998 citados por Carvajal y otros, 2002. Adaptado por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2014.

Tabla 1-9 Índice de contraste de relieve

| Índice de contraste de relieve | | |
|--------------------------------|-------------|---------------------|
| ID | Elevaciones | Descripción |
| 1 | <29 m | Muy bajo |
| 2 | 30 -74 m | Bajo |
| 3 | 75 -149 m | Moderado |
| 4 | 150 - 249 m | Alto |
| 5 | 250 - 499 m | Muy alto |
| 6 | >500 m | Extremadamente alto |

Fuente: Van Zuidam, 1985; Varnes, 1978, 1998 citados por Carvajal y otros, 2002. Adaptado por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2014.

Tabla 1-10 Tipo de relieve

| Tipo de relieve | | |
|-----------------|-------------|------------|
| ID | Elevación | Tipo |
| 1 | >500 m | Montañoso |
| 2 | 201 - 499 m | Colina |
| 3 | 50 - 200 m | Loma |
| 4 | 0 - 49 m | Montículos |

Fuente: Van Zuidam, 1985; Varnes, 1978, 1998 citados por Carvajal y otros, 2002. Adaptado por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2014.

Tabla 1-11 Textura de drenaje

| Textura de drenaje | | | |
|--------------------|----------|-----------------------|-----------------|
| ID | Densidad | Frecuencia de drenaje | Textura drenaje |
| 1 | Baja | Baja a muy baja | Gruesa |
| 2 | Moderada | Media | Mediana |
| 3 | Alta | Alta | Fina |
| 4 | Muy alta | Muy alta | Muy Fina |

Fuente: Van Zuidam, 1985; Varnes, 1978, 1998 citados por Carvajal y otros, 2002. Adaptado por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2014.

Tabla 1-12 Índice de frecuencia de drenaje

| Índice de frecuencia de drenaje | | |
|---------------------------------|---------------------|---------------|
| ID | NoF/km ² | Cualificación |
| 1 | <40 | Muy Alta |
| 2 | 21 -40 | Alta |
| 3 | 20-nov | Media |
| 4 | 10-may | Baja |
| 5 | > 5 | Muy Baja |

Fuente: Van Zuidam, 1985; Varnes, 1978, 1998 citados por Carvajal y otros, 2002. Adaptado por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2014.

Tabla 1-13 Densidad de drenaje

| Densidad de drenaje | | |
|---------------------|----------------------------|---------------|
| ID | Rangos | Cualificación |
| 1 | <0,5 km/km ² | Baja |
| 2 | 0,51 -1 km/km ² | Moderada |
| 3 | > 1 km/km ² | Alta |

Fuente: Van Zuidam, 1985; Varnes, 1978, 1998 citados por Carvajal y otros, 2002. Adaptado por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2014.

Tabla 1-14 Forma de valle

| Forma de valle | |
|----------------|------------|
| ID | Tipo |
| 1 | Artesa |
| 2 | Forma de V |
| 3 | Forma de U |

Fuente: Van Zuidam, 1985; Varnes, 1978, 1998 citados por Carvajal y otros, 2002. Adaptado por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2014.

1.5.1.4 Caracterización hidrogeológica

Haciendo referencia al modelo hidrogeológico conceptual del área de influencia del presente proyecto, el trabajo de campo se relacionó estrictamente con la elaboración del modelo estratigráfico y estructural. No obstante, en oficina se realizó la caracterización hidrogeológica de los materiales presentes, mediante la revisión, actualización y complementación de parámetros existentes, determinando la ocurrencia del agua subterránea, el movimiento del agua subterránea, el reconocimiento de la posición de los niveles piezométricos en los acuíferos, la caracterización hidrogeológica e hidráulica preliminar de los acuíferos, el análisis de la red fluvial y del drenaje subterráneo que se pudiese estar originando hacia los cauces o desde los cauces.

El trabajo de campo tuvo en cuenta el inventario y diagnóstico del recurso hídrico subterráneo (reconocimiento de nacederos, pozos y aljibes), los puntos inventariados se encuentran en la GDB en la capa de punto hidrogeológico. Esta actividad también contempló la evaluación de la vulnerabilidad, usada para representar las características intrínsecas que determinan la sensibilidad de un acuífero a ser adversamente afectado por una carga contaminante, siguiendo la metodología GOD-OPS-CEPIS⁴.

⁴ Foster, S. & Hirata, R. Determinación de la contaminación de aguas subterráneas: Una metodología basada

Para la elaboración del mapa hidrogeológico se utilizaron las convenciones internacionales recomendadas por la UNESCO y la Asociación Internacional de Hidrogeólogos⁵, de acuerdo con la siguiente agrupación:

- Acuíferos con porosidad primaria

En estos acuíferos la porosidad existente se formó al mismo tiempo que la roca. Se presenta con color azul. Los depósitos aluviales, constituyen acuíferos de porosidad primaria en la zona de estudio. Los depósitos de retrollado y los botaderos están integrados por una mezcla de fragmentos de materiales que contienen areniscas, arcillolitas y limos, presentan flujo de agua en la base de ellos, por lo cual también pueden considerarse como acuíferos de baja permeabilidad.

- Acuíferos con porosidad secundaria

Son aquellos en los cuales la porosidad se desarrolló después de conformada la roca y se origina en la presencia de fallas, fracturamiento, diaclasas y aberturas de disolución. Se representan con color verde y están integrados principalmente por los niveles de carbón. En el mapa hidrogeológico están representados por el trazado de los mantos de carbón, que por razones de escala no son claramente visibles. En algunos sectores, las areniscas fracturadas, pueden constituir acuíferos.

- Acuífugas

Son rocas que, por no poseer espacios intergranulares, no almacenan ni permiten el flujo de agua. Los niveles de areniscas que no poseen fracturamiento pueden clasificarse como tal.

La escala del mapa sigue los términos de referencia de la ANLA: escala 1:25000; y el sistema de coordenada manejado fue MAGNA-SIRGAS Bogotá.

A Inventario de puntos de agua subterránea

Se realizó un inventario de los puntos de agua subterránea presentes en el área de influencia directa (manantiales, pozos, aljibes y nacederos). Como resultado final, se tienen las fichas del inventario y análisis de la información.

en datos existentes. OPS-CEPIS, 1988

⁵ Struckmeier, W.F., et. al. Hydrogeological Maps – A Guide and Standard legend, 1995.

Para la captura de datos en campo, se aplicó el “Formato Único Nacional para Inventario de Puntos de Agua Subterránea” del INGEOMINAS, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, hoy Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible y el IDEAM (ver Capítulo 3, Sección 2, Anexo 3-6 “Inventario puntos de agua subterránea”). La fuente primaria para la identificación de los puntos de agua fueron los propietarios de los predios aledaños a la zona del proyecto.

El inventario para los puntos de agua dentro del área de estudio incluyó como información básica lo siguiente:

- Identificación de la unidad geológica captada.
- Se precisó la cota del agua en los puntos inventariados, con el fin de determinar la dirección del flujo local.
- Características geológicas e hidrogeológicas del área de influencia del punto y determinación de la dirección del flujo del agua subterránea.
- Características físicas del manantial o punto de agua y características de la captación en caso que exista.
- Caudales y tiempos de explotación.
- Usos y número de usuarios.
- Nivel freático (comportamiento de tabla de agua).
- Características de la cobertura vegetal de la ronda. Se definió la existencia o no de vegetación protectora y de vegetación circundante. Se entiende por “vegetación protectora” la cobertura vegetal más próxima al sitio de afloramiento del agua, y como “vegetación circundante” aquella que rodea al manantial y a la vegetación protectora.
- Condiciones ambientales actuales (ej. Uso del suelo, infraestructura y actividades productivas existentes en la ronda).

1.5.1.5 Sectorización geotécnica

De acuerdo con la información geológica, edafológica, geomorfológica, hidrogeológica, hidrológica, climatológica y de amenaza sísmica, se definieron los sectores en la zona de intervención del proyecto lineal. Se presentaron los parámetros del suelo en cada uno de los sectores, a partir de información secundaria.

1.5.2 Atmósfera

1.5.2.1 Clima

El clima constituye el conjunto de condiciones de la atmósfera que caracterizan el estado o situación del tiempo atmosférico y la evolución en un lugar dado. En el análisis climatológico se lleva a cabo la descripción del funcionamiento general de los elementos meteorológicos y los factores que los generan, donde la clasificación climática es el principal resultado a obtener, esta se describe y detalla en el capítulo 3. Para lograr lo anterior, se fijó como objetivo principal determinar el conjunto fluctuante de los valores de los elementos y variables meteorológicas características de los estados y evoluciones del tiempo, estableciendo distribuciones espaciales, temporales y las características de las variaciones.

A Análisis parámetros meteorológicos

Considerando las diferentes variables que existen en el análisis del clima, se tomaron los datos de las estaciones climatológicas indicadas en la Tabla 1-15, por ser las más próximas y representativas al área de estudio. En estas estaciones se obtuvieron datos de precipitación, temperatura, humedad relativa, brillo solar, nubosidad, vientos y evaporación, teniendo en cuenta la categoría a la que cada una pertenece, las cuales corresponden a CP: Climatológica Principal, PM: Pluviométrica, PG: Pluviográfica, ME: Meteorológica Especial y CO: Climatológica Ordinaria.

Tabla 1-15 Generalidades de las estaciones meteorológicas empleadas en el presente estudio

| Estación | Código | Categoría | Municipio | Coordenadas Datum MAGNA-SIRGAS Origen Bogotá | | Elevación (m s.n.m) | Fecha instalación |
|-------------------|----------|-----------|-----------|---|---------|------------------------|----------------------|
| | | | | Norte | Este | | |
| Represa del Neusa | 21205410 | CP | Cogua | 1060090 | 1011400 | 3100 | ene-47 |
| Checua-Nemocón | 21205400 | CP | Nemocón | 1057500 | 1024110 | 2580 | ene-53 |
| Guatavita | 21205620 | CP | Guatavita | 1034545 | 1023555 | 2629 | ene-67 |
| El Colombiano | 21205850 | ME | Sesquilé | 1048090 | 1025808 | 2567 | sep-76 |
| Suasque | 21205920 | CO | Sopó | 1024527 | 1012982 | 2560 | sep-76 |
| Guasca | 21205700 | CO | Guasca | 1031371 | 1023226 | 2750 | jul-74 |
| Silos | 21205740 | CO | Chocontá | 1057683 | 1041701 | 2709 | mar-74 |
| Tocancipá | 21201040 | PM | Tocancipá | 1040820 | 1017940 | 2580 | ene-70 |
| Zipaquirá | 21200740 | PG | Zipaquirá | 1047850 | 1007620 | 2655 | ene-60 |
| Ventalarga | 21200260 | PG | Zipaquirá | 1053180 | 1002950 | 3062 | ene-47 |
| El Local | 21201330 | PG | Sesquilé | 1043600 | 1040400 | 2950 | ene-80 |
| Guerrero | 21202140 | PM | Zipaquirá | 1057250 | 1003780 | 3200 | ene-97 |
| El Consuelo | 21200960 | PM | Sesquilé | 1043500 | 1032500 | 2960 | ene-67 |
| El Cedral | 21202130 | PM | Cogua | 1051600 | 1008860 | 2650 | ene-97 |

| | | | |
|---|---|---|---|
|  INGENIERÍA & DISEÑO S.A. |  |  | ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL Capítulo 1. Generalidades CONTRATO 5700004954 |
| Codensa es una empresa del Grupo Enel | | | |

| Estación | Código | Categoría | Municipio | Coordenadas Datum MAGNA-SIRGAS Origen Bogotá | | Elevación (m s.n.m) | Fecha instalación |
|---|----------|-----------|------------|--|---------|------------------------|----------------------|
| | | | | Norte | Este | | |
| Bombas Sesquilé | 21201870 | PG | Sesquilé | 1049890 | 1031100 | 2600 | ene-84 |
| Acandy | 21201410 | PM | Nemocón | 1051680 | 1019820 | 2600 | ene-77 |
| Lourdes | 21201050 | PM | Gachancipá | 1042450 | 1023983 | 2750 | mar-85 |
| CP: Climatológica Principal, PM: Pluviométrica, PG: Pluviográfica, ME: Meteorológica Especial y CO: Climatológica Ordinaria. | | | | | | | |

Fuente: IDEAM & CAR, 2014. Adaptado por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2014.

Es de resaltar que todo el análisis climatológico se realizó con datos del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) y la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR); debido a la inexistencia de datos registrados en las estaciones climatológicas consultadas, el análisis se hace en conjunto y no por estación. En la Tabla 1-16 se indica el período analizado por parámetro discriminados por estación.

Tabla 1-16 Resumen de las estaciones meteorológicas empleadas para cada parámetro

| Nombre | Operador | Tipo | Temperatura | Presión atmosférica | Precipitación | Humedad relativa | Viento | Radiación y brillo solar | Nubosidad | Evaporación |
|-------------------|----------|------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|--------|--------------------------|------------------------|------------------------|
| Represa del Neusa | CAR | CP | 1954-2002 (48 Años) | 1954-2002 (48 Años) | 1980-2008 (28 Años) | 1954-2002 (48 Años) | -- | 1958-1999 (41 Años) | -- | 2011-2013 (2 Años) |
| Checua-Nemocón | CAR | CP | 1980-2012 (32 Años) | 1980-2012 (32 Años) | 1980-2013 (33 Años) | 1975-2013 (38 Años) | -- | 1958-1999 (41 Años) | -- | 1968-2013 (45 Años) |
| Guatavita | CAR | CP | 1980-2012 (32 Años) | 1980-2012 (32 Años) | 1980-2013 (33 Años) | 1975-2013 (38 Años) | -- | 1985-2013 (28 Años) | -- | 1968-2013 (45 Años) |
| El Colombiano | IDEAM | ME | 2007-2012 (5 Años) | 2006-2012 (6 Años) | 1983-2013 (30 Años) | 2006-2012 (6 Años) | -- | -- | -- | -- |
| Suasuke | IDEAM | CO | 2005-2012 (7 Años) | 2005-2012 (7 Años) | 1982-2013 (31 Años) | 2006-2013 (7 Años) | -- | -- | 1982-2013 (31 Años) | -- |
| Guasca | IDEAM | CO | 1980-2012 (32 Años) | 1980-2012 (32 Años) | 1981-2010 (29 Años) | 1975-2013 (38 Años) | -- | -- | 1975-2013 (38 Años) | -- |
| Silos | IDEAM | CO | 1980-2013 (33 Años) | 1980-2013 (33 Años) | 1981-2010 (29 Años) | 1975-2013 (38 Años) | -- | 1985-2013 (28 Años) | 1975-2013 (38 Años) | 1974-2013 (39 Años) |
| Tocancipá | CAR | PM | -- | -- | 1971-1990 (19 Años) | -- | -- | -- | -- | -- |
| Zipaquirá | CAR | PG | -- | -- | 1981-2013 (32 Años) | -- | -- | -- | -- | -- |
| Ventalarga | CAR | PG | -- | -- | 1980-2013 (33 Años) | -- | -- | -- | -- | -- |
| El Local | CAR | PG | -- | -- | 1980-2013 (33 Años) | -- | -- | -- | -- | -- |
| Guerrero | CAR | PM | -- | -- | 1998-2013 (15 Años) | -- | -- | -- | -- | -- |
| El Consuelo | CAR | PM | -- | -- | 1980-2013 (33 Años) | -- | -- | -- | -- | -- |

| Nombre | Operador | Tipo | Temperatura | Presión atmosférica | Precipitación | Humedad relativa | Viento | Radiación y brillo solar | Nubosidad | Evaporación |
|-----------------|----------|------|-------------|---------------------|------------------------|------------------|--------|--------------------------|-----------|-------------|
| El Cedral | CAR | PM | -- | -- | 1998-2013 (15 Años) | -- | -- | -- | -- | -- |
| Bombas Sesquilé | CAR | PG | -- | -- | 1984-2013 (29 Años) | -- | -- | -- | -- | -- |
| Acandy | CAR | PM | -- | -- | 1980-2013 (33 Años) | -- | -- | -- | -- | -- |
| Lourdes | IDEAM | PM | -- | -- | 1985-2013 (28 Años) | -- | -- | -- | -- | -- |

Fuente: IDEAM & CAR, 2014. Adaptado por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2014.

B Análisis de consistencia de datos meteorológicos

La homogeneidad y consistencia de la información meteorológica permite reducir la incertidumbre en la caracterización climatológica obtenida; es por ello que, en cada estación y para cada parámetro, se determinaron los valores atípicos y la desviación estándar. Chow et al.⁶ establece que los datos dudosos (*outliers*) son puntos de la información que se alejan significativamente de la tendencia que posee la serie de información, y la retención o eliminación de estos datos puede afectar significativamente la magnitud de los parámetros estadísticos calculados para la serie temporal, especialmente en muestras pequeñas.

Entonces, para detectar los datos dudosos, se calcularon los umbrales superior e inferior de la media anual de cada serie (precipitación, temperatura, brillo solar, humedad relativa y evaporación) en cada estación estudiada, de acuerdo a las siguientes ecuaciones de frecuencia, recomendadas por Ven Te Chow:

$$y_H = \bar{y} + K_n \cdot s_y$$

$$y_L = \bar{y} - K_n \cdot s_y$$

Donde:

y_L : Umbral de dato dudoso bajo en unidades logarítmicas

y_H : Umbral de dato dudoso alto en unidades logarítmicas

\bar{y} : Media de la muestra

s_y : Desviación estándar de la muestra

K_n : Es la estadística de Grubbs y Beck tabulada para varios tamaños de muestra y niveles de importancia. Para un nivel de importancia del 10 %, puede utilizarse la aproximación polinómica siguiente, propuesta por Pilon y Harvey⁷

$$K_n = -3,62201 + 6,2844 \cdot n^{1/4} - 2,49835 \cdot n^{1/2} + 0,49146 \cdot n^{3/4} - 0,037911 \cdot n$$

Donde:

n : Tamaño de la muestra

⁶ CHOW, Ven Te; MAIDMENT, David R. y MAY, Larry W. Hidrología Aplicada. Santafé de Bogotá: McGraw-Hill Interamericana, S.A. 1994. 597 pp.

⁷ World Meteorological Organization. Guide to Hydrological Practices, Volume II: Management of Water Resources and Application of Hydrological Practices Chapters, Title 5. Geneva. Chairperson, Publications Board. 2008. 57 pp

C Análisis de distribución de datos meteorológicos

I Temperatura

La temperatura se analizó mediante la revisión de los datos registrados en las estaciones meteorológicas indicadas en la Tabla 1-16. Se determina la variación espacial de la temperatura media en la zona de estudio (isotermas), a partir de la siguiente relación: $T (^{\circ} \text{C}) = -0,0062 H (\text{m}) + 29,251$, con $r^2 = 0,98$; donde: T , corresponde a la temperatura promedio y H corresponde a la altura sobre el nivel del mar del punto que se va a considerar. Así mismo, se evalúa la distribución temporal de temperatura, meses de mayor y menor registro.

II Presión atmosférica

El análisis de la presión atmosférica se realizó por el método indirecto mediante la simplificación de la ley de los gases ideales, la cual presenta la variación respecto a la altura sobre el nivel del mar. La presión atmosférica se calcula a partir de la siguiente ecuación:

Donde:

$$P = P_0 \left(\frac{T - a \cdot (z - z_0)}{T} \right)^{\left(\frac{g}{a \cdot R} \right)}$$

P: Presión atmosférica a la elevación z , mm Hg
 P_0 : Presión atmosférica de referencia (nivel del mar), 760 mm Hg
 z : Elevación del punto de estudio, m
 z_0 : Elevación en el nivel de referencia (nivel del mar), 0 m
 g : Constante de aceleración de la gravedad, 9,807 m/s²
 R : Constante específica de los gases dada para el aire seco, 287,053 J/kg K
 a : Tasa constante de aire húmedo, 0,0065 K/m
 T : Temperatura media del aire para el periodo de cálculo, K

III Precipitación

La precipitación se analizó mediante la revisión de los datos registrados en las estaciones meteorológicas indicadas en la Tabla 1-16. Se determinó la variación espacial de la precipitación total en la zona de estudio (isoyetas), a partir de la georreferenciación y posterior interpolación geométrica en ArcGis (spline) de los datos de precipitación

registrados en las estaciones meteorológicas. Así mismo, se analiza la distribución temporal de precipitación, meses de mayor y menor registro.

IV Humedad relativa

La humedad relativa se analizó mediante la revisión de los datos registrados en las estaciones meteorológicas indicadas en la Tabla 1-16. A partir de estos datos se determinó la distribución temporal de la humedad relativa (media, máxima y mínima), meses de mayor y menor registro.

V Vientos

Los vientos se analizaron mediante la revisión de los datos registrados en las estaciones meteorológicas indicadas en la Tabla 1-16. A partir de estos datos se determinó la distribución temporal de la velocidad del viento, se construyó la rosa de vientos y se analizaron las frecuencias de velocidad y dirección del viento.

Asimismo, dada la poca información sobre velocidad y dirección del viento en la zona, se utilizó el modelo meteorológico MM 5 (Modelo Meteorológico de Mesoescala de Quinta Generación), versión 3, para determinar el comportamiento de los vientos en el lote de la subestación. El modelo meteorológico MM 5 fue desarrollado por la Universidad Estatal de Pensilvania (Penn State University, PSU) y el Centro Nacional de Investigaciones Atmosféricas (National Center of Atmospheric Research, NCAR), este último se encarga del soporte operativo.

VI Radiación solar

La radiación solar se analizó de manera indirecta utilizando los datos de brillo solar registrados en las estaciones meteorológicas indicadas en la Tabla 1-16. A partir de estos datos se determinó la distribución temporal de la radiación solar, teniendo en cuenta la ecuación indicada por Monson⁸ (1966).

Donde:

$$H = 60 + (1406,2n^2 + 7426,6n)^{1/2}$$

H: Radiación solar (Ly/día)

n: Número de horas de brillo solar

⁸ UNIDAD DE PLANEACIÓN MINERO ENERGÉTICA (UPME); INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES (IDEAM). Atlas de radiación solar de Colombia. 2 ed. 2005. Apéndice C.

VII Nubosidad

La nubosidad se analizó utilizando los datos registrados en las estaciones meteorológicas indicadas en la Tabla 1-16. A partir de estos datos se determinó la distribución temporal de la nubosidad, meses de mayor y menor registro.

VIII Altura de mezcla

En el cálculo de la altura de mezcla es necesario conocer los diferentes parámetros turbulentos, tanto en horas diurnas como nocturnas. Los parámetros turbulentos son el flujo de calor sensible y la velocidad de fricción. El procedimiento a seguir para determinar la altura de mezcla es el propuesto en el estudio denominado “Implementación de metodologías para la meteorología y la micrometeorología de dispersión de los contaminantes en el aire” del IDEAM, realizado en 1998.

