

CAPÍTULO 5. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA

5.1 MEDIO ABIÓTICO

5.1.11 ATMÓSFERA



Transmisora Colombiana
de Energía S.A.S. E.S.P.



COMPLEMENTO DEL ESTUDIO DE
IMPACTO AMBIENTAL- MODIFICACIÓN 2
LICENCIA AMBIENTAL RESOLUCIÓN No.
170 / 2021 – INFORMACIÓN ADICIONAL

Proyecto Segundo refuerzo de red
en el área oriental: Línea de transmisión
La Virginia – Nueva Esperanza 500 kV

UPME 07 2016

TCE-ET2W-GPB00-0003-1

Control de Cambios SMAYD LTDA

FECHA 26/09/2022	VERSIÓN V0	DESCRIPCIÓN Versión Inicial
ELABORADO POR: Grupo interdisciplinario SMAYD LTDA	REVISADO POR: A. Fajardo	APROBADO POR: A. Fajardo

Control de Revisiones TCE

FECHA 03/10/2022	VERSIÓN V1	DESCRIPCIÓN Versión Final
ELABORADO POR: SMAYD LTDA	REVISADO POR: TCE S.A.S.	APROBADO POR: TCE S.A.S.

CONTENIDO

5. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA	6
5.1 Medio abiótico	6
5.1.11 Atmósfera.....	6
5.1.11.1 Identificación de fuentes de emisiones atmosférica.....	6
5.1.11.1.1 Datos generales obtenidos en el aforo vehicular	9
5.1.11.1.2 Resultados de la modelación.....	12
5.1.11.2 Calidad del aire (información de inmisión)	15
5.1.11.3 Ruido	16
5.1.11.3.1 Fuentes de generación de ruido y potenciales receptores de interés.....	16
5.1.11.3.2 Proceso metodológico	20
5.1.11.3.3 Descripción del área de estudio	30
5.1.11.3.4 Resultados	36
5.1.11.3.5 Análisis de resultados	36
5.1.11.3.6 Modelación de ruido	44
BIBLIOGRAFÍA.....	68

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 5-1 Puntos de aforo vehicular municipios de San Antonio de Tequendama y Soacha	6
Tabla 5-2 Punto de aforo vehicular 3	7
Tabla 5-3 Punto de aforo vehicular 4	7
Tabla 5-4 Punto de aforo vehicular 6	8
Tabla 5-5 Aforo vehicular en día hábil.....	9
Tabla 5-6 Aforo vehicular en día no hábil.....	10
Tabla 5-7 Carga contaminante – Criterio área de influencia previa al proyecto	13
Tabla 5-8 Carga contaminante – Criterio – Flota vehicular del proyecto.....	13
Tabla 5-9 Aportes del proyecto a la línea base – Criterio	14
Tabla 5-10 Calidad del aire estación Soacha – Colegio	15
Tabla 5-11. Fuentes Lineales donde transitan las Fuentes Móviles de ruido	17
Tabla 5-12 Receptores de ruido identificados en la zona de estudio	18
Tabla 5-13 Elementos cercanos a las estaciones de monitoreo de ruido ambiental.....	19
<i>Tabla 5-14. Puntos de monitoreo de ruido ambiental</i>	<i>21</i>
Tabla 5-15 Descripción de equipos utilizados en trabajo de campo.....	24
Tabla 5-16 Coordenadas de los puntos de Monitoreo de Ruido Ambiental	31
Tabla 5-17 Cronograma de actividades, monitoreo de ruido	31
Tabla 5-18 Punto de monitoreo de ruido ambiental 01	32
Tabla 5-19 Punto de monitoreo de ruido ambiental 02	32
Tabla 5-20 Punto de monitoreo de ruido ambiental 03	33
Tabla 5-21 Punto de monitoreo de ruido ambiental 04	33
Tabla 5-22 Punto de monitoreo de ruido ambiental 05	34
Tabla 5-23 Punto de monitoreo de ruido ambiental 06	34
Tabla 5-24 Fuentes de sonido identificadas monitoreo ruido ambiental. Punto Descripción de la fuente	35
Tabla 5-25 Comparación normativa resultados LRAeq ruido ambiental diurno hábil.....	36
Tabla 5-26 Comparación normativa resultados LRAeq ruido ambiental nocturno hábil.....	38
Tabla 5-27 Comparación normativa resultados LRAeq ruido ambiental diurno no hábil.....	40
Tabla 5-28 Comparación normativa resultados LRAeq ruido ambiental nocturno no hábil.....	41
Tabla 5-29 Estándares máximos permisibles de niveles de Ruido Ambiental	45
Tabla 5-30 Coordenadas de los puntos de Monitoreo Ruido Ambiental	46

Tabla 5-31 Resultados LRAeq ruido ambiental en el AI del proyecto	47
Tabla 5-32 Niveles de ruido (L_{eq}) observados y simulados en los puntos de control para el área completa del proyecto	59
Tabla 5-33 Estadísticos de error obtenidos a partir de niveles de ruido observados y simulados en el área completa del proyecto	59
Tabla 5-34 Características Mezclador de Concreto Tipo	60
Tabla 5-35 Características Cabrestante-Frenadora Tipo	61
Tabla 5-36 Características Camión Turbo NPR	62
Tabla 5-37 Características Jeep Willys	62
Tabla 5-38 Características NPR Minibus	63
Tabla 5-39 Fuentes de emisión de Ruido Escenario con Proyecto – Etapa de Construcción	63
Tabla 5-40 Niveles de ruido ambiental (4 m) obtenidos en puntos de control para el mapa base y la simulación de escenarios de la etapa constructiva	67

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 5-1 Sitios de aforo y fuentes emisión lineal	11
Figura 5-2 Georreferenciación de los receptores de interés	17
Figura 5-3 Cruce AICA Bosques de la Falla de Tequendama con el Área de Influencia del Proyecto	19
Figura 5-4 Ubicación del micrófono para medición de ruido ambiental	26
Figura 5-5 Ubicación geográfica de las estaciones de monitoreo	30
<i>Figura 5-6 Comportamiento nivel de presión sonora horario diurno hábil Sector C- Zonas con otros usos relacionados – Limite 80 dB</i>	<i>36</i>
<i>Figura 5-7 Comportamiento nivel de presión sonora horario diurno hábil Sector C- Zonas con usos permitidos industriales - Limite 75 dB</i>	<i>37</i>
<i>Figura 5-8 Comportamiento nivel de presión sonora horario diurno hábil Sector D - Rural habitada destinada a explotación agropecuaria – Límite 55 dB</i>	<i>37</i>
<i>Figura 5-9 Comportamiento nivel de presión sonora horario nocturno hábil Sector C - Zonas con otros</i>	<i>38</i>
<i>Figura 5-10 Comportamiento nivel de presión sonora horario nocturno hábil Sector C - Zonas con usos</i>	<i>39</i>
<i>Figura 5-11 Comportamiento nivel de presión sonora horario nocturno hábil Sector D - Rural habitada destinada a explotación agropecuaria – Límite 45 dB</i>	<i>39</i>
<i>Figura 5-12 Comportamiento nivel de presión sonora horario diurno no hábil Sector C - Zonas con otros</i>	<i>40</i>
<i>Figura 5-13 Comportamiento nivel de presión sonora horario diurno no hábil Sector C - – Zonas con usos permitidos industriales - Límite 75 dB</i>	<i>40</i>

<i>Figura 5-14 Comportamiento nivel de presión sonora horario diurno no hábil Sector D - Rural habitada destinada a explotación agropecuaria – Límite 55 dB</i>	<i>41</i>
<i>Figura 5-15 Comportamiento nivel de presión sonora horario nocturno no hábil Sector C - Zonas con otros usos relacionados - Límite 70 dB</i>	<i>42</i>
<i>Figura 5-16 Comportamiento nivel de presión sonora horario nocturno no hábil Sector C - Zonas con usos permitidos industriales - Límite 70 dB</i>	<i>42</i>
<i>Figura 5-17 Comportamiento nivel de presión sonora horario nocturno no hábil Sector D - Rural habitada destinada a explotación agropecuaria – Límite 45 dB</i>	<i>43</i>
Figura 5-18 Ubicación geográfica de las estaciones de monitoreo - receptores	47
Figura 5-19 Georreferenciación de los elementos de interés	48
Figura 5-20 Información base para ingreso al modelo SoundPLAN v4.1	54
Figura 5-21 Vista en planta de configuración de modelo SoundPLAN para modelización de ruido en el área completa de interés en el proyecto	55
Figura 5-22 Opciones de configuración del modelo SoundPLAN para iniciar corrida	55
Figura 5-23 Vista 3D de configuración de modelo SoundPLAN para modelización de ruido en el área completa de interés en el proyecto	56
Figura 5-24 Vista 3D de configuración de modelo SoundPLAN para modelización de ruido en el área completa de interés en el proyecto – bitmap de Google Earth	56
Figura 5-25 Mapas base de dispersión de ruido en el área del proyecto	57
Figura 5-26 Mapa de receptores obtenido en el área completa del proyecto	58
Figura 5-27 Mapa de receptores obtenido en el área completa del proyecto	65
Figura 5-28 Mapa de ruido diurno para el escenario constructivo del proyecto	66
Figura 5-29 Mapa de ruido diurno para el escenario línea base del proyecto	66

LISTADO DE ANEXOS

- A5.1.11.1 Estimación de emisiones vehiculares por fuentes móviles
- A5.1.11.2 Estación de calidad del aire Colegio Soacha
- A5.1.11.3 Ruido

5. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA

5.1 Medio abiótico

5.1.11 Atmósfera

5.1.11.1 Identificación de fuentes de emisiones atmosférica

Se radica ante la Autoridad ambiental, para el caso del presente capítulo, la información adicional concerniente al Requerimiento No. 9 del Acta No. 69 de 2022. El área de influencia contemplada para la Solicitud de la Modificación No. 2 de Licencia Ambiental otorgada mediante Resolución No. 170 del 15 de enero de 2021 y confirmada mediante Resolución No. 1363 del 04 de agosto de 2021, denominada ahora «Modificación No. 2», perteneciente al Proyecto UPME 07-2016 «Segundo Refuerzo de Red en el Área Oriental: Línea de transmisión La Virginia – Nueva Esperanza 500 kV» el proyecto UPME 07 de 2016 abarca parte de los municipios de San Antonio del Tequendama y de Soacha.

La zona urbana más cercana es el municipio de Soacha que cuenta con una vía primaria denominada Soacha-Mondoñedo, que se une a una vía terciaria que comunica a la vereda Cascajal; existe otra vía terciaria en el municipio de San Antonio de Tequendama que comunica la vereda Chicaque con la vía secundaria Mesitas del Colegio – El Charquito.

Según la población el tipo de vivienda es propia, en arriendo o aparcería, estas zonas son de una estructura pequeña o mediana, con gran extensión de tierra para otros usos. El sector predominante es el primario, principalmente ganadería y la agricultura.

Los puntos para el aforo vehicular se establecieron a partir de la cartografía y el trazado de la línea de transmisión, identificando vías principales, secundarias y terciarias de la zona con el trazado de la Modificación No 2 del proyecto, los cuales fueron corroborados en campo mediante inspección técnica.