La altura de mezcla en horas diurnas depende tanto del calentamiento ocasionado por la radiación solar recibida en un sitio (altura convectiva) como del movimiento turbulento generado por los desplazamientos del aire (viento horizontal y vertical, altura mecánica).

$$h_{mix} = \max(h_{conv}, h_{mec})$$

$$(h_{conv})_{t_1} = \left((h_{conv})_{t_{1-1}}^2 + \frac{2,4 \cdot H_o}{\rho C_p \gamma} (t_2 - t_1) \right)^{0,5} \quad \begin{aligned} A &= 2,4 \cdot N - 25,5 \\ H_o &= 0,3 \cdot R_g + A \end{aligned}$$

$$u^* = u_o \left(1 + a \cdot \ln \left(1 + b \cdot \frac{Q_o}{Q^*} \right) \right)$$

$$u_o = \frac{k \cdot u}{\ln(z_m/z_o)} \quad z_m = z_r - 4z_o$$

$$h_{mec} = 1330 \cdot u^* \quad a = \begin{cases} 0,128 + 0,005 \ln(z_m/z_o) & \text{si } z_o/z_m \leq 0,01 \\ 0,107 & \text{si } z_o/z_m > 0,01 \end{cases}$$

$$b = 1,95 + 32,6(z_o/z_m)^{0,45}$$

$$Q_o = \frac{H_o}{\rho \cdot C_p} \quad Q^* = \frac{T \cdot u_o^3}{k \cdot g \cdot z_m}$$

La altura de mezcla en horas nocturnas depende tanto del movimiento turbulento generado por los desplazamientos del aire (viento horizontal y vertical, altura mecánica).

$$h_{\text{mix}} = h_{\text{mec}}$$

$$u^* = \frac{C_{\text{DN}} \cdot u}{2} (1 + C^{0,5})$$

$$h_{\text{mec}} = 1330 \cdot u^* \quad C_{\text{DN}} = \frac{k}{\ln(z_m/z_o)} \quad C = 1 - \frac{4 \cdot u_o^2}{C_{\text{DN}} \cdot u^2}$$

$$u_o^2 = \frac{\gamma \cdot z_m}{k \cdot A} \quad A = 1100 \quad \gamma = 4,7$$

En las anteriores relaciones, γ es un parámetro semiempírico de ajuste de la altura de mezcla basado en la rugosidad superficial, cuyo valor es de 0,005; R_g es la radiación global; u es la velocidad del viento; k es la constante de Von Karman (0,41); g es la gravedad; z_r es la altura donde se hace la medición del viento; ρ es la densidad del aire; C_p es el calor específico a presión constante; y z_o es la rugosidad superficial, para la cual se puede utilizar la forma aproximada que se fundamenta sobre una clasificación del tipo de suelo y un valor estándar para cada tipo de suelo. En la Tabla 1-17 se indican los valores de rugosidad, de acuerdo con el uso del suelo y a la estación climática.

Tabla 1-17 Longitud de aspereza superficial (m)

| Uso del suelo | Primavera | Verano | Otoño | Invierno |
|--------------------|-----------|--------|--------|----------|
| Agua | 0,0001 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0001 |
| Bosque caducifolio | 1,00 | 1,30 | 0,80 | 0,50 |
| Bosque conífero | 1,30 | 1,30 | 1,30 | 1,30 |
| Pantano | 0,20 | 0,20 | 0,20 | 0,05 |
| Cultivos | 0,03 | 0,20 | 0,05 | 0,01 |
| Pradera | 0,05 | 0,10 | 0,01 | 0,001 |
| Urbano | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| Desierto | 0,30 | 0,30 | 0,30 | 0,15 |

Fuente: Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire. Manual de Operación de Sistemas de Vigilancia de la Calidad del Aire, 2010.

IX Estabilidad atmosférica

La estabilidad atmosférica se determina con base en las relaciones existentes entre la estabilidad, la radiación solar y la velocidad del viento, definidas por Pasquill y Gifford. Las categorías de estabilidad se definen por letras (o números) de la siguiente manera:

extremadamente inestable (A ó 1), moderadamente inestable (B ó 2), levemente inestable (C ó 3), neutra (D ó 4), levemente estable (E ó 5) y moderadamente estable (F ó 6). Para determinar estas categorías se usa la siguiente metodología:

En horas diurnas, teniendo conocimiento de la velocidad del viento y la radiación global, se utiliza la Tabla 1-18 para definir la categoría de estabilidad.

Tabla 1-18 Categorías de estabilidad para periodos diurnos

| Velocidad Viento (m/s) | Radiación solar global (W/m ²) | | | | | |
|------------------------|--|---------|---------|---------|---------|------|
| | >700 | 700-540 | 540-400 | 400-270 | 270-140 | <140 |
| <2 | A | A | B | B | C | D |
| 2-3 | A | B | B | B | C | D |
| 3-4 | B | B | B | C | C | D |
| 4-5 | B | B | C | C | D | D |
| 5-6 | C | C | C | C | D | D |
| >6 | C | C | D | D | D | D |

Fuente: Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire. Manual de Operación de Sistemas de Vigilancia de la Calidad del Aire, 2010.

En horas nocturnas, teniendo conocimiento de la velocidad del viento y la radiación neta, se utiliza la Tabla 1-19 para definir la categoría de estabilidad.

Tabla 1-19 Categorías de estabilidad para periodos nocturnos

| Velocidad viento (m/s) | Radiación neta (W/ m ²) | | |
|------------------------|-------------------------------------|-----------|------|
| | > -20 | -20 a -40 | <-40 |
| <2 | D | F | F |
| 2-3 | D | E | F |
| 3-5 | D | D | E |
| 5-6 | D | D | D |
| >6 | D | D | D |

Fuente: Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire. Manual de Operación de Sistemas de Vigilancia de la Calidad del Aire, 2010.

X Evaporación

La evaporación se analizó utilizando los datos de registrados en las estaciones meteorológicas indicadas en la Tabla 1-16. A partir de estos se determinó la distribución temporal de la evaporación, meses de mayor y menor registro.

XI Zonificación climática del área de estudio

La zonificación climática en el área de influencia del proyecto se realizó por medio del método de Caldas-Lang, el cual define la clasificación climática con base en la aridez de la región. Este método unifica la formulación individual de Lang y de Caldas, y obtiene un método que depende de la elevación del lugar, de la temperatura media anual y de la precipitación total media anual.

El método de Caldas establece los pisos térmicos para la región andina tropical, de acuerdo con las variables altitud y temperatura; estas variables tienen una relación directa establecida empíricamente, como se muestra a continuación:

Tabla 1-20 Clasificación climática método Caldas

| Piso térmico | Altitud (m s.n.m) | Temperatura (°C) | Variación de altitud por condiciones locales |
|--------------|-------------------|--------------------|--|
| Cálido | 0 – 1000 | ≥ 24 | Límite superior ± 400 |
| Templado | 1001 – 2000 | $24 > T \geq 17,5$ | Límite superior ± 500 Límite inferior ± 500 |
| Frío | 2001 – 3000 | $17.5 > T \geq 12$ | Límite superior ± 400 Límite inferior ± 400 |
| Páramo bajo | 3001 – 3700 | $12 > T \geq 7$ | |
| Páramo alto | 3701 - 4200 | $T < 7$ | |

Fuente: IDEAM, 2005. Adaptado por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2014.

Por su parte, el método de Lang determina la clasificación climática de un lugar puntual mediante el índice de efectividad de precipitación de Lang o factor de lluvia de Lang; este índice identifica el tipo de clima, de acuerdo con la precipitación que cae en cierto lugar y la temperatura; por lo tanto, aquellas regiones donde existe baja precipitación y alta temperatura se clasifican como climas áridos, mientras que aquellas zonas de altas precipitaciones y bajas temperaturas corresponden a climas superhúmedos. A continuación se presenta la clasificación de climas establecido por el método de Lang.

Tabla 1-21 Clasificación climática método Lang

| Factor de Lang P/T | Clase de clima | Símbolo |
|--------------------|----------------|---------|
| 0 – 20,0 | Desértico | D |
| 20,1 – 40,0 | Árido | A |
| 40,1 – 60,0 | Semiárido | Sa |
| 60,1 -100,0 | Semihúmedo | Sh |
| 100,1 - ,160,0 | Húmedo | H |
| >160,0 | Superhúmedo | SH |

Fuente: IDEAM, 2005. Adaptado por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2014.

Cada uno de los dos métodos de manera independiente no establecen claramente un clima específico, dado que el método de Caldas establece de manera global los pisos térmicos, pero no el clima exacto de cada zona, y el método de Lang, por su parte, establece la cantidad de lluvia que existe en una zona, pero no se puede clasificar si es una clima cálido, frío, etc. Por lo tanto, la unificación de las dos metodologías permite establecer el tipo de clima para una región específica. A continuación se presenta la unificación de las dos teorías, la cual es la base para la clasificación climatológica de la zona.

Tabla 1-22 Clasificación climática método Caldas-Lang

| Clasificación climática | Símbolo | Clasificación climática | Símbolo |
|-------------------------|---------|-------------------------|---------|
| Cálido superhúmedo | CSH | Frío húmedo | FH |
| Cálido húmedo | CH | Frío semihúmedo | Fsh |
| Cálido semihúmedo | CsH | Frío semiárido | Fsa |
| Cálido semiárido | Csa | Frío árido | FA |
| Cálido árido | CA | Frío desértico | FD |
| Cálido desértico | CD | Páramo bajo superhúmedo | PBSH |
| Templado superhúmedo | TSH | Páramo bajo húmedo | PBH |
| Templado húmedo | TH | Páramo bajo semihúmedo | PBsh |
| Templado semihúmedo | Tsh | Páramo bajo semiárido | PBsa |
| Templado semiárido | Tsa | Páramo alto superhúmedo | PASH |
| Templado árido | TA | Páramo alto húmedo | PAH |
| Templado desértico | TD | Nieves perpetuas | NP |
| Frío superhúmedo | FSH | | |

Fuente: IDEAM, 2005. Adaptado por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2014.

1.5.2.2 Calidad del aire

A Identificación de fuentes de contaminación

La identificación de fuentes de contaminación se realizó a través de consulta a la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR) y los asentamientos poblacionales son verificados con la base cartográfica del Sistema de Información Geográfica para la Planeación y el Ordenamiento Territorial (SIGOT), 2013. Asimismo, se identificaron algunas fuentes de emisión, a partir de levantamiento de información en campo; para georreferenciarlos se utilizó un GPS Oregon 450 Marca Garmin.

B Establecimiento puntos de monitoreo

El proyecto se localizará en los municipios de Gachancipá, Tocancipá, Zipaquirá, Cogua, Nemocón, Suesca y Sesquilé, pertenecientes al departamento de Cundinamarca; así, el análisis de calidad de aire se llevó a cabo verificando las estaciones del Sistema de Vigilancia de Calidad de Aire (SVCA) de la CAR ubicadas en los municipios anteriormente mencionados y en las estaciones indicativas instaladas en el área del proyecto. En la Tabla 1-23 se presentan los nombres de las estaciones de calidad del aire del SVCA de la CAR con la respectiva georreferenciación.

Tabla 1-23 Ubicación de las estaciones de calidad del aire utilizadas pertenecientes al SVCS de la CAR

| Estación | Nombre estación | Descripción | Coordenadas Datum MAGNA-SIRGAS Origen Bogotá | | Elevación (m s.n.m) |
|----------|---------------------------|---|--|---------|------------------------|
| | | | Norte | Este | |
| CAR-01 | Tocancipá | Planta de Tratamiento Acueducto. Concesionaria Tibitoc S.A. | 1042242 | 1011798 | 2567 |
| CAR-09 | Nemocón-Vda. Patio Bonito | I.E.D. Patio Bonito | 1058928 | 1020137 | 2746 |
| CAR-10 | Zipaquirá | Planta de beneficio EMAFEZ | 1045761 | 1008291 | 2588 |
| CAR-12 | Cogua | PTAR I | 1050730 | 1011146 | 2619 |

Fuente: CAR, 2012. Adaptado por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2014.

En la Tabla 1-24 se indica el nombre y la georreferenciación de las estaciones instaladas para el presente estudio. Estas estaciones fueron operadas por ANALQUIM (laboratorio acreditado por el IDEAM). Para la localización de las estaciones de calidad del aire se tuvieron en cuenta los siguientes criterios:

- La distancia entre la estación de calidad del aire y el obstáculo más cercano debe ser dos veces la altura del obstáculo.
- Los equipos de muestreo deben estar ubicados a mínimo 1,20 m desde el nivel del suelo.
- Se deben instalar a una distancia mayor de 10 m de las fuentes fijas puntuales de emisión.
- Tener un radio de 270°, libre de restricciones de flujo alrededor del muestreador.

Tabla 1-24 Ubicación de los puntos de monitoreo de calidad de aire ANALQUIM

| Estación | Descripción | Coordenadas Datum MAGNA- SIRGAS Origen Bogotá | | Elevación (m s.n.m) |
|-------------|---|--|---------|------------------------|
| | | Norte | Este | |
| ANALQUIM-01 | Ubicado en el área central del Parque Industrial Gran Sabana, cerca de una vía interna del Parque que da acceso a la empresa MARMISOL. Al este del punto de monitoreo se realizan actividades de construcción, aproximadamente a 100 m, y al oeste se localizan algunas industrias. | 1040059 | 1014098 | 2569 |
| ANALQUIM-02 | Ubicado al sur del Parque Industrial Gran Sabana, al este del punto de monitoreo se encuentra una vía interna del parque, y aproximadamente a 60 m en la misma dirección se encuentran bodegas de almacenamiento; al oeste también se encuentran algunas bodegas. | 1039463 | 1013652 | 2566 |
| ANALQUIM-03 | Ubicada en la finca Santa Helena de la vereda San José, Gachancipá; un área de cultivos a 2 km, en dirección este del municipio de Gachancipá. | 1043854 | 1020379 | 2566 |
| ANALQUIM-04 | Ubicada en la finca El Delirio de la vereda San José, Gachancipá. A 200 m del predio de la subestación en el municipio de Gachancipá y aproximadamente a 200 m de la vía interveredal. | 1048620 | 1022966 | 2609 |
| ANALQUIM-05 | Ubicada en la finca El Cairo del municipio de Cogua, aproximadamente a 200 m de la vía Nemocón-Zipacquirá. | 1051646 | 1017047 | 2571 |

Fuente: ANALQUIM, 2014. Adaptado por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2014.

C Jornadas de medición

El monitoreo de calidad del aire se llevó a cabo de acuerdo con el Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire adoptado mediante Resolución 2154 de 2011 por el MAVDT. En la Tabla 1-25 se indican los periodos analizados en cada estación.

Tabla 1-25 Periodo de monitoreo por estación

| Estación | Periodo analizado | |
|-------------|-------------------|------------|
| | Inicio | Fin |
| CAR-01 | 01/01/2012 | 31/12/2012 |
| CAR-09 | 01/01/2012 | 31/12/2012 |
| CAR-10 | 01/01/2012 | 31/12/2012 |
| CAR-12 | 01/01/2012 | 31/12/2012 |
| ANALQUIM-01 | 30/07/2013 | 21/08/2013 |
| ANALQUIM-02 | 30/07/2013 | 21/08/2013 |
| ANALQUIM-03 | 13/02/2014 | 02/03/2014 |
| ANALQUIM-04 | 13/02/2014 | 02/03/2014 |
| ANALQUIM-05 | 13/02/2014 | 02/03/2014 |

Fuente: CAR, ANALQUIM. Adaptado por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2014.

A continuación se describe la metodología de monitoreo utilizada por ANALQUIM para cada contaminante:

D Métodos de análisis monitoreo calidad de aire

Las metodologías de monitoreo y evaluación de calidad del aire en el área de influencia son las estipuladas por la US EPA CFR parte 40*. Los métodos de muestreo y análisis empleados se presentan a continuación:

Tabla 1-26 Resumen métodos de muestreo y análisis para parámetros de calidad del aire

| Parámetro | Muestreo | Método de análisis | Referencia |
|------------------------------|----------|--------------------|-----------------------------------|
| Partículas suspendidas (PST) | Hi-vol | Gravimétrico | US EPA 40 CFR Parte 50 Apéndice B |

* El Título 40 es una parte del Código de Regulaciones Federales (CFR) de los Estados Unidos que organiza principalmente reglamentos ambientales que fueron promulgados por la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (US EPA), entre ellos se encuentran los estándares de calidad de aire y las técnicas para el análisis de los principales contaminantes en el aire.

| | |
|---|--|
|  INGENIERÍA & DISEÑO S.A. |   ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL Capítulo 1. Generalidades CONTRATO 5700004954 |
| | Codensa es una empresa del Grupo Enel |

| Parámetro | Muestreo | Método de análisis | Referencia |
|--|---------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|
| Material particulado < 10 micras (PM ₁₀) | Hi-vol – PM ₁₀ | Gravimétrico | US EPA 40 CFR Parte 50 Apéndice J |
| Dióxido de azufre (SO _x) | Tren de muestreo | Colorimétrico (Pararosanilina) | US EPA 40 CFR Parte 50 Apéndice A |
| Dióxido de nitrógeno (NO _x) | Tren de muestreo | Colorimétrico (NEDA) | US EPA 40 CFR Parte 50 Apéndice F |
| Monóxido de carbono | Mini CO | Electroquímico | RFCA-0981-054 |

Fuente: ANALQUIM, 2014. Adaptado por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2014.

E Cálculos monitoreo de calidad de aire

I Partículas Suspendidas Totales (PST)

La concentración de Partículas Suspendidas Totales (PST) se midió mediante el método de la Norma Técnica Colombiana NTC 3704** correspondiente a US EPA 40 CFR, parte 50, apéndice B. En la Fotografía 1-1 se presenta la vista frontal del equipo Hi-Vol.

Fotografía 1-1 Equipo Hi-Vol para determinación de Partículas Suspendidas Totales



Fuente: ANALQUIM, 2014. Adaptado por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2014.

** Norma Técnica Colombiana NTC 3704. "Determinación de la Concentración de Partículas Suspendidas en el Aire Ambiente".

En este método, el muestreador Hi-Vol succiona aire ambiente hacia una caja de muestreo a través del filtro, durante 24 horas. El filtro se pesa en las mismas condiciones ambientales antes y después de usarlo, para determinar el peso neto ganado. El volumen de aire se determina con base en el flujo estándar promedio y el tiempo de muestreo.

La concentración de PST en el aire ambiente se calcula como la masa de partículas recolectadas divididas por el volumen de aire muestreado, ajustado a las condiciones estándar, y expresado en $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Para tal efecto se sigue la siguiente metodología:

Por medio de la calibración, se encuentran los parámetros m y b para cada equipo, los cuales sirven para calcular el flujo promedio estándar de muestreo mediante la siguiente ecuación:

Donde:

$$Q_{\text{std}} = (I - b) \cdot \left(\frac{1}{m}\right)$$

b : Intercepto de la curva de calibración del equipo Hi-Vol
 m : Pendiente de la curva de calibración del equipo Hi-Vol
 I : Indicación de flujo en el muestreador, ft^3/min
 Q_{std} : Flujo promedio de muestreo a condiciones de referencia, m^3/min

El volumen total de aire muestreado está dado por:

Donde:

$$V_{\text{std}} = Q_{\text{std}} \cdot t$$

Q_{std} : Flujo promedio de muestreo a condiciones de referencia, m^3/min
 V_{std} : Muestra total de aire en unidades de volumen normal, $\text{m}^3 \text{ std}$
 t : Tiempo neto de muestreo, min

Y la concentración de PST se determina por medio de la siguiente ecuación:

Donde:

$$\frac{\mu\text{g PST}}{\text{m}^3} = \frac{W_f - W_i}{V_{\text{std}}} \cdot 10^6$$

W_f : Peso final del filtro limpio, g
 W_i : Peso inicial del filtro expuesto, g
 V_{std} : Muestra total de aire en unidades de volumen normal, $\text{m}^3 \text{ std}$

En el informe de laboratorio de calidad del aire adjunto en los anexos del capítulo 3-sección 3, se presentan los datos de calibración del patrón de transferencia de flujo (un medidor de orificio) y las curvas de calibración de cada equipo Hi-Vol realizada en el momento de iniciar el monitoreo.

II Material particulado menor a 10 micras PM₁₀

El método de muestreo y análisis corresponde al método de referencia descrito en la Norma Técnica NTC 3704, en cuanto al muestreo de PM₁₀. En la Fotografía 1-2 se presenta la vista frontal de un equipo Hi- Vol.

Fotografía 1-2 Equipo muestreador de PM₁₀



Fuente: ANALQUIM, 2014. Adaptado por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2014.

La muestra de aire se succiona por 24 ± 1 horas y se hace pasar a través de un impactador que clasifica las partículas y sólo deja pasar las que tienen un diámetro aerodinámico menor a 10 micras. Las partículas llegan al filtro de celulosa, el cual se pesa en las mismas condiciones de humedad y temperatura antes y después de ser expuesto, para determinar el peso neto ganado. El volumen de muestra se calcula con base en las mediciones de flujo y tiempo de muestreo. La medición de flujo requiere de una calibración previa del equipo con respecto a un medidor patrón.

En los informes de laboratorio de calidad del aire adjuntos en los anexos de capítulo 3, sección 3, se presentan los datos de calibración del patrón de transferencia de flujo (un medidor de orificio) y las curvas de calibración de cada uno de los equipos PM₁₀ utilizados en el muestreo. Por medio de la calibración se encuentran los parámetros m y b para cada equipo, los cuales sirven para calcular el flujo promedio estándar de muestreo mediante la siguiente ecuación, teniendo en cuenta que el medidor es del tipo rotámetro:

Donde:

$$Q_{std} = \frac{1}{m} \cdot \left(I \cdot \sqrt{\left(\frac{P}{T} \right) \left(\frac{298,15}{760} \right)} - b \right)$$

Q_{std} : Flujo promedio de muestreo a condiciones de referencia, m³/min
 P : Presión barométrica promedio para el sitio de muestreo, mmHg
 T : Temperatura ambiente promedio para el sitio de muestreo, K
 b : Intercepto de la curva de calibración del equipo Hi-Vol
 m : Pendiente de la curva de calibración del equipo Hi- Vol
 I : Indicación de flujo en el muestreador, ft³/min

El volumen total de aire muestreado está dado por:

Donde:

$$V_{std} = Q_{std} \cdot t$$

Q_{std} : Flujo promedio de muestreo a condiciones de referencia, m³/min
 V_{std} : Muestra total de aire en unidades de volumen normal, m³ std
 t : Tiempo neto de muestreo, min

Y la concentración de PM₁₀ se determina por medio de la siguiente ecuación:

Donde:

$$\frac{\mu\text{g PM}_{10}}{\text{m}^3} = \frac{W_f - W_i}{V_{std}} \cdot 10^6$$

W_f : Peso final del filtro limpio, g
 W_i : Peso inicial del filtro expuesto, g
 V_{std} : Muestra total de aire en unidades de volumen normal, m³ std

III Óxidos de azufre y nitrógeno (SO_x y NO_x)

La muestra de aire para análisis de NO_x y SO_x se toma simultánea con la de partículas mediante el tren de muestreo tipo Andersen, usando una bomba de vacío para hacer pasar el aire por 24 horas a través de burbujeadores con soluciones absorbentes. El dióxido de nitrógeno (NO₂) es absorbido de la muestra de aire mediante una solución de trietanolamina y n-butanol, contenida en uno de los burbujeadores. El NO₂ colectado se derivatiza en el

laboratorio a un azo-compuesto con sulfanilamida y NEDA, y se cuantifica por medición espectrofotométrica a 540 nm.

Para tomar la muestra de NO_x, se prepara el tren de muestreo con 50 mL de solución absorbente, el orificio crítico y la bomba con capacidad de vacío de 500 mmHg. Se enciende la bomba y se revisa el flujo entrante (entre 180 y 220 m³/min). Se toma la muestra durante 24 horas. Al final del muestreo, se registra de nuevo el flujo, se colecta la solución en envase de vidrio color oscuro (ámbar) y se mantiene refrigerado hasta el análisis en laboratorio. Una vez termina el análisis, las muestras se mantienen refrigeradas.

El análisis en laboratorio consiste en transferir 10 mL de solución absorbente a una probeta graduada de 25 mL. Se debe analizar simultáneamente un blanco. A cada probeta se le adiciona 1,0 mL de solución de peróxido de hidrógeno y se mezcla bien. Luego, se adicionan 10 mL de solución de sulfanilamida y 1,0 mL de solución de NEDA, se mezclan bien y se deja desarrollar el color por 10 minutos. Se mide la absorbancia de la muestra (menos la del blanco) a 540 nm. El NO₂ se determina luego, a partir de la curva de calibración del espectrofotómetro.

Con la absorbancia obtenida en cada muestra, se leen directamente los µg de NO₂ a partir de la curva de calibración del espectrofotómetro y se calcula:

Donde:

$$\frac{\mu\text{g NO}_2}{\text{m}^3} = \frac{\mu\text{g NO}_2}{r \cdot t \cdot k} \cdot 10^3$$

r: Flujo de muestreo, L/min
t: Tiempo de muestreo, min
Factor de dilución (por ejemplo = 0,2 si se analiza
k: 1/5 de la muestra) 0,532 = µL NO₂/ µg NO₂ a 25 °C y 760 mmHg

Por su parte, el dióxido de azufre (SO₂) se mide por el método de referencia de la Resolución 19622 de 1985 del Ministerio de Salud, “por la cual se adopta un procedimiento para análisis de la calidad del aire” que corresponde al US EPA 40 CFR parte 50, apéndice A. La muestra de aire se pasa por una solución absorbente de tetracloromercurato de potasio en el mismo tren de muestreo Andersen. Una vez terminado el periodo de muestreo, las muestras se refrigeran y envían al laboratorio donde se desarrolla el color de la solución absorbente con pararosanilina y se lee la absorbancia en un espectrofotómetro. La concentración de dióxido de azufre en el aire se calcula como:

Donde:

$$\frac{\mu\text{g SO}_2}{\text{m}^3} = \frac{(A - A_0) \cdot B}{V} \left(\frac{V_b}{V_a} \right) \cdot 10^3$$

$(A - A_0)$: Absorbancia corregida por el blanco en el espectrofotómetro
 B : Recíproco de la pendiente de la curva de calibración del espectrofotómetro
 V : Volumen de aire muestreado, mL
 V_a : Volumen de la alícuota analizada en el espectrofotómetro, mL
 V_b : Volumen de la solución absorbente, mL

IV Monóxido de carbono (CO)

Para la medición de monóxido de carbono (CO), se utiliza un analizador que opera con un detector de infrarrojo no dispersivo (NDIR) y que reporta directamente concentración de monóxido de carbono en partes por millón (ppm). La toma de muestra se realiza directamente, en el lugar de medición; sin embargo, cuando las condiciones climáticas son adversas, se puede tomar por succión con una bomba de manera continua y con un flujo constante durante 1 hora. Se recolecta la muestra en bolsas herméticas (Tedlar) que posteriormente se hacen pasar por el analizador de monóxido de carbono.

F Análisis de resultados

La calidad de aire en la zona se analizó de acuerdo con los resultados obtenidos para los diferentes parámetros. Estos parámetros se evalúan con respecto a los límites normativos de la Resolución 610 de 2010 del MAVDT (hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible), por la cual se modifica la Norma de Calidad del Aire o Nivel de Inmisión, para todo el territorio nacional en condiciones de referencia.

Tabla 1-27 Niveles máximos permisibles para contaminantes monitoreados

| Contaminante | Unidad | Límite máximo permisible | Tiempo de exposición |
|------------------|--------------------------|--------------------------|----------------------|
| PST | $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | 100 | Anual |
| | | 300 | 24 horas |
| PM ₁₀ | $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | 50 | Anual |
| | | 100 | 24 horas |
| NO ₂ | $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | 100 | Anual |
| | | 150 | 24 horas |
| SO ₂ | $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | 80 | Anual |
| | | 250 | 24 horas |
| | | 750 | 3 horas |

| Contaminante | Unidad | Límite máximo permisible | Tiempo de exposición |
|--------------|--------|--------------------------|----------------------|
| CO | µg/m³ | 10.000 | 8 horas |
| | | 40.000 | 1 horas |

Fuente: MAVDT, Resolución 610 de 2010. Adaptado por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2014.

1.5.2.3 Ruido

A Identificación de fuentes de generación de ruido

La identificación de fuentes de generación de ruido existentes se realizó a partir de levantamiento de información en campo; en la identificación se utilizó un GPS Oregon 450 marca Garmin para la respectiva georreferenciación.

B Establecimiento puntos de monitoreo

El monitoreo se realizó siguiendo el procedimiento estipulado en los Capítulos II y III del Anexo 3 de la Resolución 627 de 2006 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible), “Por la cual se establece la norma nacional de emisión de ruido y ruido ambiental”, los cuales corresponden a las normas ANSI S1. Inicialmente, se realizó una identificación gráfica de la zona de estudio, donde se delimitó el área mediante la imagen satelital. Posteriormente, con el fin de abarcar espacialmente todo el sector delimitado, se definió el número de puntos y la distribución al igual que los tiempos, horarios y días de medición para la realización del monitoreo. En el presente estudio se establecieron 12 puntos para la realización del monitoreo de ruido. En la Tabla 1-28 se presentan los nombres de los puntos de monitoreo de ruido ambiental con la respectiva georreferenciación:

Tabla 1-28 Localización puntos de monitoreo ruido ambiental

| Punto | Ubicación | Coordenadas MAGNA-SIRGAS Datum Bogotá | |
|-------|--|--|----------|
| | | Este | Norte |
| RA-O1 | Municipio de Tocancipá | 1129432 | 1040940 |
| RA-O2 | Viviendas vía Tocancipá-Gachancipá (vereda El Roble, Gachancipá) | 1020912 | 1042300 |
| RA-O3 | Área rural de Gachancipá (vereda San Martín, Gachancipá) | 1022144 | 1044761 |
| RA-O4 | Predio Subestación (vereda San José, Gachancipá) | 1023199 | 1048886 |
| RA-O5 | Municipio Sesquilé | 1030746 | 10495652 |

| Punto | Ubicación | Coordenadas MAGNA-SIRGAS Datum Bogotá | |
|-------|--|--|---------|
| | | Este | Norte |
| RA-O6 | Vía Peldar (vereda Mortiño, Cogua) | 1014109 | 1050036 |
| RA-O7 | Predio Subestación (vereda San José, Gachancipá) | 1022860 | 1049273 |
| RA-O8 | Vía Nemocón (vereda La Puerta, Nemocón) | 1018180 | 1051392 |
| RA-O9 | Aposentos (vereda Casa Blanca, Nemocón) | 1018613 | 1056875 |
| RA-10 | Vía Gachancipá-Sesquilé (vereda Boitá, Sesquilé) | 1026621 | 1048534 |
| RA-11 | (vereda El Porvenir, Zipaquirá) | 1016749 | 1046329 |
| RA-12 | Municipio Cogua | 1011102 | 1051169 |

Fuente: CIMA, 2014. Adaptado por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2014.

C Jornadas de medición

La evaluación de ruido ambiental se llevó a cabo en cada punto de medición, de acuerdo con el procedimiento establecido en el Anexo 3-3, Capítulo II de la Resolución 0627 de 2006. En cada punto se realizó la medición en las cinco (5) direcciones (norte, sur, este, oeste y vertical hacia arriba), durante 25 minutos continuos para cada punto, tanto para el día hábil y no hábil, en jornada diurna y nocturna. Las mediciones de ruido fueron realizadas los días indicados en la Tabla 1-29.

Tabla 1-29 Fechas de monitoreo de ruido ambiental

| Punto | Hábil | | No hábil | |
|-------|------------|------------|------------|------------|
| | Diurno | Nocturno | Diurno | Nocturno |
| RA-O1 | 22/04/2013 | 23/04/2013 | 20/04/2014 | 20/04/2014 |
| RA-O2 | 22/04/2013 | 23/04/2013 | 20/04/2014 | 20/04/2014 |
| RA-O3 | 22/04/2013 | 23/04/2013 | 20/04/2014 | 20/04/2014 |
| RA-O4 | 22/04/2013 | 23/04/2013 | 20/04/2014 | 20/04/2014 |
| RA-O5 | 22/04/2013 | 23/04/2013 | 20/04/2014 | 20/04/2014 |
| RA-O6 | 22/04/2013 | 23/04/2013 | 20/04/2014 | 20/04/2014 |
| RA-O7 | 22/04/2013 | 23/04/2013 | 20/04/2014 | 20/04/2014 |
| RA-O8 | 22/04/2013 | 23/04/2013 | 20/04/2014 | 20/04/2014 |
| RA-O9 | 22/04/2013 | 23/04/2013 | 20/04/2014 | 20/04/2014 |
| RA-10 | 22/04/2013 | 23/04/2013 | 20/04/2014 | 20/04/2014 |
| RA-11 | 22/04/2013 | 23/04/2013 | 20/04/2014 | 20/04/2014 |
| RA-12 | 22/04/2013 | 23/04/2013 | 20/04/2014 | 20/04/2014 |

Fuente: Adaptado de “CIMA, 2014” por ACON, Miembro del Grupo INERCO; 2014.

D Métodos de análisis ruido ambiental

En el monitoreo se realiza una calibración acústica del micrófono del sonómetro, y luego se ubica el micrófono a una altura de 4,0 metros. Las mediciones se toman empleando la escala de ponderación A dB(A) y en respuesta lenta (*slow*). En la Tabla 1-30 se presenta el formato utilizado para la recolección de información indicando la respectiva descripción.

Tabla 1-30 Datos generales de la medición



| Parámetros del estudio | |
|-------------------------------|--|
| # Loc Quest | El número de archivo en la memoria del sonómetro QUEST |
| L1 (Leq), dB(A) | Nivel continuo equivalente de ruido en el periodo de medición (resultado de la medición) |
| Lmax, dB(A) | Máximo nivel puntual de ruido encontrado dentro del periodo de medición. |
| Lmin, dB(A) | Mínimo nivel puntual de ruido encontrado dentro del periodo de medición |
| L10, dB(A) | Nivel Sonoro que se sobrepasa durante el 10% del tiempo de medición. |
| L90, dB(A) | Nivel Sonoro que se sobrepasa durante el 90% del tiempo de medición. |
| Horarios | Las lecturas diurnas se realizaron entre las 07:01 y las 21:00 horas, y las nocturnas entre las 21:01 y las 07:00 horas, cumpliendo así con los horarios establecidos en la normativa. |
| Condiciones meteorológicas | |
| Temperatura ambiente promedio | 17 °C |
| Presión atmosférica promedio | 560 mmHg |
| % Humedad relativa promedio | 70 |
| Altitud | 2.560 a 2.660 m s.n.m. |

Fuente: CIMA, 2014. Adaptado por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2014.

Los equipos utilizados en la medición de ruido ambiental se presentan en la Tabla 1-31.

| | | | |
|---|--|---|--|
|  <p>INGENIERÍA & DISEÑO S.A.</p> |  <p>Codensa es una empresa del Grupo Enel</p> |  | <p>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL Capítulo 1. Generalidades CONTRATO 5700004954</p> |
|---|--|---|--|

Tabla 1-31 Equipos utilizados durante la medición

| | | |
|---|---|--|
|  | Sonómetro Quest SoundPro SP DL 1-1/3 BLI050009 | |
| | Clase | Tipo I |
| | Precisión | ± 1dB |
| | Sensibilidad | Sensibilidad de micrófono independiente de la frecuencia. |
| | Funciones | Lectura en tiempo real con analizador frecuencias en tercios de octava. |
| | Características Generales | Filtros de ponderación de frecuencia A, B, C y Z. Modos de respuesta rápida, lenta, impulsos y picos. Determinación del nivel equivalente, máximo y mínimo. Provisto con cable de extensión de micrófono. |
| | Normativa | Cumple norma IEC 61672-1:2002 |
| | Certificados | Certificado de calibración vigente adjunto en el Anexo Capítulo 3, sección 3 |
|  | Calibrador acústico Quest QC-20 | |
| | Nivel de calibración | 94 dB y 114 dB. |
| | Normativa | Cumple norma IEC 60942:2003 |
| | Certificados | Certificado de calibración vigente, adjunto en el Anexo Capítulo 3, sección 3 |
|  | SOFTWARE | |
| | Referencia | QustSuite® Professional II |
| | Versión | 4.2.2296 |
| | Características | Descarga datos de los estudios realizados por el sonómetro |
| | Certificados | Certificado de funcionamiento, adjunto en el Anexo 3-7 Capítulo 3, sección 3 |
|  | Trípode | |
| | Características Generales | Ajustable a altura de cuatro (4) metros. Capacidad de giro de 360 grados. Desarmable. Orientación variable. |

Fuente: CIMA, 2014. Adaptado por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2014.

E Cálculos monitoreo ruido ambiental

El nivel de ruido ambiental (L_{RAeq}) en cada punto para el día hábil y día festivo jornada diurna y nocturna se calcula mediante la siguiente ecuación:

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

Donde:

- 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

Los niveles de presión sonora continuo equivalente ponderados A, $L_{Aeq,T}$, $L_{Aeq,T,Residual}$ y nivel percentil L_{90} se corrigen por impulsividad, tonalidad, condiciones meteorológicas, horarios, tipos de fuentes y receptores, para obtener niveles corregidos de presión sonora continuo equivalente ponderados A, $L_{RAeq,T}$, $L_{RAeq,T,Residual}$ y nivel percentil L_{90} , respectivamente. Las correcciones, en decibeles, se efectúan de acuerdo con la siguiente ecuación.

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

Donde:

- K_I : Ajuste por impulsos (dB(A))
 K_T : Ajuste por tono y contenido de información (dB(A))
 K_R : Ajuste por la hora del día (dB(A))
 K_S : Ajuste (positivo o negativo) para ciertas fuentes y situaciones, por ejemplo bajas frecuencias (dB(A))

El nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A, $L_{Aeq,T}$, sólo se corrige por un solo factor K, el de mayor valor en dB(A).

De las condiciones del monitoreo, se indica que no se realizan ajustes por hora del día (K_R), ya que no aplican porque son para emisión; así mismo, no se emplean ajustes (positivo o negativo) para ciertas fuentes y situaciones (K_S), teniendo en cuenta que en el área de estudio no se evidenciaron instalaciones de ventilación y climatización; sólo se realizan ajustes por tonalidad (K_T) e impulso (K_I), dadas las características de los registros obtenidos. De acuerdo con lo anterior, la manera detallada de evaluar la presencia de componentes tonales y de impulso son:

- **Ajuste por impulsos (K_I)**

La corrección de nivel K_I toma en consideración los componentes impulsivos en el lugar de la medición y durante el tiempo que estén presentes los respectivos impulsos.

- Por percepción nula de componentes impulsivos: 0 dB(A)
- Por percepción neta de componentes impulsivos: 3 dB(A)
- Por percepción fuerte de componentes impulsivos: 6 dB(A)

- **Ajuste por tono y contenido de información (K_T)**

La manera detallada de evaluar la presencia de componentes tonales se presenta a continuación:

1. Realizar un análisis con resolución de 1/3 de octava.
2. Calcular la diferencia $L = L_t - L_s$,
Donde:
 L_t : Nivel de presión sonora de la banda f que contiene el tono puro, y
 L_s : Media de los niveles de las dos bandas situadas inmediatamente por encima y por debajo de f .
3. Determinar la presencia o ausencia de componentes tonales, de acuerdo con los criterios establecidos en la Tabla 1-32.

Tabla 1-32 Criterios para la corrección por tono, K_T

| Intervalo de frecuencias | No hay componentes tonales | Componente tonal neto | Componente tonal fuerte |
|--------------------------|----------------------------|--|-------------------------|
| 20 a 125 Hz | $L < 8 \text{ dB(A)}$ | $8 \text{ dB(A)} < L < 12 \text{ dB(A)}$ | $L > 12 \text{ dB(A)}$ |
| 160 a 400 Hz | $L < 5 \text{ dB(A)}$ | $5 \text{ dB(A)} < L < 8 \text{ dB(A)}$ | $L > 8 \text{ dB(A)}$ |
| Mayor a 500 Hz | $L < 3 \text{ dB(A)}$ | $3 \text{ dB(A)} < L < 5 \text{ dB(A)}$ | $L > 5 \text{ dB(A)}$ |

Fuente: MAVDT, Resolución 0627, 2006. Adaptado por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2014.

- Si se cumple alguna de las condiciones presentadas en la tabla anterior, se deben hacer las correcciones a cada L_{Aeq} medido de acuerdo con lo indicado a continuación:
 - Por percepción nula de componentes impulsivos: 0 dB(A)
 - Por percepción neta de componentes impulsivos: 3 dB(A)
 - Por percepción fuerte de componentes impulsivos: 6 dB(A)

F Análisis de resultados

Los niveles de ruido ambiental en la zona se analizaron de acuerdo con los resultados obtenidos en cada punto de monitoreo. Estos resultados se compararon respecto a los límites normativos establecidos en la Resolución 627 de 2006, de acuerdo con los usos del suelo del área del proyecto (ver Tabla 1-33).

Tabla 1-33 Estándares máximos permisibles de niveles de ruido ambiental, expresados en decibeles dB(A)

| Sector | Subsector | Estándares máximos permisibles de niveles de ruido ambiental en dB(A) | |
|---|---|---|----------|
| | | Diurno | Nocturno |
| Sector A. Tranquilidad y silencio | Hospitales, bibliotecas, guarderías, sanatorios, hogares geriátricos. | 55 | 45 |
| Sector B. Tranquilidad y ruido moderado | 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 o 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 | Residencial suburbana. | 55 | 45 |

| Sector | Subsector | Estándares máximos permisibles de niveles de ruido ambiental en dB(A) | |
|--|--|---|----------|
| | | Diurno | Nocturno |
| suburbana o rural de tranquilidad y ruido moderado | Rural habitada destinada a explotación agropecuaria. | | |
| | Zonas de Recreación y descanso, como parques naturales y reservas naturales. | | |

Fuente: MAVDT, Resolución 0627 de 2006. Adaptado por ACON, Miembro del Grupo INERCO; 2014.

1.5.3 Hidrología

La hidrología puede definirse como la ciencia que se ocupa de estudiar las propiedades físicas y químicas del agua y su distribución e interacción con el medio ambiente. Parte de la hidrología se ocupa de estudiar el comportamiento del agua sobre la superficie del suelo y las interrelaciones que se llevan a cabo en la Tierra a través del ciclo hidrológico.

En el presente estudio, el análisis hidrológico permitió conocer el estado de los sistemas lénticos y lóticos y su comportamiento dentro del área de influencia. Para este ítem se realizó una caracterización del área de influencia directa e indirecta a partir de la información recolectada durante el trabajo de campo y de entidades como el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) y Corporaciones Autónomas Regionales (CAR).

La metodología se desarrolló en 2 fases, la primera de recolección de información primaria y secundaria, enmarcada dentro de una fase de trabajo de campo; y una segunda de procesamiento de la información y generación de resultados.

1.5.3.1 Fase de campo y recolección de información

El objetivo general de la fase de campo es reconocer el área de estudio, identificar cuerpos de agua lénticos y lóticos, y determinar algunas variables dependientes e independientes que influyen en el comportamiento del sistema fluvial.

Las actividades que se desarrollaron dentro de la etapa de campo son las siguientes:

- Inventario de cuerpos de agua lóticos y lénticos
- Identificación de usos y usuarios
- Captura de información de los pobladores de la región sobre el comportamiento hídrico

local.

1.5.3.2 Procesamiento de información y resultados

En esta etapa se identifican las metodologías a desarrollar para la generación de datos consistentes y resultados óptimos.

Dentro del presente estudio se realizaron los siguientes pasos:

- 1 Se seleccionaron las estaciones hidrometeorológicas a nivel de cuencas, subcuencas y microcuencas, para definir el comportamiento hidrológico de los cuerpos de agua que se encuentran vinculados en el desarrollo del presente proyecto.
- 2 Se realizaron cálculos estadísticos para obtener consistencia en los datos reportados por las estaciones y ajustar datos dudosos debido a las técnicas de medición o a fallas en los equipos utilizados.
- 3 Se realizó un análisis probabilístico de las series de datos de caudal, con el fin de establecer la distribución a las cual se ajustaban.
- 4 Se obtuvieron resultados del comportamiento hidrológico en las cuencas de interés (caudales medios, mínimos y máximos), a través del análisis de las series de caudales.
- 5 Se evaluaron los resultados obtenidos de caudales, con el fin de obtener caudales ambientales, de gran importancia en el sostenimiento de los sistemas que allí se desarrollan.

1.5.4 Calidad de agua

Para el desarrollo del componente de calidad de agua se desarrollaron tres (3) fases, a saber, precampo, campo y poscampo.

1.5.4.1 Fase precampo

En esta fase se identificaron las corrientes a las cuales se les realizaría seguimiento o monitoreo de la calidad del agua; a partir de herramientas geoespaciales como Google Earth®, se definieron los posibles puntos de monitoreo. Con la información secundaria de estudios realizados previamente, tales como los POMCA y los POT de los municipios, se identificó de manera preliminar la calidad de las corrientes objeto de estudio.

1.5.4.2 Fase de campo

En esta etapa se hizo la verificación de accesibilidad a los puntos de monitoreo de calidad de agua previamente establecidos. Una vez realizada esta actividad se procedió a concertar el monitoreo con el laboratorio Corporación Integral del Medio Ambiente (CIMA) acreditado por el IDEAM a través de la resolución 908 de 2014. En total se caracterizaron cuatro puntos: dos sobre el río Bogotá, uno sobre el río Neusa y otro sobre el río Chécua.

Los monitoreos puntales se realizaron en una jornada, teniendo en cuenta el instructivo de recolección de muestras del IDEAM el día 11 de diciembre de 2014. De acuerdo con el informe entregado por CIMA, a continuación se presenta la metodología planteada para la realización de los muestreos y el análisis del laboratorio. Se aclara que los parámetros que están resaltados se midieron in situ (Tabla 1-34).