Tabla 5-1 Puntos de aforo vehicular municipios de San Antonio de Tequendama y Soacha

Jerarquía de la vía según INVIAS	N.º Punto Planteado	N.º Punto Efectuado	Observaciones	Coordenadas	
				X	Y
Vía terciaria	3	SI	Vía acceso a la vereda Cascajal	4857829.925	2066166.798
Vía primaria	4	SI	Vía acceso Soacha – Mondoñedo)	4858287.733	2066754.255
Vía terciaria	6	SI	Vía destapada de acceso a la vereda Chicaque	4854629.373	2065748.077

Fuente: (SGI Consultoría e Ingeniería SAS & Smayd Ltda., 2022)

Las características de los puntos de aforo vehicular se presentan en las Tabla 5-2, Tabla 5-3 y Tabla 5-4.

Tabla 5-2 Punto de aforo vehicular 3

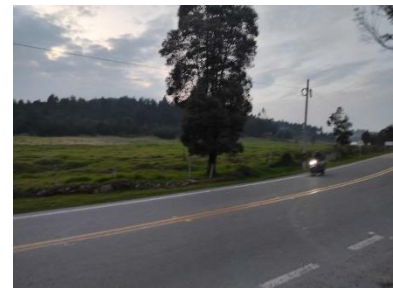
VÍA DE ACCESO A LA VEREDA CASCAJAL (3)		
Coordenadas	X	4857829.925
	Y	2066166.798
	Vereda	Canoas
	Municipio	Soacha
	Departamento	Cundinamarca
Descripción del punto de monitoreo	La fecha de toma de muestra 19 y 20 de febrero de 2022, abarcando día hábil y no hábil. Corresponde a una vía terciaria de un carril que conduce al ingreso del Parque Natural Chicaque por la entrada a la vereda Cascajal con terreno montañoso, posee un ancho de calzada de 5.5 m, con tipo de pavimento destapado con recebo y una pendiente de 0.77%. Paralelo a la vía se observan árboles, cactus y vegetación herbácea, además un asentamiento de al menos 7 viviendas en sentido norte y suroeste del punto de aforo.	



Fuente: (SGI Consultoría e Ingeniería SAS & Smayd Ltda., 2022)

Tabla 5-3 Punto de aforo vehicular 4

VÍA SOACHA – MONDOÑEDO (4)		
Coordenadas	X	4858287.733
	Y	2066754.255
	Vereda	Canoas (entrada a vereda Cascajal)
	Municipio	Soacha
	Departamento	Cundinamarca
Descripción del punto de monitoreo	La fecha de toma de muestra 19 y 20 de febrero de 2022, abarcando día hábil y no hábil. Corresponde a una vía colectora departamental primaria que conduce de La Mesa a Soacha, con dos carriles en doble sentido con terreno aparentemente plano, ancho de calzada de 3.2 m con tipo de pavimento Asfáltico y pendiente de 2.7%. Alrededor se observan pastizales con alta presencia de eucaliptos y pinos, también se identifica una barrera vegetal y zona montañosa con árboles de aproximadamente 20 m de altura. Se logró observar pocos asentamientos de viviendas y actividades de agricultura.	



Fuente: (SGI Consultoría e Ingeniería SAS & Smayd Ltda., 2022)

Segundo Refuerzo de Red en el Área Oriental: Línea de transmisión La Virginia – Nueva Esperanza 500kV - UPME 07 2016

Tabla 5-4 Punto de aforo vehicular 6

NOMBRE	VÍA VEREDA CHICAQUE (6)		
Coordenadas	X	4854629.373	
	Y	2065748.077	
	Vereda	Chicaque	
	Municipio	San Antonio de Tequendama	
	Departamento	Cundinamarca	
Descripción del punto de monitoreo	La fecha de toma de muestra 19 y 20 de febrero de 2022, abarcando día hábil y no hábil. corresponde a una vía terciaria de un tramo (Cusio – Chicaque), posee un terreno montañoso, con un ancho de calzada de 7.6 m y tipo de pavimento destapado sin pavimentar y pendiente de 6.4%. El punto se encuentra rodeado por barreras ecológicas en donde predominan los arbustos, pastizales y los pinos en cada lado de la carretera. Se logró observar una vivienda a 500 m aproximadamente. Así mismo se evidenciaron actividades de ganadería.		

Fuente: (SGI Consultoría e Ingeniería SAS & Smayd Ltda., 2022)

5.1.11.1.1 Datos generales obtenidos en el aforo vehicular

En la Tabla 5-5 y Tabla 5-6 se presenta el aforo vehicular en día hábil y no hábil para el área del proyecto Modificación No. 2 de la Licencia Ambiental otorgada mediante Resolución No. 170 del 15 respectivamente.

Tabla 5-5 Aforo vehicular en día hábil
AFORO VEHICULAR CUNDINAMARCA DIA HÁBIL

ID PUN TO	Fecha	Municipio	Punto de monitoreo	TIPO DE VEHÍCULO										Total, de vehículos
				MOTOS	BICICLETAS	AUTOMÓVILES	CAMIONETAS	MICROBÚS	BUSES	C2P	C2G (Camiones)	C3	CA (Camión articulados)	
3	19/02/ 2022	Soacha	Vía Cascajal DH	41	0	148	30	0	41	0	8	0	5	273
4	19/02/ 2022	Soacha	Vía Soacha – Mondoñedo DH	5705	0	4606	1235	0	432	0	1820	0	704	14502
6	19/02/ 2022	San Antonio de Tequendama	Vía Chicaque DH	1	0	0	3	0	0	0	2	0	0	6
Total				5747	0	4754	1268	0	473	0	1830	0	709	14781

Fuente: (SGI Consultoría e Ingeniería SAS & Smayd Ltda., 2022)

Tabla 5-6 Aforo vehicular en día no hábil

AFORO VEHICULAR CUNDINAMARCA DIA NO HÁBIL														
ID PUN TO	Fecha	Municipio	Punto de monitoreo	TIPO DE VEHICULO										
				MOTOS	BICICLETAS	AUTOMÓVILES	CAMIONETAS	MICROBÚS	BUSES	C2P	C2G (Camiones)	C3	CA (Camión articulados)	Total, de vehículos
3	20/02/20 22	Soacha	Vía Cascajal DNH	80	0	212	43	0	35	0	0	0	0	370
4	20/02/20 22	Soacha	Vía Soacha - Mondoñedo DNH	2993	0	4114	891	0	330	0	791	0	301	9420
6	20/02/20 22	San Antonio de Tequenda ma	Vía Chicaque DNH	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
Total				3078	0	4326	934	0	365	0	791	0	301	9795

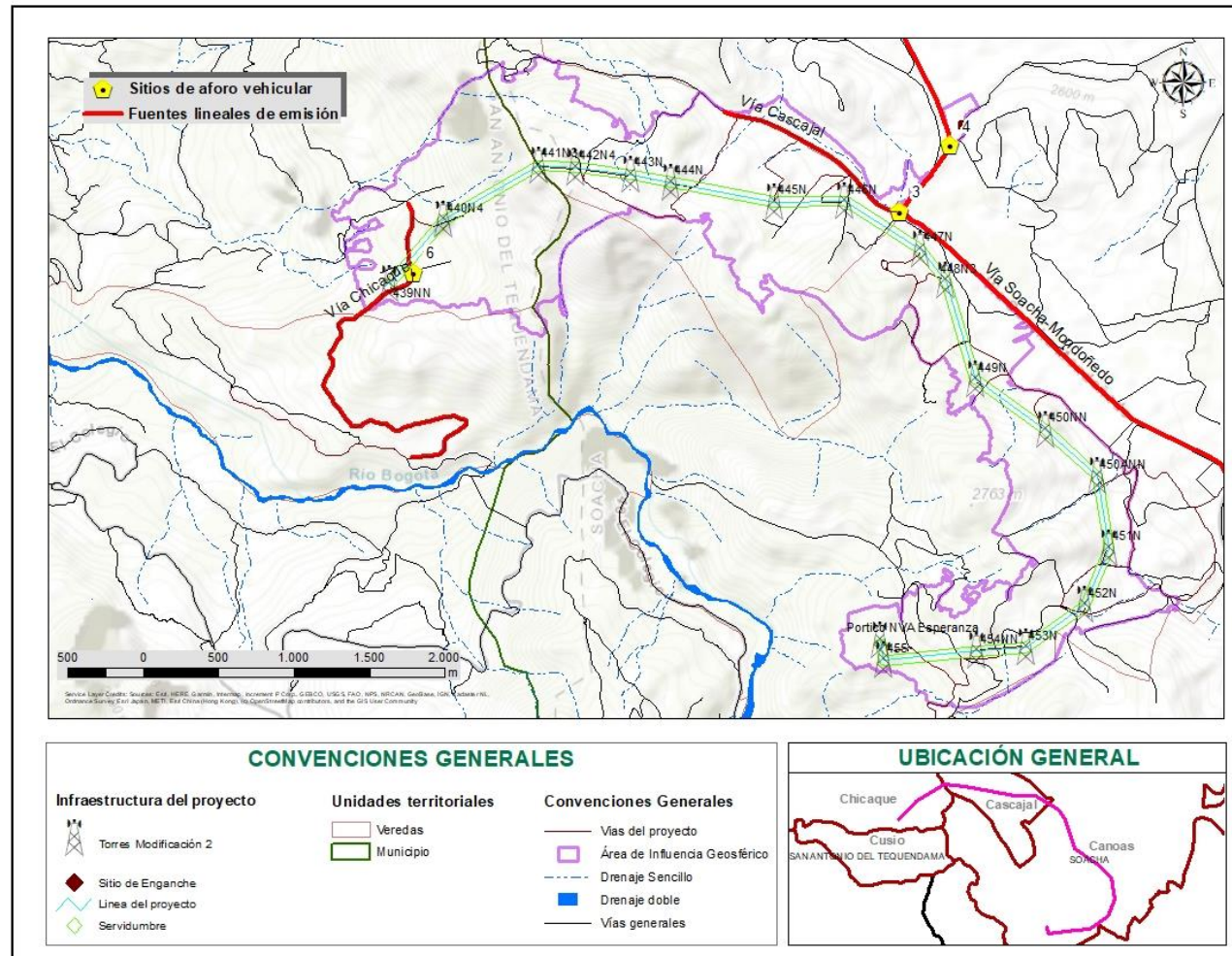
Fuente: (SGI Consultoría e Ingeniería SAS & Smayd Ltda., 2022)

De acuerdo con los aforos vehiculares ejecutados en los puntos establecidos denominados como Punto 3, Punto 4 y Punto 6 se concluye que las vías clasificadas como vías terciarias predomina el tránsito de vehículos de carga liviana como motos y automóviles, únicamente en el punto 3 se logró identificar una distribución de tránsito de automóviles que utilizan como combustible la gasolina corriente tanto en día hábil como no hábil.

Para la vía principal (Punto 4) se identificó alto flujo vehicular en donde predominan los vehículos de tráfico liviano como las motos y automóviles, seguido de camionetas, camiones de dos ejes C2G, camión articulado CA y en menor proporción tránsito de buses.

Para la estimación de las emisiones atmosféricas por fuentes móviles se utiliza el aforo de vehículos y se define el tramo de vía con influencia directa por el tránsito de vehículos asociados al desarrollo del proyecto, como se presentan Figura 5-1.

Figura 5-1 Sitios de aforo y fuentes emisión lineal



Fuente: SMAYD LTDA., 2022

5.1.11.1.2 Resultados de la modelación

Como parte del trabajo realizado y con base en la información obtenida de los aforos vehiculares realizados en campo, se ha estimado el comportamiento vehicular en el área de estudio. Los resultados detallados de la modelación con el software COPERT dispuesto en los términos de referencia para la elaboración del estudio de impacto ambiental - EIA proyectos de sistemas de transmisión de energía eléctrica TdR-17 del año 2018, emitidos por la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales – ANLA y el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible – MADS; *y en atención al Requerimiento No. 9, literal A, establecido por la ANLA en el Acta de Reunión de Información Adicional No. 69 del 4 y 5 de agosto de 2022, el cual demanda «Presentar informe técnico y anexos correspondientes de la determinación de las emisiones de las fuentes móviles actuales y proyectadas»*, se presentan en el *Anexo A5.1.11.1*.

Se aplica la metodología descrita en la tesis “ESTIMACIÓN DE EMISIONES ATMOSFÉRICAS POR FUENTES MÓVILES EN RUTA APLICANDO LA METODOLOGÍA COPERT Y DETERMINACIÓN DE LAS EMISIONES DE MATERIAL PARTICULADO RESUSPENDIDO CON INFORMACIÓN LOCAL (MANIZALES – AÑO BASE 2017)” (TREJOS ZAPATA, 2021) utilizada para el cálculo de las emisiones atmosféricas por fuentes móviles.

Por su parte, es válido indicar que desde el punto de vista de la estadística descriptiva los ensayos de aforo permiten establecer las siguientes características de flujo vehicular donde tendrán influencia por circulación de su flota vehicular:

a. Cundinamarca:

En el caso de la vía clasificada como primaria (Variante Soacha – Mondoñedo) y terciarias (Acceso veredas Cascajal y Chicaque), se logró una medición de 14781 vehículos en un periodo de 24 horas para un día hábil con la siguiente distribución 39% motos, 32% automóviles, 9% camionetas, 3% buses, 12% C2G (Camiones) y 5% CA (Camiones articulados) lo que representa mayor circulación de vehículos livianos.

Por otra parte, para el día no hábil se registraron 9795 vehículos en un periodo de 24 horas con distribución de 31% motos, 44% automóviles, 10% camionetas, 4% buses, 8% C2G (Camiones) y 3% CA (Camiones articulados). En los días no hábiles puede disminuir hasta en 40% conservando una tendencia similar para cada categoría vehicular registrada.

b. De la simulación de emisiones por fuentes móviles mediante el modelo COPERT

En el área de influencia del proyecto Modificación No. 2 de Licencia Ambiental en los escenarios planteados se tiene las siguientes conclusiones:

Se estimó la carga másica anual de emisiones de contaminantes criterio en el área de influencia del Proyecto en un escenario previo al inicio de las obras, presentadas en la Tabla 5-7.

Tabla 5-7 Carga contaminante – Criterio área de influencia previa al proyecto

Jornada	Criterio (ton/año)							
	CO (t)	CO2 (t)	COV (t)	NO2 (t)	NOx (t)	PM2.5 (t)	PM10 (t)	SO2 (t)
Total Día Hábil	0.443422	13.83219	0.38621	0.011996	0.116493	0.006163	0.007263	0.000757
Total Día No Hábil	0.239221	8.315687	0.27536	0.006144	0.060196	0.003201	0.003843	0.000526

En atención al Requerimiento No. 9, literal A, establecido por la ANLA en el Acta de Reunión de Información Adicional No. 69 del 4 y 5 de agosto de 2022, el cual demanda «Presentar informe técnico y anexos correspondientes de la determinación de las emisiones de las fuentes móviles actuales y proyectadas», los resultados del modelo COPERT se adjuntan en el Anexo A5.1.11.1.

Fuente: SMAYD LTDA., 2022

De acuerdo con la información suministrada en el Informe de elaboración de inventario de fuentes móviles (IB INGENIEROS Y BIOLOGOS SAS & TCE SAS ESP, 2018) anexo del estudio de impacto ambiental del Proyecto Segundo refuerzo de red en el área oriental: Línea de transmisión La Virginia – Nueva Esperanza 500 kV (TCE, 2019), se realiza la estimación de las emisiones por la flota vehicular del proyecto en el área de influencia de acuerdo con la modificación No. 2 de la Licencia Ambiental Resolución 170/2021. Teniendo en cuenta que se usan dos van, una camioneta 4x4, una turbo de 4.5 Ton y un camión de 8 Ton durante la etapa constructiva.

En la Tabla 5-8 se presenta las emisiones atmosféricas estimadas por la flota vehicular asociada al proyecto para el área de influencia de la Modificación No 2.

Tabla 5-8 Carga contaminante – Criterio – Flota vehicular del proyecto

Punto de monitoreo	CRITERIO							
	CO (t)	CO2 (t)	COV (t)	NO2 (t)	NOx (t)	PM2.5 (t)	PM10 (t)	SO2 (t)
Vía Cascajal	5.43E-05	1.26E-02	2.73E-04	8.39E-06	8.23E-05	1.35E-05	1.43E-05	2.88E-07
Vía Chicaque	1.32E-04	3.06E-02	2.96E-04	2.04E-05	2.00E-04	3.27E-05	3.48E-05	6.99E-07
Vía Soacha - Mondoñedo	1.31E-04	2.89E-02	2.88E-04	1.69E-05	1.66E-04	3.50E-05	3.74E-05	6.32E-07
Total Flota del proyecto	3.17E-04	7.21E-02	8.57E-04	4.56E-05	4.49E-04	8.11E-05	8.65E-05	1.62E-06

En atención al Requerimiento No. 9, literal A, establecido por la ANLA en el Acta de Reunión de Información Adicional No. 69 del 4 y 5 de agosto de 2022, el cual demanda «Presentar informe técnico y anexos correspondientes de la determinación de las emisiones de las fuentes móviles actuales y proyectadas», los resultados del modelo COPERT se adjuntan en el Anexo A5.1.11.1.

Fuente: SMAYD LTDA., 2022

Se estima el aporte masico de contaminantes criterio del proyecto sobre la línea base del área de influencia del proyecto (Tabla 5-9).

Tabla 5-9 Aportes del proyecto a la línea base – Criterio

% DE APORTES DEL PROYECTO A LA LÍNEA BASE								
Punto de monitoreo	Criterio							
	CO	CO2	COV	NO2	NOx	PM2.5	PM10	SO2
% Aporte Cascajal	3.68%	7.50%	3.62%	4.42%	4.69%	16.07%	15.47%	4.16%
% Aporte Chicaque	69.7%	92.1%	70.5%	99.7%	99.2%	99.3%	98.9%	71.4%
% Aporte Soacha - Mondoñedo	0.03%	0.21%	0.08%	0.14%	0.14%	0.57%	0.52%	0.08%
% Aporte Total área del proyecto	0.07%	0.52%	0.22%	0.38%	0.38%	1.30%	1.18%	0.21%
<i>En atención al Requerimiento No. 9, literal A, establecido por la ANLA en el Acta de Reunión de Información Adicional No. 69 del 4 y 5 de agosto de 2022, el cual demanda «Presentar informe técnico y anexos correspondientes de la determinación de las emisiones de las fuentes móviles actuales y proyectadas», los resultados del modelo COPERT se adjuntan en el Anexo A5.1.11.1.</i>								

Fuente: SMAYD LTDA., 2022

Las emisiones aportadas por la flota necesaria para el proyecto no son significativas para la variante Soacha – Mondoñedo con aportes que no superan el 1%. Por otra parte, para la vía de acceso a la vereda Cascajal los contaminantes criterio aumentan hasta en un 16% y para la vía de acceso a la vereda Chicaque las emisiones serán casi en su totalidad aportadas por la flota vehicular del proyecto debido a que esta es una vía con flujo vehicular bajo o casi nulo.

En total los aportes de contaminantes criterio son inferiores al 2% teniendo como base las emisiones estimadas para un día hábil, por lo tanto, se puede inferir que las emisiones vehiculares por la flota vehicular del proyecto no son representativas en comparación con las que se generan bajo el escenario sin este.

5.1.11.2 Calidad del aire (información de inmisión)

De acuerdo con lo dispuesto en los términos de referencia para la elaboración del estudio de impacto ambiental - EIA proyectos de sistemas de transmisión de energía eléctrica TdR-17 del año 2018, emitidos por la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales – ANLA y el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible – MADS, en caso de que alguna de las etapas del proyecto vaya a requerir permiso de emisiones atmosféricas, se deberá identificar el estado de la calidad del aire en concentración para gases y material particulado, sobre los receptores identificados en cercanías del proyecto.

No obstante, tal como se comenta en el capítulo 7 – Demanda, uso, aprovechamiento y/o afectación de recursos naturales, el presente proyecto no requiere de la solicitud de un permiso de emisiones atmosféricas, toda vez que sus características técnicas y actividades inherentes al desarrollo de sus etapas de construcción y operación no precisan la instalación o funcionamiento de fuentes fijas de emisión.

Así mismo, contemplando lo dispuesto en el Artículo 2.2.5.1.7.2 Casos que requieren permiso de emisión atmosférica, del Decreto 1076 de 2015, Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiental y Desarrollo Sostenible, las actividades, obras o servicios, públicos o privados, para los cuales se debe solicitar el permiso de emisiones atmosférica son: a) Quemadas abiertas controladas en zonas rurales, b) Descarga de humos, gases, vapores, polvos o partículas por ductos o chimeneas de establecimientos industriales, comerciales o de servicio, c) emisiones fugitivas o dispersas de contaminantes por actividades de explotación minera a cielo abierto, d) incineración de residuos sólidos, líquidos y gaseosos, e) operaciones de almacenamiento, transporte, carga y descarga en puertos susceptible de generar emisiones al aire, f) operación de calderas o incineradores por un establecimiento industrial o comercial, g) quema de combustibles, en operación ordinaria, de campos de explotación de petróleo y gas, h) procesos o actividades susceptibles de producir emisiones de sustancias tóxicas, i) producción de lubricantes y combustibles, j) refinación y almacenamiento de petróleo y sus derivados, y procesos fabriles petroquímicos, k) operación de plantas termoeléctricas, l) operación de reactores nucleares y m) actividades generadoras de olores ofensivos.

En virtud de lo anterior, y teniendo en cuenta que la Modificación No. 2 de Licencia Ambiental otorgada mediante Resolución No. 170 del 15 de enero de 2021 del Proyecto UPME 07-2016 «Segundo Refuerzo de Red en el Área Oriental: Línea de transmisión La Virginia – Nueva Esperanza 500 kV» no se enmarca al interior de alguna de las actividades indicadas en el Artículo 2.2.5.1.7.2 del Decreto 1076 de 2015, el presente Estudio de Impacto Ambiental no presenta de la identificación del estado de la calidad del aire, conforme lo requerido en el numeral 5.1.11.2 de los términos de referencia TdR-17.