Tabla 1-34 Métodos utilizados en el análisis de laboratorio de calidad de agua

| Parámetro | Unidad de medida | Método Analítico |
|------------------------|------------------|---------------------------|
| Temperatura | °C | SM 2550 B |
| pH | Unidades de pH | SM 4500 H+B |
| Oxígeno disuelto | mg/L | SM 4500 O C |
| Sólidos disueltos | mg/L | SM: 2540 C EPA: 160,1 |
| Sólidos sedimentables | mL/L | SM 2540 F |
| Conductividad | µS/cm | SM 2510 B |
| Acidez total | mg/L | SM 2310 B |
| Alcalinidad total | mg/L | SM 2320 B |
| Arsénico | mg/L | SM 3030 E EM 3113 B |
| Bicarbonatos | mg/L | SM 2320 B |
| Cadmio | mg/L | SM 3030 E SM 3111 B |
| Calcio | mg/L | SM 3111 D |
| Carbono orgánico total | mg/L | SM 5310 C |
| Cloruros | mg/L | SM 4500 – CIB |
| Coliformes fecales | NMP/100mL | SM 9221 E |
| Coliformes totales | NMP/100mL | SM 9223 B |
| DBO5 | mg/L | SM 5210 B SM 4500 – OG |
| DQO | mg/L | SM 5220 D |
| Fenoles totales | mg/L | SM 5530 B |

| Parámetro | Unidad de medida | Método Analítico |
|-----------------------------|------------------|--|
| | | SM 5530 D |
| Fosfatos | mg/L | SM 4500 – PE |
| Fósforo inorgánico | mg/L | SM 4500 – PB SM 4500 – PE |
| Fósforo orgánico | mg/L | SM 4500 – PB SM 4500 – PE |
| Grasas y aceites | mg/L | SM 5520 C |
| Hidrocarburos totales | mg/L | SM 5520 C SM 5520 F |
| Hierro total | mg/L | SM 3030 E SM 3111 B |
| Magnesio | mg/L | SM 3111 B |
| Mercurio | mg/L | SM 3112 B |
| Nitratos | mg/L | SM 4500 – NO ₃ B |
| Nitritos | mg/L | SM 4500 – NO ₂ B |
| Nitrógeno amoniacal | mg/L | SM 4500 – NH ₃ B SM 4500 – NH ₃ C |
| Olor | - | Organoléptica |
| Pesticidas organoclorados | mg/L | EPA 80181 AYB SM 6630 BYC |
| Pesticidas organofosforados | mg/L | EPA 8141 B SM 3510 C |
| Plomo | mg/L | SM 3030 E SM 3111 B |
| Potasio | mg/L | SM 3111 B |
| Sabor | - | Organoléptica |
| Selenio | mg/L | SM 3030 E SM 3113 B |
| Sodio | mg/L | SM 3111 B |
| Sólidos suspendidos totales | mg/L | SM 2540 D |
| Sólidos totales | mg/L | SM 2540 B |
| Sulfatos | mg/L | SM 4500 – SO ₄ ²⁻ E |
| Tensoactivos | mg/L | SM 5540 C |
| Turbiedad | NTU | SM 2130 B |

Fuente: CIMA⁹. Adaptado por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2015.

Por otra parte, la Tabla 1-35 presenta los requerimientos de manipulación para la preservación de muestras.

⁹ CORPORACIÓN INTEGRAL DEL MEDIO AMBIENTE. Informe de monitoreo fisicoquímico e hidrobiológico en los río Neusa, Chécua y Bogotá. Bogotá, CIMA, 2014.

Tabla 1-35 Requerimientos de manipulación para la preservación de las muestras

| Análisis | Preservación | Tiempo máximo de conservación | Envase | Mínima Cantidad (mL) |
|-----------------------------|---|-------------------------------|--------|----------------------|
| Temperatura | Inmediato | Inmediato | P, V | NA |
| pH | Inmediato | Inmediato | P, V | 50 |
| Conductividad | Refrigerar | 7 días | P, V | 500 |
| Sólidos sedimentables | Refrigerar | 7 días | P, V | 1000 |
| Oxígeno disuelto | Fijación | 8 h | V | 200 |
| DBO ₅ | Refrigerar | 48 h | P, V | 1000 |
| DQO | H ₂ SO ₄ pH<2 Refrigerar | 28 días | V | 100 |
| Sólidos suspendidos totales | Refrigerar | 7 días | P, V | 200 |
| Sólidos totales | Refrigerar | 7 días | P, V | 200 |
| Bicarbonatos | Refrigerar | 14 días | P, V | 1000 |
| Cadmio | HNO ₃ pH<2 Refrigerar | 6 meses | P, V | 1000 |
| Cloruros | Ninguno | 28 días | P, V | 200 |
| Fosfatos | H ₂ SO ₄ pH<2 Refrigerar | 1 mes | V | 2000 |
| Fósforo inorgánico | H ₂ SO ₄ pH<2 Refrigerar | 1 mes | V | 2000 |
| Fósforo orgánico | H ₂ SO ₄ pH<2 Refrigerar | 1 mes | V | 2000 |
| Magnesio | HNO ₃ pH<2 Refrigerar | 6 meses | P, V | 1000 |
| Nitratos | H ₂ SO ₄ pH<2 Refrigerar | 48 h | P, V | 100 |
| Nitritos | Refrigerar | 48 h | P, V | 100 |
| Nitrógeno amoniacal | H ₂ SO ₄ pH<2 Refrigerar | 28 días | P | 500 |
| Plomo | HNO ₃ pH<2 Refrigerar | 6 meses | P, V | 1000 |
| Sodio | HNO ₃ pH<2 Refrigerar | 6 meses | P, V | 1000 |
| Grasas y aceites | H ₂ SO ₄ o HCl pH<2 Refrigerar | 28 días | V | 1000 |
| Coliformes fecales | 0,2 mL Tiosulfato 3% Refrigerar | 12 h | P, V | 200 |
| Coliformes totales | 0,2 mL Tiosulfato 3% | 12 h | P, V | 200 |

| Análisis | Preservación | Tiempo máximo de conservación | Envase | Mínima Cantidad (mL) |
|-------------|------------------------|-------------------------------|--------|----------------------|
| | Refrigerar | | | |
| Turbidez | Refrigerar a oscuridad | 48 h | P, V | 100 |
| Acidez | Refrigerar | 14 días | P, V | 100 |
| Alcalinidad | Refrigerar | 14 días | P, V | 200 |

Fuente: *Ibíd.* Adaptado por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2015.

1.5.4.3 Fase poscampo

Basados en los resultados de laboratorio, se hizo un análisis de los parámetros de calidad de agua monitoreados teniendo como punto de referencia la norma de calidad de agua vigente (Decreto 1594 de 1984). Adicionalmente, se calcularon varios índices de calidad de agua que se enlistan a continuación:

A Índice de Contaminación por Materia Orgánica (ICOMO)

Este índice se calcula teniendo en cuenta la DBO_5 , la cantidad de coliformes totales y el porcentaje de saturación de oxígeno. Su fórmula de cálculo se muestra a continuación:

$$ICOMO = \frac{1}{3}(I_{DBO} + I_{Coliformes} + I_{Oxígeno \%})$$

Donde:

$$I_{DBO} = -0.05 + 0.70 \log_{10} DBO \text{ (mg/L)}$$

$$DBO > 30 \text{ mg/l} = 1$$

$$DBO < 2 \text{ mg/l} = 0$$

$$I_{Coliformes \text{ Totales}} = -1.44 + 0.56 \log_{10} Col. Tot \left(\frac{NMP}{100} ml \right)$$

$$Coliformes \text{ totales} > 20.000 \text{ (NMP/100ml)} = 1$$

$$Coliformes \text{ totales} < 500 \text{ (NMP/100 ml)} = 0$$

$$I_{Oxígeno \%} = 0.01 \text{ Oxígeno\%} - 1$$

Oxígenos (%) mayores a 100% tiene un índice de oxígeno de 0.

B Índice de Contaminación por Sólidos Suspendidos (ICOSUS)

Su cálculo se basa en la concentración de sólidos suspendidos medida en el cuerpo de agua:

$$ICOSUS = -0.02 + 0.0003 \text{ Sólidos Suspendidos (mg/L)}$$

Sólidos suspendidos > 340 mg/l tienen un ICOSUS =1

Sólidos suspendidos < 10 mg/l tienen un ICOSUS =0

La caracterización de los índices de contaminación está dada de acuerdo a la siguiente escala:

Tabla 1-36 Índices de contaminación

| ICO | Grado de contaminación | Escala de color |
|------------|------------------------|--|
| 0 – 0,2 | Ninguna |  |
| >0,2 – 0,4 | Baja |  |
| >0,4 – 0,6 | Media |  |
| >0,6 – 0,8 | Alta |  |
| >0,8 – 1,0 | Muy Alta |  |

Fuente: Ramirez¹⁰. Adaptado por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2015.

1.5.5 Sismicidad

1.5.5.1 Zonificación sísmica

Para desarrollar este eje temático, se tomaron como base, en primer lugar, el *Estudio General de Amenaza Sísmica de Colombia*, realizado por la Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica en el 2009, y el *Mapa Nacional de Amenaza Sísmica, periodo de retorno 475 años*, realizado por INGEOMINAS y la Universidad Nacional de Colombia en el año 2010.

¹⁰ RAMIREZ, A. Índices de contaminación para caracterización de aguas continentales y vertimientos. Formulación. En: C.T.F Cienc. Tecnol. Futuro. vol. 1. (enero, 1999); ISSN 0122-5383.

A Metodología

Para garantizar la seguridad de una estructura en una zona propensa a eventos sísmicos, es necesario determinar una intensidad máxima del movimiento del terreno, debido a que estos eventos pueden ocurrir en un tiempo de exposición o ventana de tiempo determinados. Dicho tiempo de exposición está directamente relacionado con la vida útil de las estructuras. Ya definido un nivel de riesgo aceptable, es posible estimar un período de retorno, que es una manera común de expresar ambas características a través de un solo parámetro.

En general, se utilizan períodos de retorno considerablemente largos, para los cuales no siempre se tiene información completa. Debido a esto, el valor máximo de intensidad se calcula estadísticamente utilizando la información histórica e instrumental. La definición de la probabilidad de exceder el parámetro de intensidad del movimiento, depende de las condiciones locales en donde se está realizando la evaluación.

B Procedimiento

La forma más común de expresar la amenaza sísmica de un lugar, es a través de la probabilidad de excedencia de un parámetro típico. Para el caso de las Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente, se llevó a cabo la estimación de los parámetros A_a , A_v , A_e y A_d . Los dos primeros se encuentran asociados con el sismo de diseño, mientras que los otros dos corresponden al sismo de seguridad limitada y de umbral de daño, respectivamente.

El sismo de diseño se encuentra establecido para que el nivel de amenaza tenga una probabilidad de excedencia del 10%, en una vida útil de la estructura de 50 años; el sismo de seguridad limitada tiene asociada una probabilidad de excedencia del 20% en 50 años; y el sismo de umbral de daño tiene una probabilidad de excedencia del 80% en 50 años.

La probabilidad de excedencia se puede asociar con el periodo de retorno, siendo este el tiempo medio de recurrencia en años de un evento que tiene una aceleración horizontal mayor o igual a a_0 .

1.5.6 Fauna

Con el objeto de realizar una aproximación al estado de la fauna silvestre, en el área de influencia del proyecto se adelantaron dos fases: La primera consistió en la búsqueda de información secundaria; y la segunda, en una expedición de campo con faenas de captura de animales, pesquisa de rastros, presencia de los mismos e información popular aportada por la comunidad rural. Básicamente, se pretende conocer la riqueza de la fauna silvestre en la zona, su relación con las coberturas, sus gremios tróficos, grado de sensibilidad (amenaza, endemismo, migración) y los posibles usos por parte de los pobladores.

1.5.6.1 Revisión de información secundaria

Se revisó la información existente sobre la fauna silvestre de la región andina con prelación de elementos pertenecientes a la sabana de Bogotá. La búsqueda de información se enfocó en el área de influencia directa del proyecto, es decir, en los municipios de Tocancipá, Gachancipá, Zipaquirá, Suesca, Cogua, Sesquilé y Nemocón. Para ello, se contó con la información de bases de datos como el Sistema de Información Sobre Biodiversidad de Colombia SIB*, documentos de las Autoridades Ambientales como el Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca hidrográfica del río Bogotá¹¹ y las colecciones del Instituto de Ciencias Naturales (ICN) de la Universidad Nacional de Colombia.

También se acudió a la consulta de publicaciones científicas de varios autores, quienes reportan la composición y estructura de las especies de vertebrados terrestres presentes en el área del proyecto. Adicionalmente, se consultó la categoría de amenaza de cada especie en la Resolución 0192 de 10 febrero de 2014, “por la cual se establece el listado de las especies silvestres amenazadas de la diversidad biológica colombiana que se encuentran en el territorio nacional y se dictan otras disposiciones”, del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible; y en la Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza, UICN (2014); así mismo, en los libros rojos de cada grupo y los apéndices establecidos por Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES)¹².

* Disponible online a través de <http://www.sibcolombia.net/>

¹¹ CAR. Plan de Ordenación y manejo de la cuenca hidrográfica del Río Bogotá. Bogotá: CAR, 2006. 737 pp.

¹² CONVENCIÓN SOBRE EL COMERCIO INTERNACIONAL DE ESPECIES AMENAZADAS DE FAUNA Y FLORA SILVESTRES (CITES). Apéndices I, II y III. Ginebra: Maison internationale de l'environnement. 2013. Pp. 47;

1.5.6.2 Fase de campo

A Sitios de muestreos

Con base en fotografías satelitales se determinaron los diferentes tipos de coberturas presentes en el área destinada a la ubicación de la Subestación Norte y las líneas de transmisión 115 kV, de tal manera que se seleccionaron las de mayor relevancia para la fauna (como la vegetación nativa o las plantaciones forestales, entre otras) para ser objeto de los muestreos.

En cada cobertura se llevaron a cabo recorridos libres y se ejecutaron las diferentes metodologías para la captura de los cuatro (4) grupos de fauna terrestre a estudiar (aves, mamíferos, reptiles y anfibios), de acuerdo con lo establecido en el Permiso de Investigación Científica Número 005 del 18 de noviembre de 2014 otorgado por la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR).

Para el estudio de la avifauna se realizaron recorridos, con el objeto de levantar evidencias de la presencia de las especies faunísticas regionales. Igualmente, se instalaron redes de niebla en sitios estratégicos para el paso de las aves (como filos de montañas) y se operaron entre las 05:30 y 11:00 horas y, luego, entre las 15:00 y 18:30 horas. Es importante resaltar que las redes fueron cerradas en condiciones de lluvia, debido a que las bajas temperaturas podían afectar a las aves.

Para la captura de murciélagos también se utilizaron redes de niebla con ojo de malla de 30 mm, las cuales permanecieron abiertas durante aproximadamente tres (3) horas cada día (18:00-21:00 horas), de acuerdo con la actividad de los organismos y las condiciones meteorológicas. Para los mamíferos no voladores, se realizó la captura mediante la instalación de trampas Sherman y Tomahawk, ubicadas en sitios estratégicos como cerca de senderos realizados por los individuos. De manera adicional, se usó una cámara trampa con sensor de movimiento y calor para el registro de especies crípticas que tienen poca captura o nula en otro tipo de trampas, la cual fue instalada en sitios con algún rastro de mamíferos, como excretas, cuevas, o huellas no identificables. Finalmente, se realizaron caminatas por bordes de cualquier cuerpo de agua, con el fin de buscar e identificar huellas, las cuales, después de encontradas, fueron medidas, fotografiadas y georreferenciadas.

El estudio de la herpetofauna se basó en un diseño aleatorio de caminatas, haciendo búsqueda por encuentro visual cronometrado en las diferentes coberturas definidas en el área de influencia directa del proyecto. Todas las coberturas y puntos de captura fueron georreferenciados. Se hizo búsqueda diurna y nocturna de organismos cerca del agua,

entre la hojarasca y raíces, bajo piedras, troncos, ramas, hojas, entre la corteza de los árboles, sobre el piso y entre epífitas.

La determinación taxonómica de los ejemplares se realizó con la ayuda de guías especializadas y claves dicotómicas y ecológicas extraídas de diferentes referencias bibliográficas. Ningún organismo capturado fue recolectado, ya que la identificación de todos los individuos se realizó en campo. Finalmente, para complementar la información obtenida mediante capturas y observaciones directas, se levantó información popular a través de encuestas con la comunidad del área de influencia. En esta tarea se contó con ayuda de láminas a color especializadas ^{13,14,15}.

1.5.7 Flora, cobertura vegetal e inventario forestal

La caracterización de la cobertura vegetal para las Áreas de Influencia Directa e Indirecta, se realizó según los *Términos de Referencia para el Estudio de Impacto Ambiental de Proyectos de tendido de líneas de transmisión conformado por el conjunto de líneas asociados, que operan a tensiones menores de 220 kV y que no pertenecen a un sistema de distribución local*, de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR) del año 2012.

La metodología presenta las técnicas llevadas a cabo para el levantamiento de información primaria, para la recolección de datos y las técnicas para procesar y analizar la información obtenida.

1.5.7.1 Identificación, sectorización y descripción de las zonas de vida o formaciones vegetales del AID

La determinación de las Zonas de Vida se realizó con la información climática de la zona de estudio, para interpolar bio-temperatura, precipitación y humedad relativa, con dichos datos, utilizando la metodología de Holdridge, se estableció qué Zona de Vida tiene el área y las características particulares de los tipos de vegetación.

¹³ EMMONS, L. & FEER, F. Neotropical rainforest mammals: a field guide. (Second edition.) University of Chicago Press, Chicago, Illinois 60637, USA. 396 pp including 72 pages of plates. ISBN 0-226-20719-6. 1997.

¹⁴ CASTRO, F.; URIBE, C. & GARCÉS, D. M. Anfibios y Reptiles del Llano. Naturaleza de la Orinoquia. Editorial: Cristina Uribe Ediciones. 1994. ISBN: 9589543928.

¹⁵ HILTY, S., & BROWN, W. A Guide to the Birds of Colombia. New Jersey: Princeton University Press. 1986.

1.5.7.2 Identificación, sectorización y descripción de los diferentes tipos de cobertura de la tierra

Para la identificación y caracterización de las coberturas, se siguieron los criterios de definición de las coberturas de la tierra, establecidos según la *Metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia* en el 2010. Este documento establece las unidades de cobertura naturales y artificializadas que pueden presentarse en el área de influencia del proyecto; para ello, se establecieron puntos de control en campo, utilizados para la comprobación de aquellas áreas previamente identificadas en la imagen satelital.

1.5.7.3 Identificación de ecosistemas terrestres

Esta identificación se hizo mediante la sobreposición de mapas temáticos de coberturas vegetales y biomas del IDEAM, del año 2007. En esta actividad se identificaron las áreas protegidas a nivel nacional (Parques Nacionales Naturales), regional (departamentos y CAR) y local (municipios y sociedad civil).

Se generó un mapa temático, según el esquema metodológico del *Mapa de Ecosistemas Continentales, Costeros y Marinos de Colombia* (IDEAM, IGAC, IAvH, Invermar, I. Sinchi e IIAP. 2007), a escala 1:25.000 o mayor.

1.5.7.4 Caracterización estructural y de composición de las unidades vegetales de cobertura de la tierra

La caracterización estructural y composición florística se aplicó para las unidades de coberturas naturales identificadas que contenían elementos arbóreos (árboles con DAP mayor a 10 cm). Esta caracterización se realizó en tres fases, una previa o de preparación, una de campo o de inventario y otra de análisis de información en oficina.

A Fase previa o de preparación

Una vez interpretada la imagen del proyecto, se determinaron las coberturas de la tierra y se indicaron aquellas que presentaban cobertura boscosa y que podían ser objeto de inventario forestal estadístico para su caracterización estructural.

En cuanto al área de influencia directa, se realizó un inventario forestal al 100%, donde se identificaron todos los fustales que estaban dentro de las coberturas vegetales presentes. Este inventario forestal sirvió además para determinar los volúmenes que requieren ser removidos.

B Fase de campo, inventario forestal

En la fase de campo se corroboraron los árboles que efectivamente estaban en el área de estudio con ayuda de los mapas de coberturas de la tierra y los polígonos del área de influencia tanto directa como indirecta.

El establecimiento de las parcelas para la caracterización florística estructural se realizó de manera sistemática, georreferenciando el punto inicial y final de cada parcela, marcando con pintura todos los fustales inventariados de forma consecutiva. Para el levantamiento de campo y para la identificación de especies se contó con auxiliares residentes de la zona (baquianos) que realizaron labores de apoyo en el inventario. Se tomaron como parcelas las franjas del inventario forestal realizado en las coberturas naturales más representativas de las áreas de influencia. El corredor inventariado tiene un ancho de 30 metros; la longitud de las coberturas superó en varios casos los 100 m de largo, lo que representó un buen número de individuos por unidad de muestreo.

Para regeneración natural se levantaron sub-parcelas de 5 x 5 m (latizales) y 2 x 2 m (brinzales). La intensidad del muestreo fue del 5% para el estrato fustal y 2% para latizales.

En el caso del inventario al 100% para el Plan de Manejo Ambiental, el procedimiento del levantamiento forestal consistió en recorrer el área de influencia directa del proyecto, identificando los árboles que se encontraban dentro del rango establecido, es decir, árboles con DAP mayor a 10 centímetros.

I Parámetros de medición

Para el levantamiento forestal, se realizó una estratificación inicial, según la altura de los individuos en fustales, árboles con diámetro a la altura del pecho (DAP) mayor a 10 cm; latizales con alturas entre 1,5 y 3 m; y la cuantificación de brinzales como individuos con altura menor 1,5 m. Las variables morfométricas se anotaron en el formato de inventario para fustales y latizales e incluyeron altura (total y comercial), circunferencia del fuste a la altura del pecho (CAP) y diámetros de copa. Estas variables se anotaron en campo mediante el uso del dispositivo de captura de texto del Sistema de Posicionamiento Global (GPS).

Adicionalmente, los datos tomados en el formulario diseñado para el inventario fueron los siguientes:

- Nombre del proyecto
- Municipio
- Vereda
- Coordenadas geográficas parcela (inicial y final) MAGNA-SIRGAS Origen Bogotá
- Fecha de toma de datos
- Responsable de la toma de datos
- Altura sobre el nivel del mar (m s.n.m.)
- Unidad de cobertura
- Número de parcela

Formulario para fustales:

- Número del árbol
- Nombre común
- Especie
- Altura total en metros
- Altura comercial en metros
- CAP en centímetros
- Diámetro de copa en metros
- Observaciones

II Ubicación de árboles

Cuando un árbol se encuentra dentro del rango establecido de medición, se requiere la referenciación dentro del área de estudio, con el fin de hacer seguimiento a los individuos, esto se hace identificando la posición dentro del área de estudio de acuerdo con los ejes principales X y Y (coordenadas); esta ubicación es indispensable para la revisión de la ubicación de árboles y su posterior mapeo.

III Diámetros

La medición de los diámetros para los árboles de los estratos fustales y latizales, se realizó utilizando una referencia de 1,3 metros de altura, esta medición es conocida como DAP (Diámetro a la Altura del Pecho) y es necesaria para poder hacer seguimiento a los árboles ya que la forma no es cilíndrica y el diámetro varía con la altura. Esta medida se realizó con una cinta métrica sobre la circunferencia del árbol a 1,3 metros de altura, esto se conoce como CAP y tiene una relación directa con el DAP que puede ser calculado posteriormente. Con el DAP se calcularon el área basal y los volúmenes de cada árbol; de igual forma, se realizó la medición del diámetro de las copas de cada árbol, esta se llevó a cabo midiendo

la proyección de la copa del árbol sobre el piso en los dos ejes del árbol, el resultado de la medición permitió calcular la cobertura de los árboles y fue requerida para construir los perfiles de vegetación.

IV Alturas

La medición de las alturas es otro parámetro indispensable para los estudios de caracterización de cobertura vegetal, con este parámetro se calculó el volumen de cada árbol. La altura total se midió desde la base del árbol hasta el ápice, y la altura comercial se midió desde la base del árbol hasta la altura de la base de la copa del árbol o hasta donde se pudiesen obtener productos maderables.

V Recolección y preservación de material vegetal recolectado

Cuando es necesario coleccionar una muestra botánica para su posterior identificación por un profesional especializado, se debe seguir el procedimiento que se describe a continuación para garantizar que la muestra botánica sea útil y pueda ser incluida en las colecciones botánicas de los herbarios.