La estación de calidad del aire más cercana al área de influencia del proyecto se encuentra en el municipio de Soacha denominada Soacha - Colegio en el sistema SISAIRE ubicada en coordenadas planas CTM 12 4867437.2979 y 2063491.1005. A continuación, se muestran los datos reportados por esta estación entre el 15 de enero y el 16 de febrero de 2022.

Tabla 5-10 Calidad del aire estación Soacha – Colegio

PARÁMETROS	Promedio	Máximo	Mínimo	Res. 2254/2017
PM10 - 24 horas	71.68	131.93	23.51	75
PM2.5 - 24 horas	26.75	47.40	12.78	37
NO2 – 1 hora	36.76	104.19	9.48	200
SO2 - 1 hora	11.10	61.34	1.06	100
CO - 1 hora	710	3856.12	130.76	35000

Fuente: (SISAIRE, 2020)

5.1.11.3 Ruido

El avance tecnológico producto del dinamismo económico ha generado un impacto positivo en el avance industrial a nivel mundial, pero también una repercusión en el medio ambiente, debido a las consecuencias que han generado las diferentes actividades a nivel ecosistémico afectando el entorno en relación con el agua, suelo y aire. La contaminación sonora es una de las problemáticas más complejas debido a la afectación a la salud y a las medidas requeridas para su control adecuado. La afectación consecuente ha llevado a las autoridades competentes a generar una serie de directrices legales conducentes a la prevención y regulación de este tipo de impactos ambientales.

Siendo consecuente con las medidas requeridas para el control de la contaminación sonora, en Colombia se publica, el 7 de abril de 2006, la Resolución 627 de 2006, a través del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT) ahora Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS), por la cual se establece la norma nacional de emisión de ruido y ruido ambiental. Es por esto que, con el fin de dar cumplimiento a los estatutos colombianos dentro de los estándares de ruido ambiental, la Sociedad Transmisora Colombiana de Energía S.A.S E.S.P – TCE, contrató a la empresa Servicios Geológicos Integrados S.G.I. S.A.S. para que de esta manera pueda determinar los niveles de ruido ambiental en el área de influencia del proyecto “Complemento del Estudio de Impacto ambiental– Modificación 2 Licencia Ambiental Resolución No. 170 / 2021”, el cual se encuentra localizado en zona rural de los municipios de Soacha y San Antonio del Tequendama en Cundinamarca. Esto con el fin de generar una caracterización de los niveles de presión sonora en la zona, generando mapas de ruido que permitieron visualizar la realidad de ruido ambiental e identificar zonas críticas en el área evaluada. De igual manera en todos los casos, se siguieron en forma estricta, los protocolos y metodologías consignadas en la Resolución en mención para la evaluación y el cálculo de los niveles de ruido ambiental. Para lo cual se realizaron las actividades de monitoreo en el área de influencia del proyecto en los municipios de San Antonio del Tequendama y Soacha/ Cundinamarca, en el periodo comprendido entre el 20 al 28 de febrero del 2022, además de la respectiva generación de informe con las interpretaciones y análisis correspondientes.

5.1.11.3.1 Fuentes de generación de ruido y potenciales receptores de interés

Dentro del Área de Influencia de la Modificación No. 2, se identificaron fuentes de ruido existentes del tipo lineales y móviles, representadas por las vías existentes (fuentes lineales) y los vehículos livianos y pesados (fuentes móviles) que transitan por dichas vías. Estas fuentes móviles existentes fueron inventariadas mediante 3 puntos de aforo en las diferentes vías presentes en el área de influencia del proyecto, tal como se presentó anteriormente en el numeral 5.1.11.1, donde se identificó el flujo vehicular y se presentó la clasificación de los vehículos según su peso y tipo de combustible, comprendidos por vehículos livianos, taxis, buses, motocarros, motos y camiones; y adicionalmente en el Informe del Inventario de Fuentes Móviles, que puede ser detallado en el Anexo A5.1.11.1 Aforo Vehicular, se especificó los periodos de mayor y menor flujo vehicular, en el numeral 4.3.1 mediante las gráficas presentadas en el informe mencionado, donde también se presentan las características de los puntos de aforo, incluyendo el ancho de calzada, número de carriles, material de rodadura, pendiente, entre otras.

En cuanto a las fuentes lineales, estas son los trazados por donde transitan las fuentes móviles inventariadas, las cuales son presentadas a continuación en la Tabla 5-11 según su tipo y longitud dentro del Área de Influencia del Proyecto.

Segundo Refuerzo de Red en el Área Oriental: Línea de transmisión La Virginia – Nueva Esperanza 500kV - UPME 07 2016

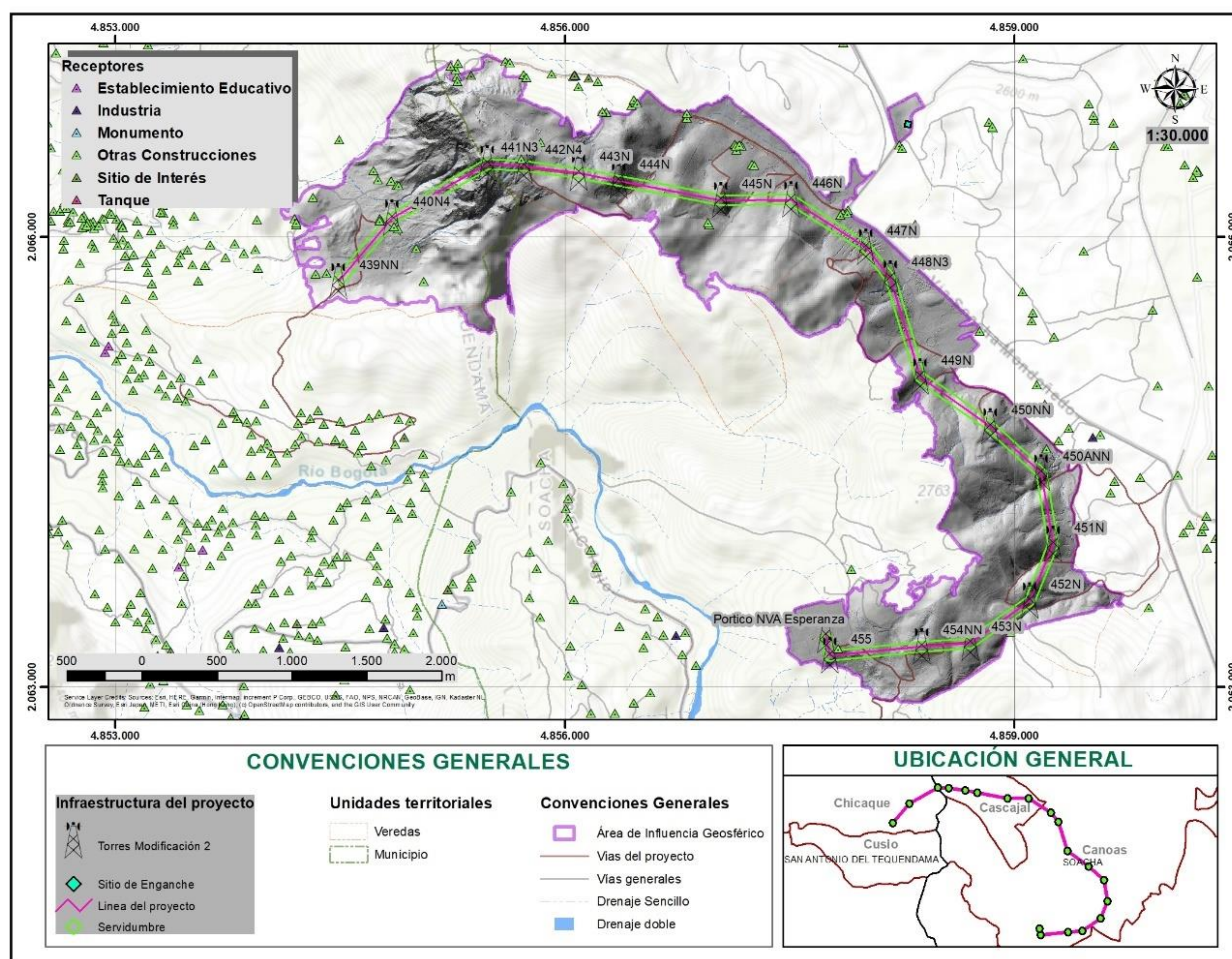
Tabla 5-11. Fuentes Lineales donde transitan las Fuentes Móviles de ruido

Tipo de Vía	Descripción	Ancho	Longitud (m)	Estado de Vía	Acción Generadora de Ruido
Tipo 1 (Primaria)	Pavimentada, carretera de 2 en doble sentido, transitable todo el año.	Principales (Entre 6.4 m)	4416.22	Pavimento asfalto	Tránsito de vehículos
Tipo 3 (Terciaria)	Carretera angosta de un carril, tipo de pavimento destapado	Locales (Entre 5.5 m a 7.6 m)	4596.20	Sin pavimentar con recebo	Tránsito de vehículos
Total			9012.43		

Fuente: (SGI Consultoría e Ingeniería SAS & Smayd Ltda., 2022)

Por otro lado, entre los Potenciales Receptores de Interés ubicados dentro del área de estudio, se identificaron viviendas, caseríos y población dispersa, los cuales son georreferenciados a continuación en la Figura 5-2 junto con las vías existentes que representan las fuentes lineales por donde transitan las fuentes móviles de ruido.

Figura 5-2 Georreferenciación de los receptores de interés



Fuente: SMAYD LTDA., 2022

Los potenciales receptores involucran asentamientos humanos dispersos, infraestructura social dispersa como escuelas, fincas o viviendas y vías primarias, secundarias o terciarias así como zonas de actividades pecuarias y ecosistemas estratégicos como áreas con especial presencia de fauna silvestre y áreas importantes para la conservación de las aves – AICAS, que se encuentren dentro del área de influencia. Algunos de estos receptores fueron identificados durante el monitoreo (Tabla 5-12).

Tabla 5-12 Receptores de ruido identificados en la zona de estudio

Punto de Monitoreo de Ruido 01 – PMR-01	Punto de Monitoreo de Ruido 01 – PMR-02	Punto de Monitoreo de Ruido 03 – PMR-03
Vivienda portería y cuerpo de agua con lecho rocoso a menos de 10 m	Tránsito de vehículos	
Punto de Monitoreo de Ruido 04 – PMR-04	Punto de Monitoreo de Ruido 05 – PMR-05	Punto de Monitoreo de Ruido 06 – PMR-06
Sonidos de viviendas y animales de la zona	Sonidos de viviendas y animales de la zona	

Fuente: (SGI Consultoría e Ingeniería SAS & Smayd Ltda., 2022)

Por otra parte, a continuación, se exponen los obstáculos identificados durante el monitoreo (Tabla 5-13).

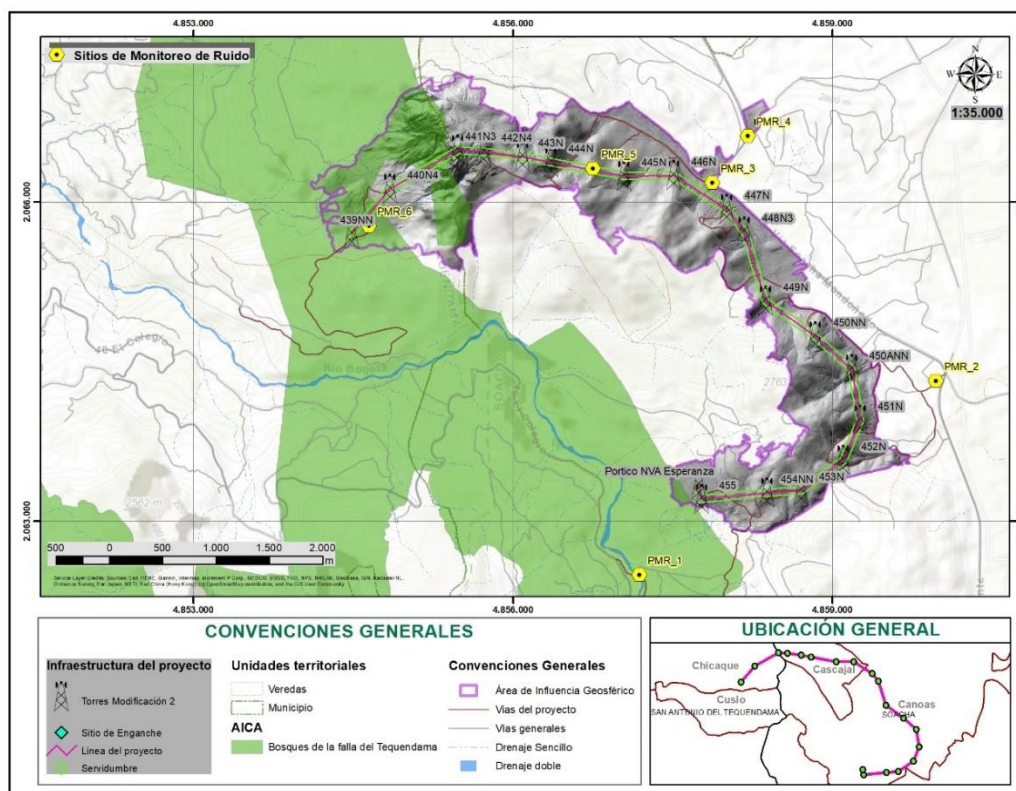
Tabla 5-13 Elementos cercanos a las estaciones de monitoreo de ruido ambiental

Punto	Nombre	Fuente
PMR-01	Entrada predio EMGESA. Vereda Canoas – Soacha	A 22,15 m se observa Bosque de Galería circundante al río Bogotá
PMR-02	Entrada predio CIEMEL Vereda Canoas-Soacha	A 70 m se observa Bosque plantado
PMR-03	Entrada vereda Cascajal Vereda Cascajal – Soacha	A 20 m se encuentra un asentamiento de viviendas en sentido SO, adicionalmente se observa una franja de árboles paralelos a la vía con altura aproximada de 18 m
PMR-04	Vía pavimentada Vereda Canoas – Soacha	A 150 m se encuentra una barrera vegetal integrada por árboles de 10 m de altura aprox. así mismo, a 10 m sentido N se ubica una vivienda
PMR-05	Predio Myrsine Vereda Cascajal – Soacha	Se identifica línea de pinos en sentido NO a manera de cerca viva con altura aproximada de 16 m, se observa bosque natural en sentido O con altura de dosel meda de unos 8 m aproximadamente
PMR-06	Vía de acceso Cusio – Chicaque Vereda Chicaque – San Antonio del Tequendama	Punto rodeado por barreras ecológicas compuestas por arbustos y pinos a una distancia de 3 m aproximadamente en cada costado de la vía

Fuente: (SGI Consultoría e Ingeniería SAS & Smayd Ltda., 2022)

Otro potencial receptor de interés que cruza el área de influencia del proyecto es el AICA Bosques de la Falla de Tequendama, el cual es un Área de Importancia de Conservación de Aves, por lo que es considerado un receptor de interés del ruido (Figura 5-3). Dentro del polígono definido por este potencial receptor se ubicaron dos puntos de monitoreo, uno de ellos cercano al trazado del proyecto en la vereda Chicaque y otro en la entrada del Predio Canoas Minas de EMGESA, tal como se puede observar en la Figura 5-3.

Figura 5-3 Cruce AICA Bosques de la Falla de Tequendama con el Área de Influencia del Proyecto



Fuente: SMAYD LTDA., 2022

5.1.11.3.2 Proceso metodológico

En este capítulo se presentan los criterios y características principales de la medición de ruido ambiental, el cual sigue unos lineamientos internacionales como la ISO 1996, que a su vez es acogida por la Resolución 627 de 2006, emitida por el entonces Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial. Así mismo se describen y especifican técnicamente las metodologías y equipos empleados para los fines de medición y calibración de estos. De igual manera se hace una descripción de los focos de emisión de ruido evidenciados en campo y los puntos de monitoreo determinados por el Laboratorio S.G.I. S.A.S., así como las obligaciones ante la autoridad ambiental, con el fin de relacionarlas con los resultados obtenidos. Finalmente se expone el proceso de cálculo y análisis de resultados a realizar.

a. Consideraciones generales

En las mediciones de ruido se tuvieron en cuenta los siguientes criterios y conceptos, con el fin de aplicar correctamente los lineamientos de la norma técnica y la Resolución 627 de 2006 del MADS aplicable para la medición de Ruido Ambiental.

b. Localización general del monitoreo

Los criterios generales que se tuvieron en cuenta para la localización de los puntos de monitoreo de ruido corresponden a los siguientes:

- Receptores potenciales como los centros poblados, asentamientos humanos, ecosistemas estratégicos próximos a la línea de transmisión eléctrica y que se encuentren dentro del AI.
- Infraestructura social dispersa como escuelas, viviendas, fincas, entre otros, próxima a la línea de transmisión eléctrica y que se encuentren dentro del AI.
- Principales vías (pavimentadas y destapadas) de acceso a centros poblados y al proyecto, donde haya mayor flujo de fuentes móviles de generación de ruido (vehículos).
- Puntos de control o blancos en zonas de ruido de fondo, es decir, zonas donde no exista intervención y fuentes antrópicas de generación de ruido.
- Distribución espacial en el área de influencia del componente atmosférico.

Atendiendo el Requerimiento No. 9, literal B del Acta de Información Adicional No. 69 del 4 y 5 de agosto de 2022, en el cual la ANLA estableció: «Ajustar el informe de monitoreo de ruido ambiental considerando la definición de los sectores de restricción de acuerdo con los instrumentos de ordenamiento territorial»; para la determinación del sector aplicable a los 6 puntos de monitoreo de ruido ambiental, se tomó como referencia los instrumentos de Ordenamiento Territorial vigentes de los municipios de San Antonio del Tequendama y Socha en el departamento de Cundinamarca (Tabla 5-14).

Tabla 5-14. Puntos de monitoreo de ruido ambiental

ID PUNTO	MUNICIPIO	ACUERDO DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL (OT)	COORDENADAS MAGNA ORIGEN NACIONAL		USO PRINCIPAL DEL SUELO SEGÚN OT	RÉGIMEN DE USO PRINCIPAL DEL SUELO SEGÚN OT
			ESTE	NORTE		
PMR-01	Soacha	Artículo 430 del Acuerdo No. 46 del 27 de diciembre del 2000	4857188.82	2062499.59	Distrito de Manejo Integrado	Labores agrícolas, pecuarias, horticultura, floricultura, pastos, pastoreo, animales de labor, aves de corral, explotaciones forestales, y de preservación de ecosistemas estratégicos.
PMR-02	Soacha	Artículos 251 y 431 del Acuerdo No. 46 del 27 de diciembre del 2000	4859971.28	2064321.11	Parque de Actividad Económica	Industrias que por su magnitud y por el grado de impactos que generan, requieren de una localización particular, una infraestructura especial y áreas de aislamiento ambiental respecto a las demás edificaciones para no generar molestias. Deben ceñirse a patrones de producción limpios y deben contar con las respectivas licencias ambientales, emitidas por la correspondiente autoridad ambiental. Entre este tipo de industrias aparecen las siguientes: A) Fábrica de baldosines, prefabricados de concreto y otras que utilicen el cemento como materia prima. B) Fábrica de cemento. C) Fábrica de ladrillo, tejas y materiales de cerámica. D) Fábrica de alimentos concentrados para animales. E) Silos e infraestructuras de secamiento. F) Tostadoras. G) Terminal de pasajeros y/o de carga. H) Puerto Seco y/o Zona Franca. I) Centros de Abastecimiento, comercialización y mercadeo mayorista; plazas de ferias. J) Sistemas de tratamiento de aguas residuales, sus actividades afines o relacionadas y la transformación de los subproductos originados en el tratamiento. K) En general industrias con alta producción de ruidos, olores, aguas residuales, residuos sólidos y todo tipo de gases tóxicos. L) Otras que a juicio de la Oficina de Planeación merezcan este tratamiento.
PMR-03	Soacha	Artículos 251 y 431 del Acuerdo No. 46 del 27 de diciembre del 2000	4857872.13	2066183.33	Parque de Actividad Económica (Se ubica cerca de vía principal tipo 1)	
PMR-04	Soacha	Artículos 251 y 431 del Acuerdo No. 46 del 27 de diciembre del 2000	4858205.02	2066622.25	Futura Ampliación del Parque de Actividad Económica (Se ubica cerca de vía principal tipo 1)	

**COMPLEMENTO DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL –
MODIFICACIÓN 2 LICENCIA AMBIENTAL RESOLUCIÓN No. 170 / 2021 –
INFORMACIÓN ADICIONAL**

Segundo Refuerzo de Red en el Área Oriental: Línea de transmisión La Virginia – Nueva Esperanza 500kV - UPME 07 2016



Transmisora Colombiana
de Energía S.A.S. E.S.P.

ID PUNTO	MUNICIPIO	ACUERDO DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL (OT)	COORDENADAS MAGNA ORIGEN NACIONAL		USO PRINCIPAL DEL SUELO SEGÚN OT	RÉGIMEN DE USO PRINCIPAL DEL SUELO SEGÚN OT
			ESTE	NORTE		
PMR-05	Soacha	Artículo 430 del Acuerdo No. 46 del 27 de diciembre del 2000	4856750.44	2066316.47	Distrito de Manejo Integrado	Labores agrícolas, pecuarias, horticultura, floricultura, pastos, pastoreo, animales de labor, aves de corral, explotaciones forestales, y de preservación de ecosistemas estratégicos.
PMR-06	San Antonio Tequendama	Artículo 29 del Acuerdo No. 29 del 01 de febrero del 2000	4854649.22	2065779.83	Distrito de Manejo Integrado	Protección y preservación de los recursos naturales (como uso compatible se tiene: Investigación, recreación contemplativa y restauración ecológica).