- **Recolección de información del individuo**

En la libreta de campo se deben anotar todas las características útiles para la identificación del árbol, dándole mayor importancia a las características que no pueden ser conservadas junto a la muestra botánica, como el color de las hojas y flores, presencia de exudados, características de la corteza, características importantes del lugar de recolección y especies circundantes y coordenada de ubicación. Es importante que en esta actividad las especies lleven una numeración de colecta para poder ingresarlas a un herbario.

- **Toma de la muestra botánica**

Las muestras deben ser cortadas del árbol utilizando herramientas adecuadas para tal fin; cuando se puede acceder fácilmente a la muestra, se pueden utilizar tijeras de podar; cuando se encuentre muy alta o cuando el acceso es muy difícil un trabajador en alturas, puede utilizarse una desjarretadora. Las herramientas de corte deben estar bien afiladas y desinfectadas para evitar posibles afectaciones al árbol.

La muestra botánica debe cumplir con características mínimas para que puedan ser identificadas en campo como ramificación de las hojas, presencia de nudos, exudados, espículas etc. y características reproductivas como flores, frutos, se recomienda tomar dos

o más ramas, que tengan sus estructuras completas.

Aquellas especies que no logren ser identificadas en campo y se requiera una confirmación serán almacenadas temporalmente en bolsas plásticas, de tamaño adecuado y deben ser claramente rotuladas con el número de colecta para poder ser correctamente identificadas y poder hacer un adecuado seguimiento del proceso. Las muestras pueden ser transportadas en lonas grandes hasta que pueda hacerse el procedimiento de conservación.

- **Conservación de muestras botánicas**

Las muestras colectadas en campo deben ser procesadas rápidamente para evitar su deterioro. Una vez se regrese de campo o cuando sea posible acceder a un lugar cómodo de trabajo, se inicia el proceso de conservación. Este consiste en aplicar alcohol isopropílico al 10% sobre la muestra para evitar la presencia de hongos; además se debe acomodar la muestra en un pliego de papel periódico de aproximadamente 60 x 70 cm o en más pliegos para que absorba el exceso de humedad y proteja las estructuras. Cuando se alcoholice y empapelen todas las muestras colectadas durante la jornada, deben ser prensadas para que conserven su forma durante el secado.

En este proceso debe garantizarse que la muestra conserve su número de colecta, ya sea marcando la muestra con cinta de enmascarar y/o rotulando el papel que la contiene con los datos recogidos en campo como fecha, lugar de colecta, preservante, nombre común.

VI Identificación de las muestras

Las muestras recibidas por los herbarios para identificación son analizadas por los botánicos especialistas que, según las características observadas y las anotadas en la libreta de campo, establecen de forma sistemática los grupos a los que cada muestra pertenece, la familia botánica, el género y la especie. Cuando se han identificado las muestras, el herbario remite el listado de especies utilizando el número de colecta y su nombre científico, este nombre identifica la especie a nivel mundial. El nombre científico está compuesto por el género de la especie y el epíteto específico.

VII Ingreso de las muestras a las colecciones botánicas

Las muestras que son correctamente colectadas e identificadas pueden ser incluidas en las colecciones botánicas de los herbarios, para ello deben ser montadas adecuadamente siguiendo los parámetros establecidos por los mismos. Las muestras entran a un proceso de secado en horno para quitar cualquier contenido de humedad que pueda existir, ya que

la humedad puede provocar el ataque de hongos sobre la muestra y dañarla.

El montaje se realiza sobre una cartulina Bristol de color blanco y se fija con cinta de papel o hilo blanco, de tal forma que se fije completamente a la cartulina y que permita ver claramente las características de las muestras. Las muestras montadas son etiquetadas por el herbario, esta etiqueta contiene datos básicos de la muestra que la identifican (familia botánica, género, especie, nombre común en la zona de recolección, fecha y sitio de colecta, características de la planta que no pueden ser vistas en la muestra, número y nombre del colector y de quien la identifico y los usos conocidos), las muestras colectadas y montadas son protegidas con papel pergamino y conservadas en carpetas de cartulina. En el país los herbarios más conocidos y las colecciones más grandes se encuentran en instituciones educativas como la Universidad Nacional (COL), herbario de la Universidad de Antioquia (HUA) y el Herbario de la Universidad Distrital (UDBC).

VIII Determinación del uso de las especies

La identificación del uso de las especies que sean muestreadas para cada una de las coberturas vegetales se realiza a partir de la información de la población local, mediante la utilización de literatura especializada y registros de páginas oficiales en Internet, como herbarios nacionales y regionales. Toda la información obtenida se adapta a las condiciones establecidas por la ANLA (Autoridad Nacional de Licencias Ambientales) en su sistema de bases de datos geográficas (Geodatabase).

C Fase de procesamiento de la información

La información levantada en campo se analizó con el fin de determinar los parámetros estructurales de las coberturas vegetales naturales estudiadas. Con estos datos se estimó la riqueza de la cobertura vegetal, las especies de importancia ecológica, la distribución de los árboles. Además, se calcularon los volúmenes comerciales y totales aprovechables por cobertura.

1.5.7.5 Estructura de las unidades de cobertura vegetal

El estudio de la vegetación se presenta mediante la descripción y comparación de categorías o variables. Las variables describen el comportamiento, la abundancia o la dominancia de la comunidad vegetal; estas son de carácter discreto y se establecen a partir de los datos tomados en campo. Mediante las variables que se presentan a continuación se pueden hacer comparaciones con otros estudios de las comunidades vegetales.

A 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.

B Abundancia relativa

Indica el porcentaje de participación de cada especie, referida al número de árboles totales encontrados.

$$AR = \left(\frac{Aa}{At} \right) * 100$$

Aa = número de individuos por especie en el área inventariada.

At = número de individuos total en el área Inventariada.

C Frecuencia

Es la probabilidad de encontrar uno o más individuos en un área inventariada particular. Se expresa como porcentaje del número de unidades muestrales en las que el atributo aparece en relación con el número total de unidades muestrales.

$$F = \frac{U}{T} * 100$$

Donde:

F: Frecuencia

U: Unidades en las que el atributo aparece

T: Total de unidades muestrales

$$FR = \frac{Fa}{Ft} * 100$$

Donde:

FR: Frecuencia relativa

Fa: frecuencia absoluta

Ft = Suma de las frecuencias absolutas

D Dominancia o cobertura

Se refiere a la cobertura de una especie, se relaciona con la proporción de terreno ocupado por la proyección perpendicular de las partes aéreas de los individuos de la especie considerada. Para evitar la subjetividad de la medición de las partes aéreas se utiliza el área basal como método para calcular la dominancia. Por ello se presenta la fórmula del área basal.

$$D = \Sigma \left[\left(\frac{\pi}{4} \right) * DAP^2 \right]$$

Donde:

π = Constante 3.141593

DAP = Diámetro a la altura del pecho

La dominancia relativa se calcula como la proporción de cada especie en relación a toda el área evaluada en términos porcentuales

$$DR = \left(\frac{DA}{At} \right) * 100$$

Donde:

DA = dominancia absoluta de cada especie.

At = área basal total en el área inventariada.

Índice de Valor de Importancia (IVI): El coeficiente más utilizado es el índice de importancia de Cottam, que es la suma de la frecuencia relativa, la abundancia relativa y dominancia relativa, y refleja el valor de importancia ecológica relativa de cada especie.

$$I.V.I. = AR + FR + DR$$

E Diagrama de Ogawa

Este es un método cuantitativo de descripción de la vegetación usado para detectar la presencia de estratos, generando una gráfica con las alturas totales en las ordenadas y las alturas a la base de la copa en las abscisas, la aparición de grupos 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.

F Análisis de la composición

Para cada una de las coberturas muestreadas se establece las especies identificadas mediante un listado en el que se presenta a nivel de familia, género y especie, relacionando el número de individuos para cada una de ellas, en cada uno de los estratos establecidos (fustal, latizal y brinzal).

G 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 riqueza se define como el número de *taxa* que tipifican una localidad, región o parcela¹⁶.

$$CM = \left(\frac{Ns}{Na} \right) * 100$$

Donde:

Ns = Número de especies

Na = Número de árboles

CM = 1, es el mayor valor de este coeficiente, lo que quiere decir que cada individuo nuevo es una especie nueva para el inventario, pero a su vez determina el grado de homogeneidad o heterogeneidad del bosque

¹⁶ Rangel-Ch, J.O., & A. Velázquez, Métodos de estudio de la vegetación.1997.

H Índice de Heterogeneidad de Shannon-Wiener

Este índice se basa en la teoría de la información (mide el contenido de información por símbolo de un mensaje compuesto por S clases de símbolos discretos cuyas probabilidades de ocurrencia son $p_1...p_S$) y es probablemente el de empleo más frecuente en ecología de comunidades.

$$H = - \sum (p_i \times \ln p_i)$$

Donde:

p_i = Abundancia de cada una de las especies (n_i/N)

n_i = Número de individuos inventariados para la especie i

N = Número total de individuos inventariados

\ln = Logaritmo neperiano

H' = Índice de Shannon-Wiener que en un contexto ecológico, como índice de diversidad, mide el contenido de información por individuo en muestras obtenidas al azar provenientes de una comunidad “extensa” de la que se conoce el número total de especies S .

I Índice de Riqueza Específica de Margalef

Esta expresión matemática correlaciona el número de especies respecto al número de individuos de la comunidad muestreada, a partir de estos datos obtenemos la siguiente ecuación:

$$DMg = S - 1 / \ln N$$

n = Número de individuos

S = Número de especies

I Índice 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.

$$\lambda = \sum p_i^2$$

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 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.

J Cálculo de volumen

Con base en la información levantada en el inventario forestal, se realizara el cálculo del área basal, volumen comercial y volumen total de cada cobertura vegetal, mediante la utilización de las siguientes formulas:

$$G = \frac{\pi}{4} (DAP)^2$$

$$V_{total/comercial} = G \times H \times Ff$$

Donde:

G= Área basal

V (t/c)= Volumen total/Volumen comercial

H (t/c)= Altura total/Altura comercial

Ff= Factor forma (que se definió como 0,65)

El factor forma es un porcentaje del valor calculado del volumen para cada árbol, la fórmula utilizada se basa en el cálculo de un cilindro perfecto, es decir, que el diámetro en la base es igual al diámetro superior; sin embargo, el tronco de los arboles no presenta una conicidad perfecta, razón por la cual esta suposición debe ser tomada en cuenta para aproximar los resultados a volúmenes reales.

La estimación del factor de forma para el ajuste de los volúmenes totales y comerciales del inventario forestal se determinó con base en la existencia principalmente de especies latifoliadas de porte bajo, en las cuales, según el Inventario Nacional Forestal (2007-2008), es de 0,7; y en el caso de las coníferas es de 0,45. Dado que las especies características de las coberturas naturales estudiadas presentan características típicas del bosque andino, como alturas bajas, ramificaciones excesivas y DAP pequeños, se determinó el uso del factor forma 0,65.

Según la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo (USAID) en su Documento Técnico 54 /1997, este factor es el utilizado en los proyectos Bolfor, cuando no es posible realizar cálculo de tablas de volumétricas y/o factor forma, ya que estos procedimientos requieren mediciones de árboles aprovechados, que en caso de estudios ambientales es inviable. De igual forma la Guía Práctica para la cubicación de Maderas del proyecto Posicionamiento de la Gobernanza Forestal en Colombia, establece el factor forma de 0,65, como en factor utilizado generalmente para calcular volumen de árboles en pie.

1.5.8 Paisaje

Las unidades de paisaje son áreas geográficas con una configuración estructural, funcional o perceptivamente diferenciada, única y singular, que las definen a lo largo del tiempo.

La identificación de unidades de paisaje para el proyecto se ejecutó en tres fases:

- Actividades de precampo
- De campo
- Procesamiento y análisis de información

1.5.8.1 Fase 1: actividades precampo

La primera fase, corresponde a la consecución de información existente sobre el proyecto, con la cual se realiza la planeación de las actividades de campo. A continuación se describen estas actividades:

A Recopilación de información secundaria

La información existente necesaria para iniciar el análisis de paisaje requiere la identificación de características propias y diferenciadas en el área de estudio, para esto se utilizó la información generada mediante la interpretación de coberturas vegetales para el área de estudio, la determinación de unidades geomorfológicas y localización específica del proyecto (ubicación geográfica e infraestructura). Estas características facilitaron la clasificación de unidades de paisaje.

B Construcción de unidades de paisaje preliminares

Por medio del uso de herramientas para el Sistema de Información Geográfica, SIG, se realizó el cruce y superposición de las capas de unidades geomorfológicas determinadas y la capa de coberturas de la tierra clasificadas utilizando la Leyenda Nacional de coberturas

de la tierra, metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia en el año 2010. Como resultado de esta superposición, se obtuvo el mapa preliminar de las unidades de paisaje para el área de estudio.

C Definición de puntos de observación

Con el mapa preliminar de unidades del paisaje, se ubicaron los ríos, quebradas, centros poblados, vías, senderos, trochas y caminos, para la definición de los puntos de observación y posibles rutas de acceso que se tendrían en cuenta en campo. Cada punto de observación hace referencia a una unidad del paisaje; sin embargo, el observador debe estar atento a la posible inclusión de otros puntos que no se identifican en la cartografía.

1.5.8.2 Fase 2: actividades de campo

Durante esta etapa se realizaron recorridos en la totalidad del área de influencia, con el fin de abarcar todos los puntos de observación que corresponden a las unidades del paisaje previamente identificadas. Para ello se determinó la percepción visual del paisaje asociado, georreferenciando las coordenadas obtenidas en el GPS. De igual forma se registraron los factores visibles que afectaban la dinámica de la unidad de paisaje evaluada, así como elementos bióticos y abióticos perceptibles, la infraestructura y actividades antrópicas identificadas para cada uno de los puntos. En esta etapa se identificó el atractivo escénico de paisaje¹⁷ y los criterios visuales del área de estudio¹⁸.

1.5.8.3 Fase 3: actividades poscampo

La metodología empleada en campo permitió comprobar las unidades del paisaje propuestas en la etapa pre-campo e incluir unidades consideradas necesarias por el observador durante la etapa de campo. En esta etapa se aplicaron procesos cartográficos tendientes a clarificar y definir de manera precisa las unidades del paisaje finales para realizar la evaluación de los criterios por cada una de las unidades.

Como se muestra en la Figura 1-3, a partir de las unidades geomorfológicas existentes en

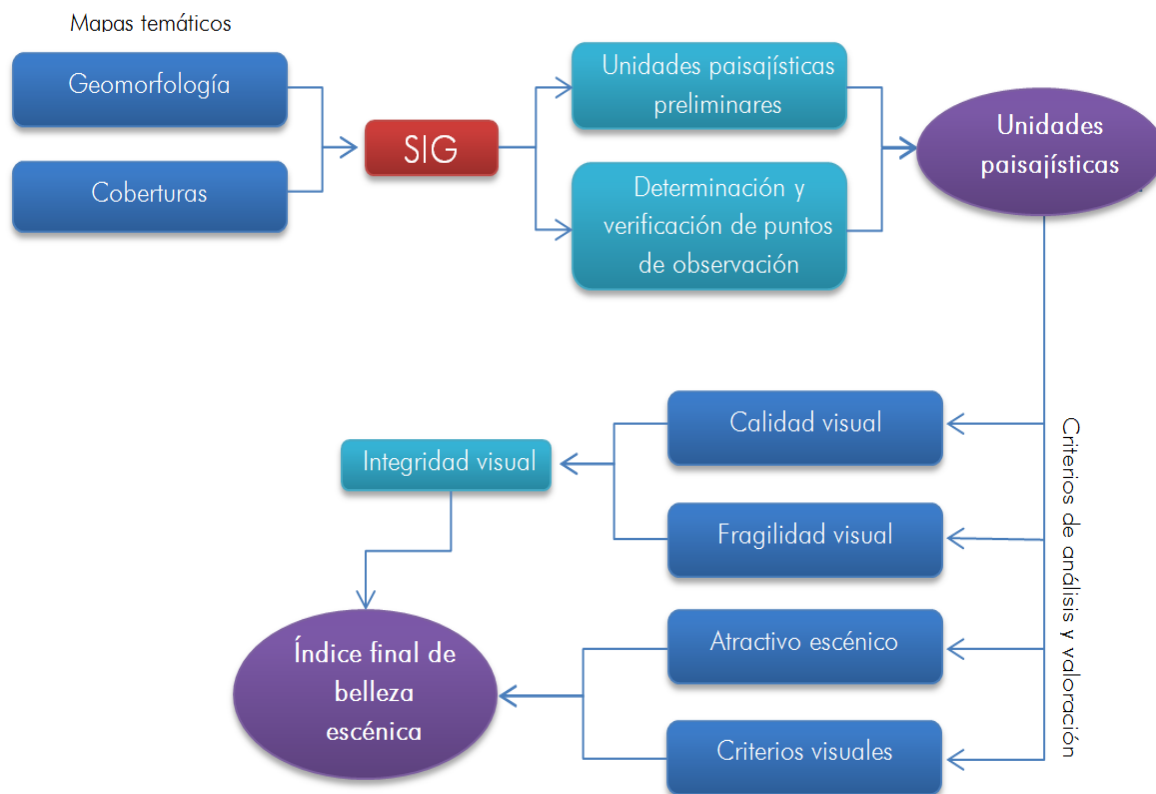
¹⁷ El atractivo escénico del paisaje corresponde a un indicador de la belleza intrínseca de un paisaje el cual ayuda a determinar la importancia de un paisaje con base en las percepciones de belleza, a partir de: la forma del terreno, el patrón de la vegetación, característica de las aguas superficiales, los patrones de uso del suelo y las características culturales (USDA, 1995).

¹⁸ Los criterios visuales o visibilidad se refiere al conjunto de rasgos o componentes que caracterizan visualmente un paisaje y que pueden ser utilizados para su análisis y diferenciación (Smardon, 1986). Dentro de este criterio, se encuentran los siguientes atributos: escala visual, nivel de interés, integridad escénica, elementos discordantes, distancia de discordancia, correspondencia cromática y forma del paisaje.

el área de estudio y los tipos de coberturas vegetales identificados, se determinaron las unidades paisajísticas preliminares del área de estudio, con la corroboración en campo se obtuvieron las unidades paisajísticas (Fase 1).

Definidas las unidades, estas se calificaron utilizando cinco criterios: calidad visual (Cv), fragilidad visual (Fv), atractivo escénico (Ae), criterios visuales y perceptuales (Cvp); esta calificación permitió realizar una evaluación en términos de integración visual y belleza escénica. A continuación se describe cada uno de los criterios.

Figura 1-3 Metodología para el estudio del paisaje



Fuente: Visual Resource Management (VRM) - Bureau of Land Management (BLM 1980). Adaptado por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2014.

Una vez calificadas las unidades del paisaje de acuerdo con los criterios, se llevó a cabo el proceso para obtener la integración visual a partir del cruce de información entre los criterios de calidad visual y fragilidad visual obtenidos a través del formato del levantamiento general del paisaje local. La integración visual permitió zonificar aquellas áreas que por sus características ambientales y ecológicas merecían una restricción en términos de uso.

Una vez evaluado la integración visual, se realizó el cruce, superposición y sumatoria con los demás criterios evaluados (atractivo escénico, criterios visuales y perceptuales), los cuales permitieron establecer el índice final de belleza escénica del paisaje presente en el área de influencia del proyecto.

A Criterios de análisis de paisaje

I Calidad visual (Cv)

Inicialmente, se calificó la calidad visual para cada una de las unidades de paisaje a través de la metodología de Bureau of Land Management¹⁹. Este criterio califica a partir de los siguientes atributos: morfología, vegetación, agua, color, fondo escénico, rareza y actuaciones humanas en cada de las unidades de paisaje previamente identificadas. Los criterios para esta valoración se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 1-37 Criterios de valoración de la calidad visual del paisaje

| Componente | Criterios de valoración y puntuación | |
|----------------|---|---|
| Morfología | Relieve muy montañoso, marcado y prominente; o 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. | 1 |
| 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. | 1 |
| 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. | 1 |

¹⁹ BLM: U.S.D.I., Bureau of Land Management, Visual simulation techniques. 1980

| Componente | Criterios de valoración y puntuación | |
|------------------------------------|--|---|
| Rareza | Único o poco corriente o muy raro en la región, posibilidad de contemplar fauna y vegetación excepcional. | 5 |
| | Característico, o aunque similar a otros en la región. | 3 |
| | Bastante común en la región. | 1 |
| Intervención | Carácter completo no comprometido por intervenciones externas | 5 |
| | Algunas desviaciones del carácter existente | 3 |
| | Muchos elementos discordantes presentes. Atractivo escénico comprometido | 1 |
| Modificaciones culturales | Libre de actuaciones estéticamente no deseadas o con modificaciones que inciden favorablemente en la calidad visual. | 5 |
| | La calidad escénica está afectada por modificaciones poco armoniosas, aunque no en su totalidad, o las actuaciones no añaden calidad visual. | 3 |
| | Modificaciones intensas y extensas, que reducen o anulan la calidad escénica. | 1 |
| Condiciones efímeras y no visuales | Avistamientos frecuentes de fauna silvestre, muchos sonidos naturales presentes | 5 |
| | Avistamientos ocasionales de fauna silvestre y sonidos naturales presentes | 3 |
| | Ambos, fauna silvestre y sonidos naturales no están presentes. Algunos ruidos urbanos distantes | 1 |

Fuente: Visual Resource Management (VRM) - Bureau of Land Management (BLM, 1980). Adaptado por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2014.

De esta manera, a cada atributo se le asignó un puntaje, con base en la información existente y lo observado en campo según los criterios de valoración. La suma total de los puntajes parciales de cada uno de los atributos precisa la calidad visual de cada una de las unidades, mediante la comparación con una escala de referencia (ver Tabla 1-38).

Tabla 1-38 Asignación de puntajes para los criterios de calidad visual del paisaje


| Valoración | Calificación | Determinación |
|------------|--------------|--|
| Alto | A | Áreas que reúnen características excepcionales, para cada aspecto considerado (de 19 a 33 puntos). |
| Medio | B | Áreas que reúnen una mezcla de características excepcionales para algunos aspectos y comunes para otros (de 12 a 18 puntos). |
| Bajo | C | Áreas con características y rasgos comunes en la región fisiográfica considerada (de 0 a 11 puntos). |

Fuente: Visual Resource Management (VRM) - Bureau of Land Management (BLM, 1980). Adaptado por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2014.

II Fragilidad visual (Fv)

La fragilidad paisajística se establece como el grado de deterioro que el paisaje puede experimentar ante la incidencia de intervenciones específicas. A partir de la adaptación de la metodología de Aguilo (1981), se evalúa una serie de atributos: vegetación, pendiente, fisiografía, cuenca visual, compacidad y distancia a red vial y núcleos habitados para cada una de las unidades de paisaje (Tabla 1-39).