Fuente: (Smayd Ltda. & S.G.I. S.A.S Consultoría e Ingeniería, 2022)

De acuerdo con el Artículo 430 del Plan de Ordenamiento Territorial – POT de Soacha, establecido por medio del Acuerdo No. 46 del 27 de diciembre del 2000, para los puntos de monitoreo de presión sonora PMR-01 y PMR-05, que se ubican en el Distrito de Manejo Integrado (Distrito Regional de Manejo Integrado (DRMI) sector Salto del Tequendama y Cerro Manjui), el uso principal del suelos corresponde a «Labores agrícolas, pecuarias, horticultura, floricultura, pastos, pastoreo, animales de labor, aves de corral, explotaciones forestales, y de preservación de ecosistemas estratégicos»; por lo cual, los puntos 1 y 5 se categorizan dentro del Sector D (Zona suburbana o rural de tranquilidad y ruido moderado), con niveles permisibles de ruido ambiental entre los 55 dB (día) y 45 dB (noche), según la Tabla 2, del Artículo 17 de la Resolución 627 de 2006.

Igualmente, en concordancia con los Artículos 251 y 431 del POT de Soacha, para los puntos PMR-02, PMR-03 y PMR-04, que se ubican en el Parque de Actividad Económica y Futura Ampliación del Parque de Actividad Económica, el uso principal del suelo corresponde a:

«Industrias que por su magnitud y por el grado de impactos que generan, requieren de una localización particular, una infraestructura especial y áreas de aislamiento ambiental respecto a las demás edificaciones para no generar molestias. Deben ceñirse a patrones de producción limpios y deben contar con las respectivas licencias ambientales, emitidas por la correspondiente autoridad ambiental. Entre este tipo de industrias aparecen las siguientes: A) Fábrica de baldosines, prefabricados de concreto y otras que utilicen el cemento como materia prima. B) Fábrica de cemento. C) Fábrica de ladrillo, tejas y materiales de cerámica. D) Fábrica de alimentos concentrados para animales. E) Silos e infraestructuras de secamiento. F) Tostadoras. G) Terminal de pasajeros y/o de carga. H) Puerto Seco y/o Zona Franca. I) Centros de Abastecimiento, comercialización y mercadeo mayorista; plazas de ferias. J) Sistemas de tratamiento de aguas residuales, sus actividades afines o relacionadas y la transformación de los subproductos originados en el tratamiento. K) En general industrias con alta producción de ruidos, olores, aguas residuales, residuos sólidos y todo tipo de gases tóxicos. L) Otras que a juicio de la Oficina de Planeación merezcan este tratamiento».

Por lo anterior, según la Tabla 2, del Artículo 17 de la Resolución 627 de 2006, los puntos de monitoreo de presión sonora PMR-02, PMR-03 y PMR-04 se categorizan dentro del Sector C (Ruido intermedio restringido); en donde, para el Punto PMR-02 se tienen niveles permisibles de ruido ambiental entre los 75 dB (día) y 70 dB (noche); y para los Puntos PMR-03 y PMR-04 se tienen niveles permisibles de ruido ambiental entre los 80 dB (día) y 70 dB (noche), esto teniendo en cuenta que, los puntos PMR-03 y PMR-04 se ubican en cercanía a vías principales Tipo 1.

Para el caso del Punto de monitoreo de presión sonora PMR-06, el cual se ubica en el Distrito de Manejo Integrado (Distrito Regional de Manejo Integrado (DRMI) sector Salto del Tequendama y Cerro Manjui) en jurisdicción del municipio de San Antonio del Tequendama, de acuerdo con el Artículo 29 del Acuerdo No. 29 del 01 de febrero del 2000 (por el cual se estableció el Esquema de Ordenamiento Territorial – EOT del municipio de San Antonio del Tequendama), el uso principal del suelo en este punto corresponde a «Protección y preservación de los recursos naturales» y como uso compatible se tiene «Investigación, recreación contemplativa y restauración ecológica»; por lo cual, este punto se categoriza dentro del Sector D (Zona suburbana o rural de tranquilidad y ruido moderado), con niveles permisibles de ruido ambiental entre los 55 dB (día) y 45 dB (noche), según la Tabla 2, del Artículo 17 de la Resolución 627 de 2006.

c. Equipos utilizados

Durante el monitoreo de ruido se emplearon sonómetros tipo 1, junto con equipos adicionales como complemento de los datos básicos a capturar. Seguidamente se exponen las especificaciones técnicas de cada uno de los equipos utilizados durante el monitoreo, de los cuales se tiene su respectivo certificado de calibración (Ver Anexo A5.1.11.3_a). Esta descripción, al igual que la marca y serie se observa en la Tabla 5-15 , junto con una imagen ilustrativa del equipo empleado.

Tabla 5-15 Descripción de equipos utilizados en trabajo de campo

EQUIPO	MARCA	SERIAL	CARACTERÍSTICAS	IMAGEN
Sonómetro	Svantek SVAN 971	C111603	Diseñado y ensamblado con base en la norma internacional Class 1: IEC 61672-1:2013 Filtros de ponderación A,B, C, Z Ponderación temporal: Slow, Fast, Impulse Resolución 0.1 dB Calibración Automática a 114dB/1kHz	
Pistófono	Norsonic	33055	Cumple normas IEC 60942 clase 1 Nivel de salida 114,0 ± 0.2 dB a 1kHz Se apaga automáticamente cuando se retira el micrófono de la cavidad de calibración. Acepta cartuchos de 1", ½" y ¼" mediante adaptadores. Se alimenta con una pila estándar de 9 voltios Dimensiones 40 x 109.5 mm Peso 185 g, incluida la pila.	
Anemómetro	Testo	385296401207	Rango de medición: 0,3 a 20 m/s Resolución: 0,01 m/s Temperatura de operación: 0°C – 50°C	
Termohigrómetro	Thermo- hygro	L.CE-TH-01	Rango de medida : -50 a +70 grados °C Unidades: C / F Poder: Batería Alcalina AA x 1 Unidad Medida interna / Externa	
GPS	Garmin	MG-GPS-48	(Ancho/Alto/Profundidad): 5,5x10x3,3 cm. Tamaño de la pantalla (Ancho/Alto): 3,6 x 5,5 cm Resolución de pantalla (Ancho/Alto): 160 x 240 píxeles Tipo de pantalla: Pantalla táctil TFT a color transreflectiva - Pantalla táctil: Peso: 191,4 g con pilas -Batería: 2 pilas AA no incluidas); se recomienda NiMH o litio - Duración de la batería: 20 horas - Clasificación de resistencia al agua: IPX7 - Receptor de alta sensibilidad: Interfaz del equipo: USB -Altímetro barométrico: Brújula electrónica Sí	

Segundo Refuerzo de Red en el Área Oriental: Línea de transmisión La Virginia – Nueva Esperanza 500kV - UPME 07 2016

EQUIPO	MARCA	SERIAL	CARACTERÍSTICAS	IMAGEN
			(tres ejes con inclinación compensada) - Transferencia de unidad a unidad	

Fuente: (SGI Consultoría e Ingeniería SAS & Smayd Ltda., 2022)

d. Procedimiento de medición de ruido ambiental

Previamente a los trabajos que se ejecutaron en campo, fue indispensable obtener información secundaria de los sitios de monitoreo, tal como: cartografía y uso del suelo, esto con el fin de establecer la ubicación de los puntos donde se desarrollaría el monitoreo.

En cuanto a la ubicación de los puntos de monitoreo se tuvo en cuenta el Manual de Diseño de Estudios de Impacto Ambiental que se usó como guía para el establecimiento de los puntos de monitoreo y los potenciales receptores que involucran asentamientos humanos dispersos, infraestructura social dispersa como escuelas, fincas o viviendas y vías primarias, secundarias o terciarias así como zonas de actividades pecuarias y ecosistemas estratégicos como áreas con especial presencia de fauna silvestre y áreas importantes para la conservación de las aves – AICAS, que se encuentren dentro del área de influencia.

Con el fin de realizar la medición de ruido ambiental en cada uno de los puntos señalados en la grilla, se procede a configurar y calibrar el equipo, tal como se especifica en la ISO 1996-2 de 2007. Donde se configura así:

- Medidor 1: Filtro de ponderación de frecuencia A Modo de respuesta exponencial Lenta (Slow) Intervalo de frecuencia: 1/3 de octava
- Medidor 2: Modo de respuesta exponencial (Impulst), este último con el fin de hacer las correcciones de los niveles equivalentes por ruido de impulso.

La configuración permite también el registro de memorias en cada intervalo de medición.

e. Calibración y verificación de equipos

Antes y después de realizar las mediciones se procedió a realizar la verificación acústica del sonómetro en campo, utilizando un calibrador o Pistófono a 114,0 dβ – 1000 Hz, de acuerdo con el instructivo y especificaciones del fabricante.

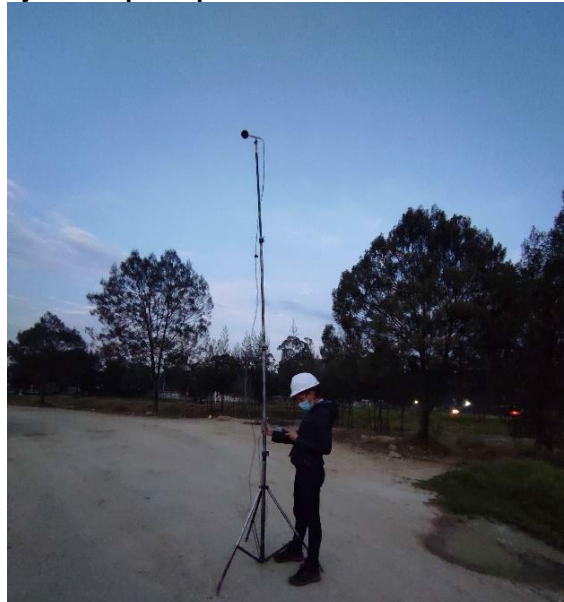
Posteriormente se realizó el montaje del sonómetro en el trípode, el cual debe alcanzar una altura de cuatro (4) metros de altura y también la capacidad de giro de 360° con orientación variable; de igual manera los puntos de medición deben estar a una distancia suficiente, para que las actividades propias de las viviendas o las fincas no afecten los resultados. Siguiendo recomendaciones como una distancia mínima de 200 o 300 metros, entre zonas habitadas o con actividad de las fincas y el punto de monitoreo.

Figura 5-4 Ubicación del micrófono para medición de ruido ambiental



Fuente: (Smayd Ltda. & S.G.I. S.A.S Consultoría e Ingeniería, 2022)

Montaje del trípode para medición de Ruido Ambiental



Fuente: (SGI Consultoría e Ingeniería SAS & Smayd Ltda., 2022)

Las mediciones fueron de 5 minutos en cada una de las direcciones (norte, este, sur, oeste y vertical), distribuidos uniformemente en una hora de medición, así pues, se cumplió con el mínimo requerido en la norma de 15 minutos por cada hora de medición, bajo este método, se realizaron las mediciones en jornadas diurnas y nocturnas en días hábiles y no hábiles, día hábil (lunes a sábado) y un día no hábil (domingo o festivo).

Luego de las mediciones, se registraron las observaciones principales, tales como paso de vehículos, fuentes espontáneas de ruido como animales domésticos o silvestres, estruendos entre otros. Adicionalmente se reportaron las variables climatológicas (humedad relativa, velocidad y dirección del viento y temperatura) medidas en el periodo de muestreo. Con la recolección de la información en campo, se procedió a descargar las memorias o archivos digitales generados en el sonómetro. Estos archivos fueron organizados por punto, horario (diurno-nocturno) y periodo (hábil – No hábil), con el fin de procesar y realizar las respectivas correcciones en los softwares especializados.

Es de indicar que cada proveedor cuenta con un software de análisis específico para los archivos resultantes, en el caso de las mediciones en el área de influencia de la Modificación No. 2 se utilizaron las marcas Svantek®, que están ligados al software SVAN PC, respectivamente. Allí se desglosó toda la información capturada minuto a minuto o segundo a segundo de acuerdo con la configuración del equipo, también se hizo el análisis espectral del sonido percibido dentro del rango audible (2-20000 Hz), las cuales se dividen en tercios de octava con la que dicho análisis es más fino que si se usara en octavas, ya que se obtiene el resultado de la suma energética de los niveles en cada uno de los tres tercios que la componen.

f. Ajustes

De acuerdo con los criterios establecidos en la Resolución 627 de 2006 del MAVDT (actual MADS), los niveles de presión sonora continuo equivalente ponderados A, LA_{eq} , T, Residual y nivel percentil L90 deben ser corregidos por impulsividad, tonalidad, condiciones meteorológicas, horarios, tipos de fuentes y receptores para obtener niveles corregidos de presión sonora continuo equivalente ponderados A, LRA_{eq} , T, Residual y nivel percentil L90, respectivamente.

Las correcciones, en decibeles, se efectúan de acuerdo con la siguiente ecuación:

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

Donde:

- K_I es un ajuste por impulsos (dB(A)).
- K_T es un ajuste por tono y contenido de información (dB(A)).
- K_R es un ajuste por la hora del día (dB(A)).
- K_S es un ajuste (positivo o negativo) para ciertas fuentes y situaciones por ejemplo bajas frecuencias (dB(A)).
- (X) corresponde a cualquiera de los parámetros de medida de que trata el artículo 4 de esta Resolución 627 de 2006 del MAVDT (actual MADS).

Es importante saber que el nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A, LA_{eq} , T, solo se corrige por un solo factor K, el de mayor valor en dB(A).

1. La corrección de nivel K_S se aplica de la siguiente manera:

- Si el ruido proviene de las instalaciones de ventilación y climatización, bajas frecuencias:
- 5dB(A) en período diurno;
- 8dB(A) en período nocturno

2. La corrección de nivel K_R por horarios se aplica de la siguiente manera:

Si se desea calcular el nivel equivalente corregido ponderado por frecuencia A para el día y la noche LRA_{eqd-n} , se efectúa la medición nocturna de ruido de la fuente específica, si esta funciona durante la noche, para tener

en cuenta el grado de molestia que pueda causar a las personas se hace una corrección por adición de 10 dB(A) para el período nocturno en el cual funcione la fuente específica.

3. La corrección de nivel KT toma en consideración los componentes tonales del ruido en el lugar de la medición y durante el tiempo que estén presentes estos tonos.
 - Por percepción nula de componentes tonales: 0 dB(A).
 - Por percepción neta de componentes tonales: 3 dB(A).
 - Por percepción fuerte de componentes tonales: 6 dB(A)

La determinación de los valores de ajuste se efectúa de acuerdo con la siguiente metodología:

- Se hace un análisis con resolución de 1/3 de octava.
- Se calcula la diferencia:

$$L = L_t - L_s$$

Dónde:

L_t = es el nivel de presión sonora de la banda f que contiene el tono puro.

L_s = es la media de los niveles de las dos bandas situadas inmediatamente por encima y por debajo de f

- Se determina la presencia o ausencia de componentes tonales, entre 20 a 125 Hz:
 - Sí $L < 8$ dB(A), no hay componentes tonales.
 - Sí 8 dB(A) $\leq L \leq 12$ dB(A), hay componente tonal neto.
 - Sí $L > 12$ dB(A), hay componente tonal fuerte.
- Se determina la presencia o ausencia de componentes tonales, entre 160 a 400 Hz:
 - Sí $L < 5$ dB(A), no hay componentes tonales.
 - Sí 5 dB(A) $\leq L \leq 8$ dB(A), hay componente tonal neto.
 - Sí $L > 8$ dB(A), hay componente tonal fuerte.
- Se determina la presencia o ausencia de componentes tonales a partir de 500 Hz: Sí $L < 3$ dB(A), no hay componentes tonales.
 - Sí 3 dB(A) $\leq L \leq 5$ dB(A), hay componente tonal neto.
 - Sí $L > 5$ dB(A), hay componente tonal fuerte.

La corrección de nivel KI 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).

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

Para una determinada fase de ruido de duración T_i en la cual se percibe un ruido impulsivo:

- Se mide el nivel de presión sonora continuo equivalente ponderado A, durante T_i , LA , T_i .
- Se mide el nivel de presión sonora ponderado A, determinado con la característica temporal
- Impulso (Impulse, en inglés), promediado en el tiempo T_i , LAI .
- Se calcula la diferencia $LI = LAI - LA$, T_i .
- Si $LI < 3$ dB(A), no hay componentes impulsivos.
- Si 3 dB(A) $> LI < 6$ dB(A), hay percepción neta de componentes impulsivos.
- Si $LI > 6$ dB(A), hay percepción fuerte de componentes impulsivos.

Por último, se deben tomar los valores de las mediciones parciales en cada una de las orientaciones y aplicar la siguiente ecuación.

$$LA_{eq} = 10 \log \left[\frac{10^{\frac{LN}{10}} + 10^{\frac{LS}{10}} + 10^{\frac{LE}{10}} + 10^{\frac{LO}{10}} + 10^{\frac{LV}{10}}}{5} \right]$$

Dónde:

- LN: Nivel de presión sonora equivalente medida en dirección norte LS: Nivel de presión sonora equivalente medida en dirección Sur LE: Nivel de presión sonora equivalente medida en dirección Este
- LO: Nivel de presión sonora equivalente medida en dirección Oeste
- LV: Nivel de presión sonora equivalente medida en dirección Vertical.

g. Mapa de ruido

De acuerdo con lo dispuesto en el Artículo 23 de la Resolución 627 de 2006 los mapas de ruido “*son utilizados como documento básico para conocer la realidad de ruido ambiental en la población y poder desarrollar planes, programas y proyectos preventivos, correctivos o de seguimiento*”, por tal motivo con base en los resultados obtenidos a partir del monitoreo de ruido ambiental, se realiza para el presente estudio la cartografía correspondiente a isófonas diurnas y nocturnas en periodo hábil y no hábil, de acuerdo con las especificaciones mínimas normativas como son:

- Valor de los niveles de ruido ambiental existentes en cada una de las áreas evaluadas.
- Delimitación de zonas afectadas de contaminación por ruido.
- Fecha de elaboración del mapa de ruido.

El mapa de ruido generado en la línea base del proyecto corresponde al ejercicio de simulación de ruido de línea base, este mapa se elaboró a partir de un ejercicio de modelación de ruido con base en las fuentes principales generadoras de ruido y los fenómenos de dispersión de este, que incluyen las características topográficas del terreno. Con el fin de validar el mapa generado, se emplearon como puntos de receptores de análisis los puntos de monitoreo de ruido, sobre los cuales se aplicaron criterios estadísticos de comparación entre simulación y observación, para validar el modelo de línea base generado y finalmente establecer el mapa de ruido en la etapa sin proyecto. En la sección 5.1.11.3.6 se presentan los resultados obtenidos y el Anexo A5.1.11.3_b (Modelo de ruido) contiene los archivos cartográficos e imágenes generadas.

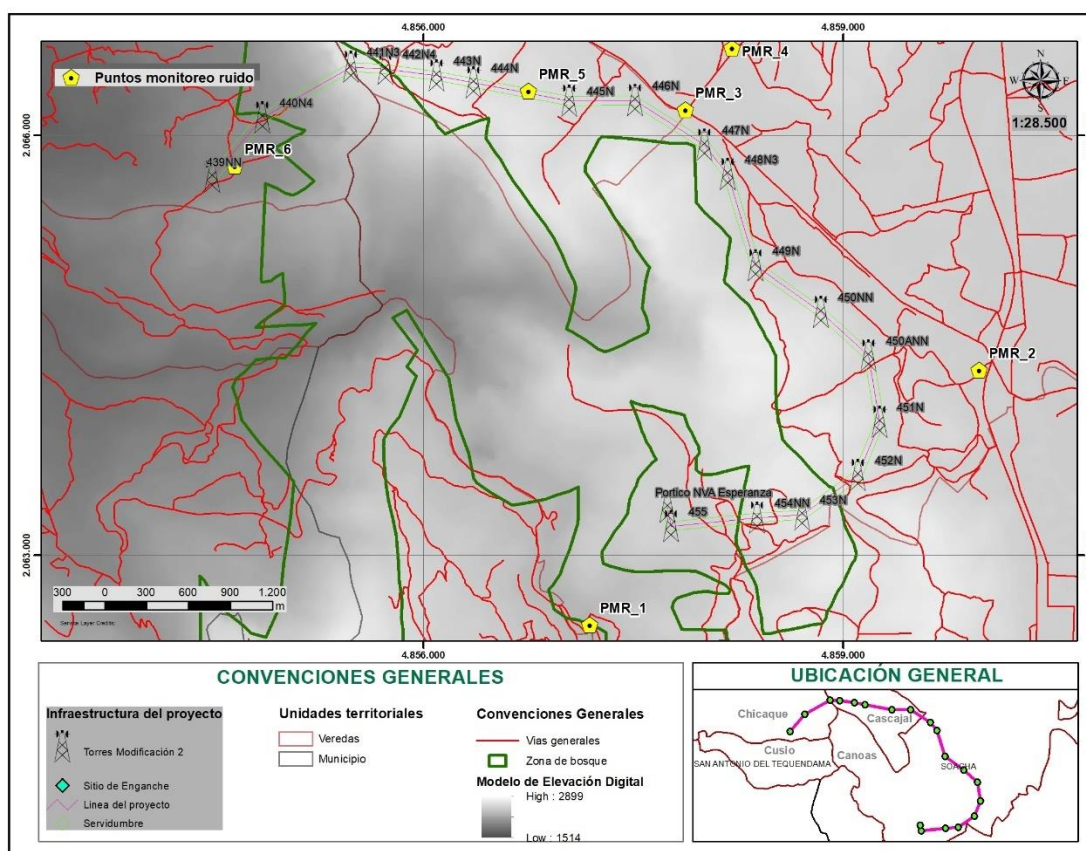
Como resultado de soporte adicional, para el área de influencia de la Modificación No. 2 se realizó una representación gráfica empleando curvas de isoruido, por medio de interpolación para estudios de análisis de la variación espacial, a partir de los valores del Leq en dBA obtenidos en cada punto, aplicando técnicas de interpolación por medio del software ArcMap 10.5.1 para generar un mapa que represente la distribución del ruido en el área de estudio. De acuerdo con las especificaciones técnicas descritas por la Resolución 627 de 2006, se utilizó los contornos que indican los límites entre zonas de múltiplos de 5 decibeles. Se debe hacer referencia a las zonas mediante la citación en decibeles, de los límites superior e inferior. Además de esto se emplearon la combinación de colores establecidos en la normativa para la identificación de las zonas sobre el mapa cada 5 dB. en el Anexo A5.1.11.3_a (Monitoreo de ruido ambiental) se presen las curvas obtenidas mediante el método de interpolación utilizando software de información geográfica (SIG).