Tabla 1-39 Criterios para evaluar fragilidad visual

| ELEMENTO | CARACTERÍSTICA | CLASE | <div>Menor Fragilidad</div>  <div>Mayor fragilidad</div> |
|--|--|---------|--|
| Vegetación y uso del suelo | Formación arbórea densa y alta | Clase 1 | |
| | Formación arbórea dispersa y baja | Clase 2 | |
| | Matorral denso | Clase 3 | |
| | Matorral disperso, pastizales y cultivos | Clase 4 | |
| Pendiente | pendiente < 5% | Clase 1 | |
| | entre 5% y 15% | Clase 2 | |
| | Pendiente > 15% | Clase 3 | |
| Fisiografía | Aluvial coluvial, navas | Clase 1 | |
| | Aluvial, Terrazas, islas | Clase 2 | |
| | Laderas planas, Vertientes, rellanos | Clase 3 | |
| | Divisorias, crestas, collados | Clase 4 | |
| Forma y tamaño de la cuenca visual | Unidad pequeña y forma elíptica | Clase 1 | |
| | Unidad pequeña y forma circular | Clase 2 | |
| | Unidad extensa y forma circular | Clase 3 | |
| | Unidad extensa y forma elíptica | Clase 4 | |
| Compacidad | Menor compacidad | Clase 1 | |
| | Media compacidad | Clase 2 | |
| | Mayor compacidad | Clase 3 | |
| Distancia a red vial y núcleos habitados | distancia superior a 1600 m | Clase 1 | |
| | Distancia entre 400 y 1600 m | Clase 2 | |
| | Distancia inferior a 400 m | Clase 3 | |

Fuente: Aguilo (1981). Adaptado por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2014.

Es importante indicar que esta fragilidad se determina a partir de la accesibilidad al área del proyecto, donde las zonas más cercanas a las vías y caminos presentaron una mayor susceptibilidad a los cambios, a diferencia de los espacios más distantes y alejados.

III Capacidad de absorción visual

Seguido a esto, se aplica la fórmula de Capacidad de Absorción Visual (CAV) para cada una de las mismas unidades identificadas, la cual es definida como la capacidad que tiene el paisaje de absorber visualmente las alteraciones sin perder su calidad visual. Esta se lleva a cabo mediante la siguiente fórmula:

$$C.A.V. = P \times (E+R+D+C+V)$$

Donde:

- P:** Pendiente
E: Erosionabilidad
R: Potencial
D: Diversidad de la Vegetación
C: Contraste de Color
V: Contraste de vegetación

Se define el grado de fragilidad, así como la capacidad del paisaje de absorber las alteraciones sin detrimento de su calidad visual, para cada una de las unidades de paisaje ecológico, mediante la aplicación de la formula anteriormente mencionada.

Tabla 1-40 Criterios de valoración de la fragilidad y capacidad de absorción visual (CAV)

| Factor | Características | Valores de CAV | |
|---|--|----------------|-----------|
| | | Nominales | Numéricas |
| Pendiente | Inclinado (pendiente mayor al 55%) | Bajo | 1 |
| | Inclinación suave | Moderado | 2 |
| | Colinas suaves, fondos de valle planos, poco o ningún valor singular | Alto | 3 |
| Diversidad de vegetación | Prados y matorrales | Bajo | 1 |
| | Repoblaciones | Moderado | 2 |
| | Diversificada (mezcla de claros y bosques) | Alto | 3 |
| Estabilidad del suelo y erosionabilidad | Restricción alta, derivada de riesgo alto de erosión e inestabilidad, pobre regeneración potencial | Bajo | 1 |
| | Restricción moderada debido a cierto riesgo de erosión e inestabilidad y regeneración potencial. | Moderado | 2 |
| | Poca restricción por riesgo bajo de erosión e inestabilidad y buena regeneración potencial | Alto | 3 |
| Contraste suelo-vegetación | Bajo potencial de regeneración | Bajo | 1 |
| | Contraste visual moderado entre el suelo y la vegetación | Moderado | 2 |
| | Contraste visual bajo entre el suelo y la vegetación adyacente | Alto | 3 |
| Vegetación. Regeneración Potencial | Potencial de regeneración bajo | Bajo | 1 |
| | Potencial de regeneración moderado | Moderado | 2 |
| | Regeneración alta | Alto | 3 |
| Contraste de color roca-suelo | Contraste alto | Bajo | 1 |
| | Contraste moderado | Moderado | 2 |
| | Contraste bajo | Alto | 3 |

Fuente: Aguilo (1981). Adaptado por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2014.

La suma total de los valores parciales de cada uno de los atributos precisa la fragilidad y capacidad de absorción visual de cada una de las unidades, mediante la comparación con una escala de referencia (Tabla 1-41).

Tabla 1-41 Escala de Referencia

| Grado | Valor | Criterio |
|----------|-------------|-------------------------------------|
| Bajo | Menos de 14 | Alta capacidad de absorción visual |
| Moderado | 15-30 | Media capacidad de absorción visual |
| Alto | Más de 31 | Baja capacidad de absorción visual |

Fuente: ACON, Miembro Grupo INERCO, 2014.

IV Integración visual (Iv)

La integración visual corresponde al análisis de paisajes intervenidos, modificados y/o artificiales o valor escénico de paisajes antrópicos y el grado del área unificada del mismo. Una vez obtenidos los resultados de las calificaciones de calidad visual (Cv) y fragilidad visual (Fv), se procede a determinar la integración visual del área evaluada y se obtiene un diseño temático del paisaje general del área. La Tabla 1-42 presenta los criterios para establecer esta integración visual del paisaje.

Tabla 1-42 Criterios de valoración de la integración visual del paisaje

| Componente | Criterios de valoración y puntuación | |
|--------------------|--|---|
| Patrón del paisaje | Excelente arreglo de formas que se complementan unas con otras | 5 |
| | Armonía espacial | 3 |
| | Presencia de muchos elementos discordantes | 1 |
| Vegetación | Variedad de tipos de vegetación expresados en formas, texturas y patrones interesantes | 5 |
| | Alguna variedad en la vegetación, pero sólo uno o dos tipos principales | 3 |
| | Poca o nada de variedad o contraste en vegetación | 1 |
| Agua | Apariencia clara y limpia, agua detenida o cascadas, cualquiera de las dos dominantes en el paisaje | 5 |
| | Fluyendo, o detenida, pero no dominante en el paisaje | 3 |
| | Ausente, o presente, pero no perceptible | 1 |
| Color | Ricas combinaciones de colores en usos del terreno y elementos arquitectónicos, variedad o colores vívidos; o contraste atractivo en el suelo, rocas, paisajismo, colores de construcciones y techos, carteles y caminos | 5 |
| | Alguna variedad de colores en usos del terreno y elementos arquitectónicos, contraste en el suelo, rocas, paisajismo, colores de construcciones y techos, carteles y caminos | 3 |
| | Colores discordantes, contrastan en el suelo, rocas, paisajismo, colores de construcciones y techos, carteles y caminos | 1 |
| Fondo Escénico | Fondo escénico incrementa enormemente la calidad visual | 5 |

| Componente | Criterios de valoración y puntuación | |
|------------------------------------|--|---|
| | Fondo escénico incrementa moderadamente la calidad visual total | 3 |
| | Fondo escénico tiene poca o no influye en la calidad visual total | 1 |
| Rareza | Única en su tipo; o inusualmente memorable, o muy rara en la región. | 5 |
| | Distintivo, pero algo similar a otros en la región | 3 |
| | Interesante dentro de su ubicación, pero bastante común en la región | 1 |
| Intervención | Carácter completo no comprometido por intervenciones externas | 5 |
| | Algunas desviaciones del carácter existente | 3 |
| | Muchos elementos discordantes presentes. Atractivo escénico comprometido | 1 |
| Elementos arquitectónicos | Arquitectura, paisajismo, urbanización y usos del terreno aportan favorablemente a la variedad visual mientras promueven la armonía visual | 5 |
| | Usos del terreno y áreas urbanizadas aportan poco o nada a la variedad visual del área, e introducen pocos elementos discordantes | 3 |
| | Usos del terreno y áreas urbanizadas son muy discordantes, sin armonía | 1 |
| Condiciones efímeras y no visuales | Vistas y sonidos de la comunidad o área aportan al carácter del área | 5 |
| | Vistas y sonidos disminuyen un poco el carácter del área | 3 |
| | Vistas y sonidos disminuyen fuertemente el carácter del área y promueven la desarmonía | 1 |

Fuente: Visual Resource Management (VRM) - Bureau of Land Management (BLM, 1980). Adaptado por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2014.

Una vez calificados los criterios anteriores, se determina la clase de integración visual del paisaje para el área de estudio, mediante la siguiente tabla:

Tabla 1-43 Escala de referencia para determinar la integración visual

| Clase | Integración visual |
|--|---|
| Clase A Cohesionada (25 puntos o más) | Áreas desarrolladas (intervenidas antrópicamente) donde el paisaje parece intacto, interesante y cohesionado. Los elementos característicos de línea, forma, color y textura contienen las características desarrolladas y el paisaje en áreas distintivas, paisajes o barrios. Colores y texturas se observan frecuentemente repetidos en este paisaje. Urbanizaciones y usos del terreno no contrastan unos con otros o con el paisaje. |
| Clase B Paisaje rural (18 a 24 puntos) | Áreas desarrolladas donde el paisaje es menos único, interesante y cohesionado. Los patrones de uso del terreno y los materiales usados en estructuras son variados y de distintos colores. El sentido de un lugar o barrio cohesionado no es tan pronunciado en estos paisajes. Colores y texturas no se observan frecuentemente repetidos en estos paisajes |
| Clase C Representativa (17 puntos o menos) | Áreas desarrolladas que parecen fuertemente alteradas, no forman un sentido de lugar o barrio y no son visualmente cohesionadas. Los elementos de línea, forma, color y textura no se repiten frecuentemente de una forma cohesiva. Urbanizaciones y usos del terreno son diversos y contrastan unos con otros y con el paisaje. |

Fuente: Visual Resource Management (VRM) - Bureau of Land Management (BLM 1984, 1986). Adaptado por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2014.

Tomando como referente el análisis de las características visuales, las cuales se definen como el conjunto de rasgos o componentes que caracterizan visualmente un paisaje y que pueden ser utilizadas para su análisis y diferenciación²⁰, se establecen los atractivos escénicos, criterios perceptuales y criterios visuales presentes dentro del área de influencia del estudio.

V Atractivo escénico (Ae)

En cuanto a la calificación del atractivo escénico, se mide la importancia escénica de un paisaje con base en la percepción humana, de acuerdo con los siguientes criterios:

Tabla 1-44 Criterios de valoración del atractivo escénico del paisaje

| Factor | Elementos de influencia | Alta | Media | Baja |
|---------------|----------------------------|--|--|---|
| | | 3 | 2 | 1 |
| Biofísico | Pendiente | Pendientes de más de un 30%, laderas muy modeladas, erosionadas y abarrancadas o con rasgos muy dominantes | Pendientes entre 15 y 30%, vertientes con modelado suave u ondulado | Pendientes entre 0 y 15%, vertientes con poca variación, son modelado y sin rasgos dominantes |
| | Vegetación densidad | Cubierta vegetal discontinua, presencia de agrupaciones aisladas, grandes espacios sin vegetación | Cubierta vegetal casi continua, con presencia de claros en el bosque | Grandes masas boscosas, 100% de ocupación del suelo |
| | Vegetación contraste | Cultivos monoespecíficos, escasez de vegetación, contrastes poco evidentes | Diversidad de especies media con contrastes evidentes pero no sobresalientes | Alto grado de variedad de especies, contrastes fuertes y gran estacionalidad |
| | Vegetación altura | Vegetación arbustiva o herbácea | No hay gran altura ni diversidad en los estratos | Gran diversidad de estratos, estratos emergentes |
| Accesibilidad | Visual | Percepción visual alta, visible a distancia y sin mayor restricción | Visibilidad media, ocasional, combinación de ambos niveles | Baja accesibilidad visual, visitas repentinas, escasas o breves |
| Visualización | Tamaño de la cuenca visual | Visión de carácter cercana (0 a 300 m) | Visión media (300 a 1000 m) | Visión lejana (>1 km) |

²⁰ SMARDON, R. C., PALMER, J. E. AND FELLEMAN, J.P. (Eds.). Foundations for Visual Projects Analysis. 1986

| Factor | Elementos de influencia | Alta | Media | Baja |
|--------------|---------------------------|---|--|---|
| | | 3 | 2 | 1 |
| | Forma de la cuenca visual | Cuencas alargadas | Cuencas irregulares | Cuencas regulares extensas |
| | Compacidad | Vistas panorámicas | Vistas simples o múltiples | Vistas cerradas u obstaculizadas |
| Singularidad | Unicidad del paisaje | Paisajes singulares, notables con riqueza de elementos únicos y distintivos | Paisajes de importancia visual para habituales | Paisajes comunes, sin riqueza visual o muy alterado |

Fuente: USDA (1995). Adaptado por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2014.

Este atributo evaluado permite establecer qué tan singular o común puede ser cada elemento del paisaje dentro del mismo (Tabla 1-45).

Tabla 1-45 Escala de referencia USDA (1995)

| Atractivo escénico | Valor | Descripción |
|----------------------------|-------------|--|
| Clase A- Distinto | Más de 31 | Calidad escénica única, inusual, extraordinaria. Presenta fuertes atributos positivos. |
| Clase B- Típico | 15-30 | Calidad escénica común y ordinaria. Presenta atributos positivos pero comunes. |
| Clase C- Indistinto | Menos de 14 | Baja calidad escénica. Atributos débiles o desaparecidos. |

Fuente: USDA (1995). Adaptado por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2014.

VI Criterios visuales y perceptuales (CV)

Posteriormente, se establece un grupo de criterios visuales, los cuales se definen como el conjunto de rasgos o componentes que caracterizan visualmente un paisaje y que pueden ser utilizados para su análisis y diferenciación²¹. Estos criterios visuales incluyen: correspondencia cromática, integridad escénica y elementos discordantes, entre otros.

Tabla 1-46 Criterios visuales y perceptuales

| Criterio | Valor | Descripción |
|------------------------|-------|---|
| Elementos discordantes | Alto | En las áreas de bosques hacen presencia varios elementos discordantes, como son el contraste con ríos, claros, vegetación alta y baja, cercas vivas, cuerpos de agua. |
| | Medio | Corresponde a aquellas áreas que presentan pocos elementos discordantes, entre ellos una cobertura vegetal en contraste con áreas abiertas. |

²¹ SMARDON, R. C., PALMER, J. E. AND FELLEMAN, J.P. (Eds.). Foundations for Visual Projects Analysis. 1986

| Criterio | Valor | Descripción |
|---------------------------|----------|---|
| | Bajo | Se presenta un solo elemento discordante y continuo a través de la cobertura. |
| | Nulo | No hay presencia de elementos discordantes ya que éstas áreas son zonas abiertas, degradadas y/o intervenidas. |
| Tamaño discordancia | Alto | Asociada a coberturas boscosas, de protección y cuerpos de agua, presenta varios elementos discordantes, lo que hacen que se encuentre en este nivel. |
| | Medio | El tamaño de la discordancia en este nivel, corresponde a las áreas abiertas que contrastan con la cobertura vegetal presente y/o otros elementos discordantes. |
| | Bajo | Las áreas abiertas, degradadas y/o intervenidas, se encuentran en la Unidad de Paisaje 3, representadas por la continuidad de la cobertura intervenida. |
| Correspondencia cromática | Alto | La incidencia sobre el paisaje es alta con respecto a la correspondencia cromática del paisaje con las áreas boscosas, de protección y cuerpos de agua. |
| | Bajo | Las zonas abiertas con baja cobertura vegetal, presentan un menor contraste para la calidad del paisaje. |
| | Medio | Se encuentran las áreas cubiertas de vegetación que presentan en su totalidad varios elementos que contrastan con el paisaje. |
| | Nulo | Con las coberturas presentes en este nivel, se infiere una afectación de la integridad escénica de la zona en estudio. |
| Forma paisaje | Alto | El grado de afectación sobre la integridad escénica de este nivel está representado en las coberturas boscosas, de protección y cuerpos de agua. |
| | Medio | La discordancia presente en este nivel está inferida en las coberturas que contrastan la vegetación con áreas abiertas. |
| | Bajo | La alteración ya existente para las coberturas que representan esta unidad de paisaje, hacen que el grado de afectación sea mínimo. |
| Integridad escénica | Muy alta | Corresponde a las coberturas boscosas intactas y cuerpos de agua naturales con una alta calidad paisajística y que presentarán una mayor afectación. |
| | Alta | Coberturas que presentan una intervención menor, pero que aún conservan una alta calidad paisajística. |
| | Moderada | Estas áreas presentan una calidad paisajística buena, que se integra con el paisaje de la zona. |
| | Baja | Las coberturas presentes para este nivel tienen una baja calidad paisajística, por lo que se representa en áreas abiertas con poca vegetación. |
| | Muy baja | El grado de alteración para las áreas abiertas, degradadas y/o intervenidas, ya está dado. |

Fuente: ACON, Miembro Grupo INERCO, 2014.

Estos criterios se miden con relación a los siguientes criterios: Alto, con tres (3); Medio, con dos (2); Bajo, con uno (1); y Nulo, con cero (0).

VII Índice final de belleza escénica (If)

El índice final de belleza escénica se mide a través de la estructura espacial del paisaje

evaluada: integración visual, atractivo escénico y criterios visuales y perceptuales de cada unidad de paisaje, mediante la conceptualización de belleza escénica, diversidad y complejidad analizada.

Tabla 1-47 Criterios de valoración índice final de belleza

| Atributo | Criterios de valoración y puntuación | |
|----------|--|---|
| Nulo | No hay belleza paisajística, ya que este nivel marca las áreas abiertas, degradadas y/o intervenidas. Áreas con planos raramente visibles, criterios visuales bajos en su mayoría. | 0 |
| Bajo | Las áreas abiertas cubiertas de poca vegetación presentan un índice de belleza bajo, paisajes comunes a rurales, calidad escénica común, fondos escénicos con estructuras simples. | 1 |
| Medio | Estas coberturas con alto nivel de importancia son complemento al paisaje y se integran para formar un conjunto al paisaje en general, atractivos escénicos típicos, detalles de texturas, paisajes rurales. | 2 |
| Alto | La belleza del paisaje se ve reflejada en las coberturas boscosas presentes, así como en los elementos que la integran; integración visual cohesionada, calidad escénica inusual, criterios visuales altos, percepción de cualidades texturales. | 3 |

Fuente: ACON, Miembro Grupo INERCO, 2014.

1.5.8.4 Equipos y materiales

Los materiales que se necesitan para adelantar el trabajo de campo se relacionan en la Tabla 1-48. La cámara fotográfica se requiere para llevar el registro de las actividades, toma de fotografías de aspectos importantes que deban ser analizados posteriormente en oficina; estas deben ser georreferenciadas y deben contener la fecha y hora de toma, para poder hacer un seguimiento posterior de la actividad. El GPS es indispensable para la ubicación espacial de las actividades. Cuando se realizan inventarios forestales, se debe georreferenciar como mínimo el punto inicial y final del eje de la parcela, para poder crear el mapa de unidades de muestreo y para que se pueda ubicar la parcela en campo para alguna revisión posterior.

Tabla 1-48 Equipos y materiales mínimos requeridos para el trabajo de campo del componente forestal

| Materiales requeridos en campo | |
|--------------------------------|----------|
| Equipos | Cantidad |
| Cámara fotográfica | 1 |
| GPS | 1 |
| PC | 1 |
| Materiales | Cantidad |
| Mapas temáticos | * |
| Tijeras de podar | 1 |
| Desjarretadora | 1 |

| Materiales requeridos en campo | |
|-----------------------------------|---|
| Cinta métrica | 1 |
| Cinta diamétrica | 1 |
| Cinta de enmascarar | 2 |
| Marcadores | 2 |
| Libreta de campo | 1 |
| Cuerda 100 metros | 1 |
| Cuerda 10 metros | 2 |
| Bolsa plástica 30 x 40 (Ziploc) | * |
| Bolsa plástica 60 x 80 | * |
| Hojas de periódico | * |
| Alcohol isopropílico (lt) | * |
| Pintura insoluble amarilla o roja | * |
| Tarros salseros | 2 |
| Pinceles pequeños | 2 |
| Formatos de campo | * |
| Machetes | 2 |

La cantidad de estos materiales se calcula con base a la cantidad de material vegetal que se estima puede conseguirse y a la superficie que tenga el proyecto.

Fuente: ACON, Miembro Grupo INERCO, 2014.

1.5.9 Epífitas

El término “epífita” deriva del griego *epi*: arriba, y *phyton*: planta, lo que literalmente indica que son plantas que crecen encima de otras, nombradas forófitos²². Las epífitas no vasculares incluyen briófitos, líquenes y helechos. Particularmente, en la denominación de “briofitos” se encuentran tres tipos de plantas: musgos, hepáticas y antocerotales, mientras que bajo la denominación de “líquenes” se incluyen los hongos que realizan una perfecta simbiosis con algas. Son comunes en zonas húmedas y presentan una fase dominante productora de gametos (gametofito) y una fase dependiente de la anterior y productora de esporas (esporofito, apotecio). Las epífitas vasculares incluyen especies vegetales que producen flores, frutos, semillas y sistema radicular. Dentro de este grupo se pueden encontrar varias especies de orquídeas, bromeliáceas, cactáceas, aráceas, gesneriáceas y pasifloráceas, entre otras.

La amplia variedad de formas de vida de las epífitas y las intrincadas relaciones ecológicas que generan, sumado a la diversidad biológica de estas plantas en países como Colombia, determinan la importancia de la evaluación del componente epífita con miras al traslado, restitución o compensación en aquellos ecosistemas relacionados con la exploración o la explotación de los recursos naturales.

²² Romero, et al., 2008

Para caracterización de la vegetación epífita presente en área de influencia directa del Proyecto Norte, se desarrollaron tres (3) fases, a saber: precampo, campo y poscampo.

1.5.9.1 Fase precampo

Se realizó una búsqueda de información secundaria en literatura especializada y bases de datos web para establecer las características paisajísticas, ecológicas y ambientales del área de interés, así como la posible composición de especies de epífitas no vasculares y vasculares que habitan en el área de influencia establecida; el resultado de la consulta incluyó información acerca del grado de amenaza en que se encuentran estas especies, a partir de los listados como la UICN, a nivel internacional, y el CITES, a nivel nacional, con la Resolución 192 del 2014 del MADS.

1.5.9.2 Fase de campo

Se procedió a realizar la verificación de la información recolectada en la fase de precampo; para esto se realizó un muestreo al 100% de las epífitas vasculares y no vasculares presentes a largo de los corredores donde se construirán las líneas de transmisión. A partir de esto se logró generar un registro de la diversidad de epífitas sobre cada uno de los individuos arbóreos (forófitos con DAP mayor o igual a 10 cm) que son objeto de aprovechamiento para el proyecto. Estos individuos fueron identificados taxonómicamente, georreferenciados y marcados durante el inventario.

Una vez identificado el hospedero, se procedió a realizar la observación y toma de datos de especies de epífitas que habitaban sobre esta especie. La identificación se realizó a partir de observación y con el uso de binoculares, identificando los caracteres taxonómicos más importantes. Adicionalmente, se generaron registros fotográficos de los especímenes evidenciados en campo. Para las epífitas vasculares que no pudieron ser identificadas, se recolectó un ejemplar con el uso de la desjarretadora (Figura 1-4).

Figura 1-4 Toma de muestra de acuerdo con la altura



Fuente: ACON, Miembro Grupo INERCO, 2014.

El ejemplar seleccionado se colocó en una hoja de periódico, a fin de extraer la humedad y preservar la integridad morfológica de la planta, lo cual permitió que fuera fácilmente dispuesto en las hojas de herbario²³. A cada ejemplar seleccionado se le asignó un número para su posterior identificación y una etiqueta con los datos de colecta, que incluyó datos de ubicación y descripción morfológica. Las muestras se alcoholizaron uno o dos días después de haberlas colectado, para evitar el deterioro de las mismas.

Las epífitas no vasculares se identificaron de manera visual; para aquellas que se encontraron a una altura mayor de 1,80 m, se realizó un reconocimiento con la ayuda de binoculares o cámaras fotográficas. Para los especímenes que no fueron identificados en campo, se recolectó una muestra con un trozo del hospedero donde crecen. Para evitar daños a las estructuras de fijación, la recolección se hizo con un bisturí y/o tijeras de jardinería (Fotografía 1-3).

²³ FRANK, M. S. Y K. D. PERKINS. 2004. Preparation of plant specimens for deposit as herbarium vouchers. University of Florida Herbarium. Florida Museum of Natural History, Florida. Disponible en: <http://www.flmnh.ufl.edu/herbarium/voucher.htm>

Fotografía 1-3 Recolección de epífitas no vasculares



Fuente: ACON, Miembro Grupo INERCO, 2014.

Los ejemplares colectados se preservaron según las recomendaciones de Bowles²⁴, estos se recolectaron en bolsas (líquenes) o envolturas de papel (briófitos, hepáticas y antocerotales), con su respectiva etiqueta.

Figura 1-5 Formato etiqueta

| FORMATO ETIQUETA DE RECOLECCIÓN DE EPÍFITAS | | | | | | | | | | | | | | |
|--|---|-----------------------------------|----|---------------------|----|------------------------|--|-------------------------------|--|------------|---|-------------------|---|----|
| PROYECTO | | | | | | | | | | | | | | |
| DEPARTAMENTO | | | | | | ALTITUD | | | | | | | | |
| MUNICIPIO | | | | | | MUNICIPIO | | | | | | | | |
| TIPO COBERTURA | | | | | | FINCA | | | | | | | | |
| FECHA | | | | | | COLECTOR | | | | | | | | |
| ID | | BREVES DATOS DEL ARBOL (BORRITOS) | | | | | | | | | | | | |
| Arbol | | NOMBRE COMÚN | | | | | | NOMBRE CIENTÍFICO Y/O FAMILIA | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| ESTRATO | | | | | | PORCENTAJE DE SUSTRATO | | | | ABUNDANCIA | | | | |
| B | M | A | CI | CM | CE | | | | | B | E | PA | A | MA |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| EPÍFITA | | | | | | | | | | | | | | |
| Hábito | | | | Distribución foliar | | | | Características florales | | | | Frutos y semillas | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| PRESERVANTE: Alcohol al 70 % SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> Otro <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | |
| Observaciones: | | | | | | | | | | | | | | |

Fuente: ACON, Miembro Grupo INERCO, 2014.

²⁴ BOWLES, J. M. 2004. Guide to plant collection and identification. Herbarium workshop in plant collection and identification. University of Western Ontario. Disponible en: <http://www.uwo.ca/biology/facilities/herbarium/collectingguide.pdf>

1.5.9.3 Fase poscampo

La identificación taxonómica de epífitas vasculares y no vasculares se realizó a partir de los datos tomados en la colecta en campo (a través de las etiquetas dispuestas para cada individuo), realizando la revisión de la descripción de los caracteres anatómicos y morfológicos de los individuos. Estos datos fueron contrastados con documentación técnica existente (claves taxonómicas, libros, *checklist* de especies, bases de datos web, entre otros), con el fin de asignarle un nombre científico a cada una de las especies que fueron colectadas.

Nota 1: Para aquellas especies que no pudieron ser identificadas a partir de la documentación técnica, se remitió dicha especie al Herbario Nacional de Colombia (Universidad Nacional), con el fin de que fuera identificada. Realizado este procedimiento, y una vez se obtuvo la clasificación taxonómica de la especie, se procedió a subir esta información al Sistema de Información de la Biodiversidad del Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt Colombia.

A Análisis de datos

Se realizó una aproximación al estado del componente de flora epífita en el área de influencia del proyecto, identificando la diversidad de especies presente en la zona, identificando los diversos tipos de sustratos usados para su crecimiento y desarrollo (epífita, litófito, terrestre), donde se generaron los correspondientes listados de las especies, según los sustratos donde se presentaron.

1.5.10 Suelos

Para la caracterización de suelos, se tuvieron en cuenta las fases contempladas en la Metodología del Levantamiento de Suelos emitida por el IGAC en el año 2010, así como de los requerimientos emitidos por la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca, CAR, para el tendido de líneas de transmisión conformado por el conjunto de líneas asociadas que operan a tensiones menores de 220 kV y que no pertenecen a un sistema de distribución local. En este ítem se desarrollaron las siguientes fases:

- Revisión y recopilación de información temática básica y secundaria (fase precampo)
- Trabajo de campo
- Elaboración del informe técnico y cartografía temática (fase poscampo)

1.5.10.1 Revisión y recopilación de información temática básica y secundaria

Para definir las unidades cartográficas de suelo presentes en la zona de estudio, se recopilaron y evaluaron estudios de suelos previos, como:

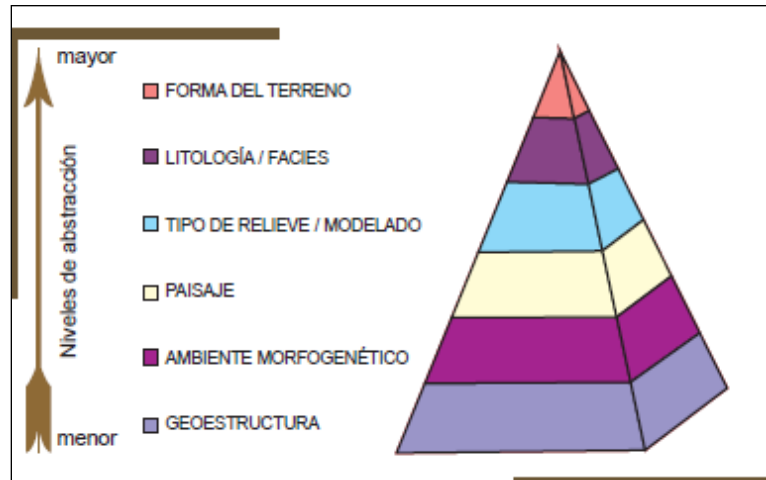
- “Estudio general de suelos y zonificación de tierras del departamento de Cundinamarca”.
- Planes de Ordenamiento Territorial de los municipios de Gachancipá, Tocancipá, Zipaquirá, Cogua, Nemocón, Suesca y Sesquilé.

Para el análisis, se realizó una fotointerpretación, cumpliendo con los requerimientos establecidos por el MADS, mediante la interpretación de fotografías aéreas a escala 1:38000 e imágenes de satélite. De igual forma se analizó cartografía básica, a fin de delimitar los paisajes, relieves y formas de terreno predominantes en el área de influencia directa del proyecto, y tener de esta manera una base para la caracterización y muestreo de suelos.

La interpretación de imágenes se basó en el método de análisis geomorfológico jerarquizado²⁵, el cual es multicategorico, basado en atributos cualitativos y cuantitativos. El sistema consta de seis (6) niveles o categorías que aumentan el nivel de abstracción o detalle hasta llegar a la forma de terreno: geoestructura, ambiente morfogenético, paisaje, tipo de relieve, litología y forma de terreno, que se ajusta a lo requerido para la escala de trabajo 1:25000 (ver Figura 1-6).

²⁵ ZINCK, Alfred. Physiography and soils. Soil survey courses, Subjectmatter: K6.Ensechede: ITC, 1988/1989. p. 12-24.

Figura 1-6 Sistema de clasificación geomorfológica y sus categorías (Zinck, 1986)



Fuente: Zinck, 1986. Adaptado por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2014.

- **Geoestructura:** Gran porción continental caracterizada por una estructura geológica específica; por ejemplo, cordillera, escudo, megacuena.
- **Ambiente geomorfo-genético:** Tipo amplio de medio biofísico, originado y controlado por una forma geodinámica endógena y/o exógena; por ejemplo, estructural, erosional, deposicional.
- **Unidad Climática:** Unidad con homogeneidad en temperatura promedio anual y humedad disponible que determina una pedogénesis específica, cobertura vegetal, y uso de la tierra.
- **Paisaje:** Gran porción de tierra caracterizada ya sea por una repetición de tipos de relieve, en su mayoría determinados por procesos morfo-genéticos específicos de tipo plegado, volcánico, glaciárico, etc.; por ejemplo, montaña, lomerío, piedemonte.
- **Tipo de relieve:** Geoforma determinada por una combinación dada de topografía y estructura geológica, o por condiciones morfoclimáticas específicas o por procesos morfo-genéticos; por ejemplo, glacis, delta, plano inundable, abanico.
- **Forma de terreno:** Unidad geomórfica elemental que se puede dividir únicamente mediante fases. Está caracterizada por una geometría, una dinámica y una historia; por ejemplo, albardón, vega, ápice, cuerpo, ladera erosional.

Por medio del análisis de la cartografía, se llevó a cabo la conformación de la leyenda preliminar de suelos, que tiene información relacionada con el paisaje, tipo de relieve, tipo de unidad cartográfica de suelos, taxonomía de los componentes edáficos, las fases por erosión, pendientes, inundación, pedregosidad, el símbolo y área con su respectivo porcentaje.

Seguido a la elaboración de la leyenda preliminar de suelos y el debido análisis de la cartografía, se seleccionaron los transectos, teniendo en cuenta los puntos de chequeo de campo, y se generó un *shape* de punto, que fue cargado en GPS con el fin de localizarlos en campo.

1.5.10.2 Visita de reconocimiento en campo

A Reconocimiento de la zona de estudio

Se llevó a cabo mediante un recorrido general del área, tanto en el terreno donde se construirá la subestación como en los trayectos que seguirán las líneas de transmisión y los alrededores, con el fin de observar el paisaje, relieves dominantes y su interrelación con los suelos, mediante la determinación de la altitud, posición relativa, clima y litología de las capas superficiales.

B Verificación e identificación de los suelos

Esta actividad se realizó mediante el monitoreo de los puntos establecidos con anterioridad, teniendo en cuenta los permisos para la entrada a los predios, a partir de observaciones con barreno y/o barra y pala, que permitieron determinar y verificar el contenido de suelos, topografía y fenómenos geomorfológicos y de erosión en el área de influencia directa del proyecto. Para dar cumplimiento a este paso, se recopiló la información en formatos (ver Anexos capítulo 3, sección 1)

C Muestreo de suelos representativos

Una vez definido el contenido pedológico de las distintas unidades cartográficas, con base en el reconocimiento de campo, se seleccionaron los sitios para hacer el muestreo de los perfiles modales en el área de influencia directa mediante cajuelas de 60 cm de ancho por 70 cm de largo por 100 cm de profundidad. Estas cajuelas se situaron en el área donde se llevarán a cabo las obras en los paisajes de montaña y altiplanicie, que son los dominantes en la sabana de Bogotá. El perfil inicialmente se subdividió en horizontes y se caracterizó morfológicamente mediante la determinación de textura, estructura, plasticidad, cohesividad, porosidad, color según la tabla de colores Munsell y nivel freático.

Posteriormente, se tomaron muestras de aproximadamente 1 kg de suelos por cada horizonte separado en el perfil, las cuales se enviaron al laboratorio de Suelos y Aguas del Centro de Biosistemas de la Universidad Jorge Tadeo Lozano, donde se determinaron mediante el análisis físico-químico aquellas características y parámetros como: textura,

fertilidad, pH, capacidad de intercambio catiónico (CIC), porcentaje de saturación de bases (%SB) y saturación de aluminio, los cuales se usaron para la caracterización y clasificación taxonómica de los suelos. Además, se tomó registro fotográfico de los horizontes obtenidos con la barrenada y se realizó una clasificación taxonómica preliminar en campo, según la Soil Survey Staff del año 2010.

Como paso siguiente se realizó un reconocimiento del uso actual de los suelos, para luego determinar si estos se encontraban en conflicto con las actividades a desarrollar durante el proyecto. Para el conflicto de suelo se utilizó el esquema de matriz de decisión dispuesto por el IGAC y CORPOICA²⁶, adaptándolo según lo dispuesto en los POT de cada municipio y en los casos de conservación, dando prevalencia a este uso.

1.5.10.3 Análisis de la información y elaboración del informe

A Análisis de resultados de laboratorio

Una vez obtenidos los resultados de análisis de laboratorio para los suelos representativos, se clasificaron taxonómicamente los mismos hasta nivel de familia mineralógica, siguiendo la clave del Soil Survey Staff²⁷.

B Elaboración de la memoria técnica de suelos y la cartografía temática

Con los suelos ya clasificados se elaboró la cartografía de suelos para el área de influencia directa, además del mapa de capacidad de uso de las tierras, siguiendo los lineamientos técnicos de la subdirección de agrología del IGAC. Esta cartografía tiene como escala de salida 1:25000, con los niveles cartográficos de familias texturales de suelos y subclases de capacidad de uso de las tierras. Posteriormente, se elaboró la descripción del capítulo de suelos, como el nivel interpretativo de manejo de suelos para los fines del proyecto.

²⁶ INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI, COPORACIÓN COLOMBIANA DE INVESTIGACIÓN AGROPECUARIA (Colombia)/Bogotá D.C. Zonificación de los conflictos de uso de las tierras en Colombia: Capítulo II Cobertura y uso actual de las tierras de Colombia. Bogotá D.C.: IGAC y Corpoica, 2002. p. 19.

²⁷ UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. Keys to soil taxonomy. 11 ed. Washington: USDA, 2010. p. 1-353

1.5.11 Componente socioeconómico

La metodología para desarrollar el componente socioeconómico tomó como base los siguientes requerimientos:

- La Resolución 1503 del 4 de agosto de 2010 expedida por el entonces Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial, mediante la cual se adopta la *Metodología General para la Presentación de Estudios Ambientales*.
- Términos de referencia para el *Tendido de líneas de transmisión conformado por el conjunto de líneas asociados que operan a tensiones menores de 220 kV y que no pertenecen a un sistema de distribución local*, emitidos por la CAR.

La elaboración del Estudio de Impacto Ambiental requiere actividades de recopilación de información para la construcción de la línea de base y participación de la comunidad tanto en la construcción de los impactos como en la socialización de los resultados finales del estudio. Teniendo en cuenta lo anterior, se surtieron los siguientes pasos:

1.5.11.1 Definición áreas de influencia

Las áreas de influencia se definen de manera previa, teniendo como premisa los posibles impactos a generarse por el establecimiento del proyecto “*Subestación Norte 230/115 kV, Líneas de transmisión 115 kV y Módulos de conexión*” sobre el medio socioeconómico así:

A Área de Influencia Indirecta (AII)

Área donde los impactos trascienden el espacio físico del proyecto y su infraestructura asociada, es decir, la zona externa al área determinada para el proyecto. En línea con lo anterior [en el AII se incluyeron](#) los municipios de Gachancipá, Tocancipá, Zipaquirá, Cogua, Nemocón, Suesca y Sesquilé.

B Área de influencia Directa (AID)

Es el área donde se manifiestan los impactos generados por las actividades de construcción y operación [de la subestación/líneas de transmisión, sobre las comunidades aledañas a su infraestructura asociada. En este sentido, como AID local se identificaron las unidades territoriales donde se emplazan las obras del proyecto, es decir, las veredas que se presentan en la Tabla 1-49.](#)

Como aspecto adicional, dentro de cada una de las veredas (AID local) se contempló el corredor que será intervenido por el trazado del proyecto (AID puntual), con el fin de identificar el área de servidumbre que tendrá un ancho servidumbre de 20 metros, según lo estipulado en el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE). Así mismo, la definición de AID puntual tuvo como objetivo realizar la identificación de propietarios e incluirlos en el proceso de lineamientos de participación durante la elaboración del EIA.

A continuación (Tabla 1-49) se relacionan las veredas o unidades territoriales menores del proyecto, siendo éstas las unidades mínimas de análisis sobre las cuales se construyó la caracterización del medio socioeconómico del EIA y en las que confluyen las dinámicas comunitarias en el área de influencia directa (tanto local, como puntual).

Tabla 1-49 Unidades territoriales del proyecto

| Departamento | Municipio (All) | Unidad territorial menor (AID) | Jurisdicción ambiental |
|--------------|-----------------|---------------------------------------|--|
| Cundinamarca | Gachancipá | Vereda San José | Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca, CAR |
| | | Vereda San Martín | |
| | | Vereda Roble Centro | |
| | Sesquilé | Vereda Boitá | |
| | | Vereda Chaleche | |
| | Suesca | Vereda Palmira | |
| | Tocancipá | Vereda Tibitoc | |
| | | Vereda Verganzo | |
| | | Vereda El Porvenir | |
| | | La Fuente | |
| | | La Esmeralda | |
| | | Canavita | |
| | Zipaquirá | Vereda El Tunal | |
| | Cogua | Vereda Mortiño | |
| | | Vereda Rincón Santo | |
| | Nemocón | Vereda Agua Clara | |
| | | Vereda La Puerta | |
| | | Vereda Oratorio | |
| | | Vereda Casa Blanca | |
| | | Patio Bonito | |

Fuente: ACON, Miembro Grupo INERCO, 2015.

A continuación, se describen los mecanismos, espacios y procedimientos empleados para propiciar la participación de las comunidades afectadas, desarrollando procesos de

interacción con la población presente en el área de influencia del proyecto; a través de los cuales se garantizó la participación de los actores involucrados (autoridades municipales, entes de control municipal, Juntas de Acción Comunal (JAC), veedurías ciudadanas y comunidad en general).

La recopilación de la información se realizó a través de la revisión de fuentes primarias (recolección de información en campo con actores sociales) y secundarias (Planes de Ordenamiento Territorial, Planes Básicos de Ordenamiento Territorial, Esquema de Ordenamiento Territorial, Planes de Desarrollo Municipales, diagnósticos de salud y educación, información del Departamento Administrativo Nacional de Estadística, de Cámara y Comercio de Bogotá, entre otros), lo cual constituyó la base para la consolidación del documento final.

1.5.11.2 Metodología para el levantamiento de información dirigida a la caracterización de la población

La recolección de información en campo se realizó en dos momentos, uno con los representantes de las administraciones y entes de control municipal, y otro con las comunidades ubicadas en el área de influencia local y puntual. Los anteriores mecanismos y estrategias de participación se adelantaron durante el periodo comprendido entre el 5 de agosto de 2014 al 19 de marzo de 2015. La información primaria se obtuvo a través de la aplicación de los siguientes instrumentos:

Ficha de observación socioeconómica veredal: A través de este instrumento, se reconocieron y describieron las condiciones socioeconómicas, culturales, demográficas, acceso a servicios públicos y sociales, infraestructura social y organizaciones e instituciones comunitarias existentes, así como las expectativas de las comunidades con relación a la ejecución del proyecto.

Ficha de observación socioeconómica predial: A través de este instrumento se consignaron aspectos económicos, demográficos, servicios públicos y sociales de algunos predios, en los cuales los propietarios y/o representantes facilitaron información. *Ésta fue utilizada como complemento para la caracterización de las veredas o unidades territoriales en el capítulo 3, sección 5 del EIA, es decir, las veredas por donde cruza el trazado de las líneas de transmisión y donde se localizará la subestación eléctrica.*

1.5.11.3 Estrategias y mecanismos de participación comunitaria

Por parte de la empresa se define el Plan de Gestión Social, que busca garantizar diversas estrategias y mecanismos de participación que vinculen los grupos de interés identificados

tanto en el área de influencia indirecta como directa, tales como administraciones municipales, entes de control municipal, veedurías ciudadanas, JAC, y comunidades en general ubicadas en el área de influencia local y puntual.

Estos mecanismos de participación buscaron:

- Garantizar información oportuna, clara y transparente durante todas las etapas del proyecto.
- Canalizar y atender las inquietudes de todos los interesados, generando mecanismos de respuesta oportuna y en profundidad.
- Recibir y analizar todas las recomendaciones expuestas por los diferentes grupos de interés, generando procesos de concertación que armonicen las expectativas, necesidades e intereses de las comunidades, con las dimensiones técnicas, ambientales y legales en las que se desarrolla el proyecto.
- Garantizar canales y mecanismos de contacto directo con la empresa que permitan ofrecer a la comunidad una respuesta oportuna a los requerimientos de información del proyecto.

De acuerdo con lo anterior, se previeron mecanismos informativos y de participación que fueron implementándose de acuerdo con las etapas del proyecto y los trabajos de campo, desde la etapa de la exploración topográfica, hasta el desarrollo de los estudios concernientes a los componentes de EIA. Dichos mecanismos incluyeron:

- Reuniones informativas con Autoridades Municipales y Personerías: Entre diciembre de 2013 y enero de 2014, se adelantó un primer contacto informativo con autoridades y personerías de los municipios de Sesquilé, Gachancipá, Suesca, Tocancipá, Nemocón y Cogua. En estos espacios se brindó la información de manera verbal y se entregó comunicación escrita con información general del proyecto. Se dieron a conocer los mecanismos de gestión social para informar y asegurar la participación de las comunidades en área de influencia del proyecto.
- Visitas de acercamiento en predio: Durante estos contactos se proporcionó información verbal, la cual fue registrada en formatos de relaciones estratégicas y actas de reunión. Así mismo, se hizo entrega de comunicado escrito con información general del proyecto (ver Anexo 3-15). Se referenciaron los objetivos y etapas del proyecto y mecanismos de contacto directo con CODENSA S.A. ESP. Se realizó la identificación de predios, propietarios o representantes y sus datos de contacto. Se solicitó acceso para trabajos de exploración y levantamiento topográfico.

- **Espacios de socialización con autoridades:** Una vez adelantadas las labores de exploración, se realizaron un total de seis (6) reuniones de socialización con autoridades municipales del área de influencia del proyecto tales como Gachancipá, Tocancipá, Zipaquirá, Cogua, Nemocón, y Sesquilé, las cuales fueron coordinadas y convocadas mediante comunicación escrita, enviada a alcaldías, personerías y concejo. Es necesario resaltar que las reuniones adelantadas en los municipios de Gachancipá, Sesquilé y Tocancipá, contaron con la presencia de representantes de la Personería Municipal.
- **Espacios de socialización con comunidad:** Fueron coordinados con las JAC en las diferentes veredas del área de influencia directa. Tuvieron un carácter abierto a toda la comunidad y contaron con una convocatoria amplia que busco la participación tanto de la comunidad como de los propietarios de los predios. Entre los mecanismos de convocatoria, se entregó comunicación escrita a las personerías municipales, presidentes de las JAC y representantes de los predios del Área de Influencia Directa puntual (ver Anexo 3-15.7). La entrega de los comunicados quedo consignada en el registro de convocatoria a reunión de socialización e inicio de Estudio de Impacto Ambiental. Igualmente, se fijaron carteles, cuya ubicación fue acordada con los líderes comunitarios en zonas estratégicas y de alta circulación comunitaria, los cuales incluían fecha, hora y lugar de la reunión (ver Anexo 3-15.7). En total se adelantaron, nueve (9) espacios de socialización que contaron con la participación de las comunidades de las veredas, los presidentes de las JAC y, en algunos espacios, Personería y Concejo municipal. A continuación, se relacionan los espacios de socialización de inicio:

Tabla 1-50 Socializaciones de Inicio

| N.º | Fecha | Municipio | Vereda |
|-----|------------|------------|--|
| 1 | 03/04/2014 | Gachancipá | San José, San Martín y El Roble Centro |
| 2 | 08/04/2014 | Tocancipá | Tibitoc |
| 3 | 24/04/2014 | Tocancipá | El Porvenir y La Fuente |
| 4 | 07/05/2014 | Zipaquirá | El Tunal |
| 5 | 21/05/2014 | Nemocón | Casa Blanca |
| 6 | 22/05/2014 | Nemocón | La Puerta y Oratorio |
| 7 | 07/06/2014 | Cogua | Mortiño y Rincón Santo |
| 8 | 13/06/2014 | Nemocón | Agua Clara |
| 9 | 19/08/2015 | Tocancipá | Canavita y Esmeralda |

Fuente: ACON, Miembro Grupo INERCO, 2015.

No solamente se presentó el proyecto, dando a conocer antecedentes, contexto, objetivos, características y ubicación; también se dio respuesta a las inquietudes presentadas por los asistentes y se canalizaron todas las recomendaciones y sugerencias expuestas.

Con relación a las veredas Palmira (Suesca), Verganzo (Tocancipá) y Chaleche (Sesquilé), no se realizó socialización de inicio, debido a que el eje del trazado solo involucra un predio por vereda, por lo cual se socializó el proyecto con los presidentes de las JAC y los propietarios de los predios respectivos. Por otra parte, las veredas Rincón Santo (Cogua) y Patio Bonito (Nemocón) corresponden a puntos de interconexión con la línea de transmisión Zipaquirá-T Peldar-Ubaté, y por tanto la afectación es mínima, pues son puntos en donde se cuenta con la infraestructura existente. Al igual que con las veredas antes relacionadas, se socializó el proyecto con los presidentes de las JAC.

- Espacios de Atención Integral Móvil: Para fortalecer el proceso de información de los alcances del proyecto (etapas, implicaciones ambientales etc.), durante los días 13 y 17 de mayo de 2014 se adelantaron dos (2) jornadas a través del Centro de Servicio Móvil de CODENSA S.A. ESP en la vereda San José, jurisdicción del municipio de Gachancipá. Estas permitieron generar un espacio con una atención más personalizada e información ampliada relacionada con las características del proyecto y ejes definidos en la fase de exploración para el paso de las redes.
- Reuniones de seguimiento con propietarios o representantes de predios: Para garantizar un pleno cubrimiento de la información a todos propietarios y los representantes de los predios que se identificaron dentro del área de incidencia directa puntual de los trazados, se realizaron reuniones en las que se brindó información y se atendieron las consideraciones particulares expuestas en relación con el proyecto.
- Reuniones de seguimiento y mesas de trabajo con grupos de interés: Igualmente, se atendieron todas las reuniones solicitadas tanto por propietarios, como por otras instancias como personerías, administraciones municipales para ampliación de la información, aclaración de temas relacionados con el proyecto, dando respuesta en profundidad y canalizando recomendaciones y solicitudes.
- Disposición de canales permanente de atención y contacto: De manera transversal al proceso de socialización y participación comunitaria, se generaron y mantuvieron canales de contacto directo con CODENSA S.A ESP.

Es de resaltar que las recomendaciones y sugerencias recogidas en desarrollo de todos los espacios de socialización, fueron analizadas y tenidas en cuenta para generar mejoras en lo concerniente a las fases de estudios y diseños. Entre las recomendaciones adoptadas, se realizó el cambio de la metodología de levantamiento topográfico, la revisión y ajustes al trazado en diferentes predios y sectores, el desarrollo de recorridos de campo y verificación de condiciones particulares referidas por propietarios. Igualmente se entregó toda la información requerida por parte de líderes, propietarios, autoridades. Vía e-mail, entre la información difundida, se encuentra ficha técnica del proyecto, mapas y planos, presentaciones, actas, perfiles de altura, informes técnicos de alternativas.

- Reuniones de devolución de resultados: Finalizando el proceso de información y comunicación con las autoridades locales, comunidades y propietarios identificados dentro del área de influencia directa e indirecta, en el mes de noviembre de 2015 se procedió a convocar a dichos actores sociales a las reuniones de socialización de resultados del estudio de impacto ambiental, como un espacio de carácter informativo, previo a la radicación ante la autoridad ambiental competente. Estos espacios de socialización se concibieron contemplando una participación conjunta, en la que los diferentes actores tuvieran la posibilidad de conocer el resultado del proceso y de interactuar desde sus diferentes posiciones, haciendo aportes constructivos para el desarrollo del proyecto.

Además de la presentación efectuada durante la reunión de resultados, CODENSA S.A ESP., diseñó y entregó cartillas a los asistentes durante cada reunión, como una herramienta complementaria, cuya finalidad es garantizar la recordación de algunos temas específicos relacionados con el proyecto, teniendo en cuenta que el proceso de licenciamiento conlleva tiempos adicionales y los actores sociales pueden hacer uso de esta herramienta en cualquier momento.

1.5.12 Estudio arqueológico

La metodología a implementar en el presente proyecto está dirigida a garantizar la salvaguarda del patrimonio arqueológico que pueda existir en el área de influencia directa del proyecto destinado a la construcción de la “*Subestación Norte 230/115 kV, Líneas de transmisión 115 kV y Módulos de conexión*”. Para tal efecto, se realizó una prospección arqueológica por medio de pozos de sondeo de 40 cm por 40 cm, con profundidades variables, a fin de determinar o corroborar la presencia de alteraciones en la estratigrafía y la presencia o ausencia de material arqueológico. Estos pozos se distribuyeron a lo largo de los tres (3) tramos y un (1) ramal, y se ubicaron en los puntos donde se proyecta construir

las torres. En total, se propuso realizar 168 pozos de sondeo correspondientes a cada punto de torre, de los cuales se realizó la evaluación de 82.

Cada pozo de sondeo fue registrado debidamente por medio de un formato de registro fotográfico, y también georreferenciado con GPS para indicar su localización, que en últimas arrojó un plano general. Cada sondeo se ubicó en el plano y se le asignó un consecutivo o número de lote, que además corresponde a una ficha en la cual se registraron las características del tipo de prueba realizada, así como del material cultural encontrado.

Luego de la prospección arqueológica llevada a cabo en las áreas puntuales que van a ser intervenidas por el desarrollo de las obras civiles, se procedió al análisis de la información obtenida para identificar las áreas de alto, medio y bajo potencial arqueológico.

Por último, se realizó un informe final que incluye una descripción de las actividades desarrolladas durante el trabajo de campo y el Plan de Manejo Arqueológico, el cual contiene un conjunto de medidas preventivas para evitar posibles impactos sobre el patrimonio arqueológico que eventualmente pueda hallarse en el área del proyecto.

El Plan de Manejo Arqueológico debe ser aprobado por el Instituto Nacional de Antropología e Historia (ICANH), para continuar con las siguientes fases del Programa de Arqueología Preventiva.

1.5.13 Valoración Económica Ambiental

En 2010, el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT), hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS), publicó la *Metodología General para la Presentación de Estudios Ambientales*, que incluye la evaluación económica ambiental o la valoración económica ambiental como requisito para la presentación de procesos de licenciamiento ambiental. El objetivo de la evaluación económica se describe de la siguiente forma:

(...) es conocer y cuantificar beneficios y costos económicos de dichas acciones para saber las verdaderas consecuencias sobre la sociedad. Por lo tanto, siempre se debe tener en cuenta que estos estudios son herramientas útiles en los procesos de planeación ex ante de las acciones a tomar para el control de impactos ambientales en proyectos de inversión²⁸.

²⁸ COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. (MADS-CEDE). Evaluación económica de impactos ambientales en proyectos sujetos a licenciamiento ambiental. p. 16. Recuperado el 15 de junio de 2013, de <http://www.andi.com.co/Archivos/file/Gerambiental/proyectosnormativos2010/manualtecnico.pdf>

Esta metodología se basa en el hecho que los flujos de bienes y servicios ambientales pueden ser afectados de forma adversa o benéfica por cualquier tipo de proyecto de inversión y, en general, por cualquier acción que el ser humano ejerza sobre los recursos naturales. El cambio en dichos flujos se verá reflejado en cambios en el bienestar de la sociedad.

En el marco de la valoración económica ambiental, con el fin de valorar y cuantificar los cambios producidos por los proyectos, el MADS propone un lineamiento que deben seguir todos los análisis costo-beneficio de los proyectos que son sujetos a licencia ambiental, el cual se compone de los siguientes pasos:

1. Valoración monetaria de los impactos más relevantes
2. Descontar el flujo de bienes y costos
3. Obtención de los principales criterios de decisión
4. Análisis de Sensibilidad

Se valoran económicamente aquellos impactos relevantes, sujetos a la plena identificación y cuantificación de la pérdida de bienes y servicios ambientales en el área de influencia del proyecto, asumiendo que los demás impactos puedan controlarse y generar beneficios/costos residuales.

La identificación de los impactos más relevantes se realizó a través de un panel de expertos, quienes identificaron la información apropiada y construyeron modelos cualitativos o cuantitativos para la predicción de impactos o para simular procesos ambientales.

En esta sección del EIA, se obtendrá la valoración monetaria de los impactos más relevantes atribuibles al proyecto. Para cada impacto se define una metodología, la cual está reglamentada mediante la Resolución 1478 de 2003, aclarando que se puede hacer uso de más de un método de valoración ambiental para cada impacto o se ajusta la metodología a la información disponible y a los requerimientos específicos de cada proyecto.

El valor monetario de los impactos relevantes negativos del proyecto es considerado como costo ambiental, y la valoración monetaria de los impactos positivos, como beneficios sociales, los cuales se agregan para construir un flujo de beneficios y costos ordenado bajo un mismo horizonte de tiempo. Luego, se determina mediante el análisis de la relación costo-beneficio (RBC) y del valor presente neto (VPN), la rentabilidad social del proyecto sujeto a licenciamiento ambiental. Por último, se realizan análisis de sensibilidad de estos

indicadores, modificando los intervalos de confianza de los elementos que la componen para observar la robustez de los resultados encontrados.

1.5.14 Evaluación de Impactos Ambientales

La evaluación de impactos ambientales se caracteriza por dos enfoques principales, a saber:

- Identificación de impactos sin proyecto
- Evaluación de impactos con proyecto

La identificación de los impactos antes del proyecto se realiza por medio del análisis de la línea base, por medio de la cual se identifican los impactos significativos que las dinámicas de las actividades cotidianas de la zona generan en los componentes ambientales objeto de estudio. Una vez se identifican estos impactos, se les da una magnitud positiva o negativa, de acuerdo con lo observado por los diferentes expertos temáticos.

Por su parte, en la evaluación de impactos con proyecto se empleó una matriz basada en la metodología de Vicente Conesa, del año 1995, en la que se tuvieron en cuenta los atributos descritos en la Tabla 1-51.

Tabla 1-51 Parámetros para determinar la importancia ambiental

| Atributo | Sigla | Rango | Valoración | Descripción |
|--------------|-------|-------|---------------|---|
| Carácter | C | + | Positivo | 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 un efecto benéfico, o negativo (-), cuando el impacto produce un efecto perjudicial para el componente. |
| | | - | Negativo | |
| Intensidad | I | 1 | Baja | Se refiere al grado de incidencia del impacto sobre el medio ambiente. Evalúa la gravedad o beneficio de las consecuencias de la alteración producida en los componentes ambientales o sociales del área. |
| | | 2 | Media | |
| | | 4 | Alta | |
| | | 8 | Muy Alta | |
| Extensión | Ex | 1 | Puntual | Define la magnitud del área afectada por el impacto, entendiéndose como tal la superficie relativa donde se desarrolla el mismo. |
| | | 2 | Local | |
| | | 4 | Parcial | |
| | | 8 | Extenso | |
| Probabilidad | Pr | 1 | Poco Probable | |

| Atributo | Sigla | Rango | Valoración | Descripción |
|----------------|-------|-------|-------------------------|--|
| | | 2 | Probable | Mide la certeza de que el impacto ocurra o no durante la ejecución del proyecto. |
| | | 4 | Cierto | |
| Duración | D | 1 | Fugaz | Corresponde al tiempo de permanencia del efecto o alteración producida por el impacto. |
| | | 2 | Temporal | |
| | | 4 | Permanente | |
| Tendencia | T | 1 | Decreciente | Comportamiento o cambio que manifiesta un impacto en la medida que transcurre el tiempo. |
| | | 2 | Estable | |
| | | 4 | Creciente | |
| Reversibilidad | Rv | 1 | Corto Plazo | Lapso que requiere el ecosistema frente a las alteraciones producidas por un impacto para retornar a las condiciones originales, SIN el uso de tecnología. |
| | | 2 | Mediano Plazo | |
| | | 4 | Largo Plazo | |
| | | 8 | Irreversible | |
| Mitigabilidad | Mt | 1 | Corto Plazo | Lapso que requiere el ecosistema frente a las alteraciones producidas por un impacto para retornar a las condiciones originales, CON el uso de tecnología. |
| | | 2 | Mediano Plazo | |
| | | 4 | Largo Plazo | |
| | | 8 | Irrecuperable | |
| Momento | Mo | 1 | Largo Plazo | Es el tiempo que transcurre entre el inicio de la actividad y la aparición del impacto sobre el elemento del medio considerado. |
| | | 2 | Mediano Plazo | |
| | | 4 | Corto Plazo | |
| | | 8 | Inmediato | |
| Efecto | Ef | 1 | Indirecto | Se refiere a la forma (directa o indirecta) de manifestación del efecto sobre el bien de protección. |
| | | 2 | Directo | |
| Periodicidad | Pe | 1 | Irregular Y Discontinuo | Se refiere a la regularidad con que se manifiesta el efecto. |
| | | 2 | Periódico | |
| | | 4 | Continuo | |
| Sinergia | S | 1 | Sin Sinergismo | Trata sobre el incremento progresivo del efecto, o la inclusión de efectos sinérgicos, ante el hecho de que dos impactos juntos pueden producir una alteración o cambio mayor que la suma de las dos unidades separadas. |
| | | 2 | Sinérgico | |
| | | 4 | Muy Sinérgico | |
| Acumulación | A | 1 | Simple | Evalúa si el impacto se incrementa progresivamente a través del tiempo. |
| | | 4 | Acumulativo | |

Fuente: ACON, Miembro Grupo INERCO, 2014.

Para la identificación de la Importancia Ambiental (IA) del impacto, en relación con los atributos descritos en la tabla anterior, se realiza la siguiente integración:

$$IA = C * (3I + 2Ex + Pr + D + T + Rv + Mt + Mo + Ef + Pe + S + A)$$

Donde:

| | | |
|----|---|---------------------------------|
| IA | = | Importancia ambiental |
| C | = | Carácter |
| I | = | Intensidad |
| Ex | = | Extensión |
| Pr | = | Probabilidad |
| D | = | Duración o Persistencia |
| T | = | Tendencia |
| Rv | = | Reversibilidad |
| Mt | = | Mitigabilidad o Recuperabilidad |
| Mo | = | Momento |
| Ef | = | Efecto |
| Pe | = | Periodicidad |
| S | = | Sinergismo |
| A | = | Acumulación |

Finalmente, la interpretación de los resultados se realiza de la forma como se muestra en la Tabla 1-52:

Tabla 1-52 Clasificación de los resultados de los impactos

| Importancia de impactos Positivos (+) | Clasificación | Importancia de impactos Negativos (-) | Clasificación |
|---------------------------------------|---------------|---------------------------------------|---------------|
| Leve | 15 y 33 | Irrelevante | -15 y -33 |
| Notable | 34 y 52 | Moderado | -34 y -52 |
| Significativo | 53 y 71 | Severo | -53 y -71 |
| Importante | 72 y 90 | Crítico | -72 y -90 |

Fuente: Adaptado de “CONESA 1995” por ACON, Miembro Grupo INERCO, 2014.

1.5.15 Plan de contingencia

La metodología utilizada en el análisis de riesgo para el presente estudio tuvo en cuenta dos momentos: El primero, estimando la probabilidad con la metodología de ACON, Miembro Grupo INERCO, y el segundo, utilizando el modelo propuesto por la Norma Española UNE 150008 EX Análisis y Evaluación del Riesgo Ambiental, expedida por la Asociación Española de Normalización y Certificación para la estimación de la vulnerabilidad, y que es adaptada para este estudio por ACON. Lo anterior se fundamenta en la definición de “afectación” en el entorno natural, humano y socioeconómico. El detalle de la metodología se presenta en el capítulo 10, acápite 10.1.3. Dicha metodología está compuesta por tres fases:

- Fase 1: Identificación y determinación de amenazas endógenas y exógenas del proyecto, tomando la información primaria recolectada y fuentes secundarias, verificación de bases de datos y sistema de información geográfica.
- Fase 2: Identificación y análisis de vulnerabilidad, para estimar la gravedad de las consecuencias de las amenazas identificadas en el entorno natural, humano y socioeconómico, utilizando escalas de probabilidad y consecuencia.
- Fase 3: Valoración del riesgo para cada una de las amenazas identificadas; análisis de los resultados de vulnerabilidad y amenaza.

A partir de los resultados de la información, se elabora el plan estratégico, operativo e informativo.

1.5.16 Sistemas de información geográfica

Para la realización de cualquier estudio ambiental, el uso de información cartográfica resulta imprescindible, ya que permite valorar fácilmente y de una forma global los diferentes aspectos ambientales. La disponibilidad de fotos aéreas y de satélite permite elaborar la cartografía que sirve de apoyo en proyectos sociales, de infraestructura, de desarrollo sostenible, de gestión de recursos y de análisis de variables ambientales entre otros. Aspectos como el paisaje, la delimitación de especies faunísticas o de flora, el análisis acústico, la interpretación de la cobertura vegetal y de los recursos forestales pueden ser contemplados, aplicando análisis cartográfico georreferenciado a los proyectos, a través de herramientas como los sistemas de información geográfica (SIG).

Con el propósito de identificar las características ambientales del proyecto “*Subestación Norte 230/115 kV, Líneas de transmisión 115 kV y Módulos de conexión*”, se tomaron fuentes de información geográfica como el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), el Servicio Geológico Colombiano (antes INGEOMINAS), las Corporaciones Autónomas Regionales, el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia (IDEAM), el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), Parque Nacionales Naturales de Colombia, entre otras, con el fin de identificar por componente las particularidades de la zona de estudio. De igual forma, se utilizó la herramienta LIDAR como técnica topográfica para la definición de los trazados y como instrumento para caracterización ambiental del estudio.

De acuerdo con la Resolución 1415 de 2012, mediante la cual se modifica y actualiza el modelo de almacenamiento geográfico (Geodatabase), la información cartográfica del proyecto “*Subestación Norte 230/115 kV, Líneas de transmisión 115 kV y Módulos de conexión*” se presenta según los lineamientos establecidos para el almacenamiento de datos.

1.6 Profesionales

Los profesionales que trabajaron en la ejecución del Estudio de Impacto Ambiental para el proyecto “*Subestación Norte 230/115 kV, Líneas de transmisión 115 kV y Módulos de conexión*” se nombran en la Tabla 1-53.

Tabla 1-53 Equipo de trabajo ACON, Miembro Grupo INERCO

| Nombre | Responsabilidad | Disciplina | Experiencia en el área ambiental (años) | Dedicación % |
|--------------------|--|---|---|--------------|
| Gabriel Medina | Director técnico del Proyecto | Ing. Civil; Esp. Gerencia de Recursos Naturales y Prevención de desastres; MSC Ingeniería Ambiental | 23 | 1 |
| Mónica Romero | Directora del Proyecto | Ing. Ambiental; Esp. Gerencia Integral de Proyectos | 8 | 5 |
| Carlos Armero | Co-director del Proyecto | Ing. Civil | 15 | 10 |
| Rosa Liseth Angulo | Coordinadora del Proyecto | Ing. Ambiental y Sanitaria; Esp. Gerencia de Salud Ocupacional | 6 | 90 |
| Wilson Patiño | Componente geosférico (geología, geomorfología, geotecnia e hidrogeología) | Geólogo | 8 | 20 |
| Lorena Lombana | Componente hidrológico y calidad del agua | Ing. Ambiental | 2 | 20 |
| Monica Peña | Componente Suelo | Ing. Agrónoma | 3 | 20 |
| Martha Tibaduiza | Componente Aire y Ruido | Ing. Química | 2 | 20 |
| Rossana López | Componente Fauna | Bióloga | 6 | 10 |
| Laura Ramirez | Componente Fauna | Bióloga | 2 | 20 |
| Jenny Rubio | Componente Flora | Bióloga | 1 | 20 |
| Oscar Garavito | Componente Flora-aprovechamiento forestal | Ing. Forestal | 3 | 20 |
| Harold Zambrano | Componente Flora-aprovechamiento forestal | Ing. Forestal | 1 | 20 |
| Edwin Cruz | Componente Flora-aprovechamiento forestal | Ing. Forestal | 1 | 20 |
| Nestor Rodriguez | Componente Flora-aprovechamiento forestal | Ing. Forestal | 7 | 40 |
| Patricia Cortés | Coordinadora componente social | Trabajadora Social | 6 | 40 |

| | | | |
|---|---|---|---|
|  INGENIERÍA & DISEÑO S.A. |  |  | ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL Capítulo 1. Generalidades CONTRATO 5700004954 |
| Codensa es una empresa del Grupo Enel | | | |

| Nombre | Responsabilidad | Disciplina | Experiencia en el área ambiental (años) | Dedicación % |
|------------------------|-------------------------|--|---|--------------|
| Lina María Rojas Ortiz | Componente social | Antropóloga | 1 | 90 |
| Tatiana Santa | Componente arqueológico | Antropóloga | 7 | 20 |
| Carolina Sastoque | Plan de contingencia | Ing. Ambiental y Sanitaria; Esp. Higiene y salud ocupacional | 9 | 15 |
| Andrea Reina | Profesional de apoyo | Ing. Ambiental | 1 | 90 |
| John Gómez | Especialista en SIG | Ing. Catastral | 9 | 40 |
| Giovanni Giusto | Profesional SIG | Geólogo | 3 | 60 |
| Roque Hernandez | Profesional SIG | Geólogo | 1 | 60 |

Fuente: ACON, Miembro Grupo INERCO, 2015.

1.7 Cronograma

En la Tabla 1-54 se relaciona el cronograma de ejecución para el Estudio de Impacto Ambiental.

Tabla 1-54 Cronograma para el Estudio de Impacto Ambiental

| Actividad | 2014 | | | | | | | | | | | 2015 | | | | | | | | | |
|--|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--|
| | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | |
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | | | |
| Revisión de información secundaria | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Trabajo de campo: visitas técnicas, muestreos, socializaciones, etc.* | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Monitoreo calidad del aire | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Monitoreo de ruido | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Monitoreo de calidad del agua | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Inventario forestal | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Caracterización fauna | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Estructuración de capítulo 1 generalidades y capítulo 2 descripción del proyecto | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Estudio arqueológico | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Estructuración de Capítulo 3 caracterización del área de influencia | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Estructuración de capítulo 4. Demanda, uso y aprovechamiento de recursos naturales | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Estructuración de capítulo 5. Evaluación de Impactos | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Estructuración de capítulo 6. Zonificación de Manejo Ambiental | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Estructuración de capítulo 7 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Estructuración de capítulo 8. Plan de Manejo Ambiental | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Estructuración de capítulo 9. Plan de Monitoreo y Seguimiento | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Estructuración de capítulo 10. Plan de Contingencias | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Estructuración de capítulo 11. Plan de abandono y restauración final | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Estructuración del documento | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Revisión y ajustes al documento | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Fuente: ACON, Miembro Grupo INERCO, 2015.