5.1.11.3.3 Descripción del área de estudio

a. Marco geográfico

Los puntos de medición contemplados en el proyecto se ubicaron en las áreas rurales de los municipios de Soacha y San Antonio del Tequendama, En la Figura 5-5, se referencian los puntos de medición y la localización geográfica del proyecto.

Figura 5-5 Ubicación geográfica de las estaciones de monitoreo



Fuente: SMAYD LTDA., 2022.

Las coordenadas de las estaciones evaluadas se presentan en la Tabla 5-16, registradas a partir de la información de campo (ver Anexo A5.1.11.3_a), permitiendo a partir de estas, obtener mayor representatividad de los datos relacionados con el monitoreo de ruido ambiental.

Tabla 5-16 Coordenadas de los puntos de Monitoreo de Ruido Ambiental

N°	NOMBRE	COORDENADAS PLANAS ORIGEN MAGNA SIRGAS	
		ESTE	NORTE
1	PMR -01	4857188.82	2062499.59
2	PMR -02	4859971.28	2064321.11
3	PMR -03	4857872.13	2066183.33
4	PMR -04	4858205.02	2066622.25
5	PMR -05	4856750.44	2066316.47
6	PMR -06	4854649.22	2065779.83

Fuente: S.G.I. S.A.S., 2022.

b. Cronograma de actividades

El consolidado de las actividades ejecutadas para el monitoreo de ruido ambiental se encuentra registrado en la Tabla 5-17.

Tabla 5-17 Cronograma de actividades, monitoreo de ruido

ETAPA	ACTIVIDADES	LOGROS	FECHA
FASE I PREVIA AL MONITOREO			
Realización del plan de trabajo.	Cronograma de actividades. Asignación de recursos para el muestreo. Ubicación de los puntos a muestrear.	Identificación de las variables del proyecto para disminuir contratiempos en campo.	18 de febrero de 2022
Preparación del material del monitoreo.	Organización de materiales.	Contar con material suficiente y apto para la recolección de cada una de las muestras. Verificación de los monitoreos	19 de febrero de 2022
FASE II. MONITOREO EN CAMPO			
Ubicación de los puntos de muestreo.	Reconocimiento del área y solicitud de permiso de ingreso a los predios. Verificación del sonómetro. Monitoreo de Ruido ambiental	Tener claridad sobre cada uno de los parámetros a muestrear y su localización.	20 de febrero de 2022
Toma de Muestras.	Diligenciamiento de la cadena custodia por punto	Cumplir con el 100% del muestreo solicitado	20 al 28 de febrero de 2022
Fin del Monitoreo.	Levantamiento de equipos.	Levantar las estaciones de monitoreo y realizar el mantenimiento adecuado	28 de febrero de 2022

Fuente: (SGI Consultoría e Ingeniería SAS & Smayd Ltda., 2022)

c. Localización de los puntos

La descripción de los puntos monitoreados su ubicación y condiciones atmosféricas se definen a continuación (Tabla 5-18, Tabla 5-19, Tabla 5-20, Tabla 5-21, Tabla 5-22 y Tabla 5-23):

Segundo Refuerzo de Red en el Área Oriental: Línea de transmisión La
Virginia – Nueva Esperanza 500kV - UPME 07 2016

Tabla 5-18 Punto de monitoreo de ruido ambiental 01

NOMBRE:		PMR-01 ENTRADA PREDIO EMGESA VEREDA CANOAS (Diurno)	
Coordenadas origen único nacional	Este	4857188.822	
	Norte	2062499.593	
	Municipio	Soacha	
	Departamento	Cundinamarca	
Periodo		Hábil 28/02/2022	No Hábil 27/02/2022
Condiciones atmosféricas	Viento (m/s)	0.8 -1.1	1.1-1.3
	Temperatura (°C)	15.1-15.4	15.1-15.7
	Humedad (%)	85-87	83-99
NOMBRE:		PMR-01 ENTRADA PREDIO EMGESA VEREDA CANOAS (Nocturno)	
Coordenadas origen único nacional	Este	4857188.822	
	Norte	2062499.593	
	Municipio	Soacha	
	Departamento	Cundinamarca	
Periodo diurno		Hábil 28/02/2022	No Hábil 27/02/2022
Condiciones atmosféricas	Viento (m/s)	0.9-1.0	0.9-1.1
	Temperatura (°C)	11.5-12.5	12.0-12.3
	Humedad (%)	93-95	93-94





Fuente: (SGI Consultoría e Ingeniería SAS & Smayd Ltda., 2022)

Tabla 5-19 Punto de monitoreo de ruido ambiental 02

NOMBRE:		PMR-02 ENTRADA PREDIO CIEMEL VEREDA CANOAS (Diurno)	
Coordenadas origen único nacional	Este	4859971.27	
	Norte	2064321.10	
	Municipio	Soacha	
	Departamento	Cundinamarca	
Periodo		Hábil 22/02/2022	No Hábil 27/02/2022
Condiciones atmosféricas	Viento (m/s)	0.0	1.1-1.3
	Temperatura (°C)	17	15.1-15.6
	Humedad (%)	61	86-98
NOMBRE:		PMR-02 ENTRADA PREDIO CIEMEL VEREDA CANOAS (Nocturno)	
Coordenadas origen único nacional	Este	4859971.27	
	Norte	2064321.10	
	Municipio	Soacha	
	Departamento	Cundinamarca	
Periodo diurno		Hábil 21/02/2022	No Hábil 27/02/2022
Condiciones atmosféricas	Viento (m/s)	0.0	1.1-1.0
	Temperatura (°C)	17	12.0-12.7
	Humedad (%)	79	92-93





Fuente: (SGI Consultoría e Ingeniería SAS & Smayd Ltda., 2022)

Segundo Refuerzo de Red en el Área Oriental: Línea de transmisión La
Virginia – Nueva Esperanza 500kV - UPME 07 2016

Tabla 5-20 Punto de monitoreo de ruido ambiental 03

NOMBRE:		PMR-03 ENTRADA VEREDA CASCAJAL (Diurno)	
Coordenadas origen único nacional	Este	4857872.126	
	Norte	2066183.333	
	Municipio	Soacha	
	Departamento	Cundinamarca	
Periodo		Hábil 22/02/2022	No Hábil 20/02/2022
Condiciones atmosféricas	Viento (m/s)	0.1	0.1
	Temperatura (°C)	19	17
	Humedad (%)	58	76
NOMBRE:		PMR-03 ENTRADA VEREDA CASCAJAL (Nocturno)	
Coordenadas origen único nacional	Este	4857872.126	
	Norte	2066183.333	
	Municipio	Soacha	
	Departamento	Cundinamarca	
Periodo diurno		Hábil 22/02/2022	No Hábil 20/02/2022
Condiciones atmosféricas	Viento (m/s)	0.1-0.2	0.1
	Temperatura (°C)	13-15	15
	Humedad (%)	47-50	74

Fuente: (SGI Consultoría e Ingeniería SAS & Smayd Ltda., 2022)

Tabla 5-21 Punto de monitoreo de ruido ambiental 04

NOMBRE:		PMR-04 VÍA PAVIMENTADA VEREDA CANOAS - SOACHA (Diurno)	
Coordenadas origen único nacional	Este	4858205.024	
	Norte	2066622.253	
	Municipio	Soacha	
	Departamento	Cundinamarca	
Periodo		Hábil 22/02/2022	No Hábil 20/02/2022
Condiciones atmosféricas	Viento (m/s)	0.0	0.1
	Temperatura (°C)	18	16
	Humedad (%)	60-61	72
NOMBRE:		PMR-04 VÍA PAVIMENTADA VEREDA CANOAS - SOACHA (Nocturno)	
Coordenadas origen único nacional	Este	4858205.024	
	Norte	2066622.253	
	Municipio	Soacha	
	Departamento	Cundinamarca	
Periodo diurno		Hábil 22/02/2022	No Hábil 27/02/2022
Condiciones atmosféricas	Viento (m/s)	0.1-0.2	0.9-1.1
	Temperatura (°C)	13	13.2-13.8
	Humedad (%)	47	93-94

Fuente: (SGI Consultoría e Ingeniería SAS & Smayd Ltda., 2022)

Segundo Refuerzo de Red en el Área Oriental: Línea de transmisión La Virginia – Nueva Esperanza 500kV - UPME 07 2016

Tabla 5-22 Punto de monitoreo de ruido ambiental 05

NOMBRE:		PMR-05 PREDIO MYRSINE VEREDA CASCAJAL (Diurno)	
Coordenadas origen único nacional	Este	4856750.443	
	Norte	2066316.474	
	Municipio	Soacha	
	Departamento	Cundinamarca	
Periodo		Hábil 22/02/2022	No Hábil 20/02/2022
Condiciones atmosféricas	Viento (m/s)	0.1	0.1
	Temperatura (°C)	19	16
	Humedad (%)	58	71
NOMBRE:		PMR-05 PREDIO MYRSINE VEREDA CASCAJAL (Nocturno)	
Coordenadas origen único nacional	Este	4856750.443	
	Norte	2066316.474	
	Municipio	Soacha	
	Departamento	Cundinamarca	
Periodo diurno		Hábil 22/02/2022	No Hábil 20/02/2022
Condiciones atmosféricas	Viento (m/s)	0.1-0.2	0.1
	Temperatura (°C)	15	16
	Humedad (%)	51	71





Fuente: (SGI Consultoría e Ingeniería SAS & Smayd Ltda., 2022)

Tabla 5-23 Punto de monitoreo de ruido ambiental 06

NOMBRE:		PMR-06 VÍA ACCESO CUSIO VEREDA CHICAQUE (Diurno)	
Coordenadas origen único nacional	Este	4854649.216	
	Norte	2065779.826	
	Municipio	San Antonio del Tequendama	
	Departamento	Cundinamarca	
Periodo		Hábil 21/02/2022	No Hábil 27/02/2022
Condiciones atmosféricas	Viento (m/s)	0.1	1.0-1.1
	Temperatura (°C)	19	13.6-14.9
	Humedad (%)	82	92-93
NOMBRE:		PMR-06 VÍA ACCESO CUSIO VEREDA CHICAQUE (Nocturno)	
Coordenadas origen único nacional	Este	4854649.216	
	Norte	2065779.826	
	Municipio	San Antonio del Tequendama	
	Departamento	Cundinamarca	
Periodo diurno		Hábil 21/02/2022	No Hábil 27/02/2022
Condiciones atmosféricas	Viento (m/s)	0.1	0.4-1.0
	Temperatura (°C)	18	13.0-13.9
	Humedad (%)	83	97-98





Fuente: (SGI Consultoría e Ingeniería SAS & Smayd Ltda., 2022)

d. Fuentes de generación de ruido

En el área de influencia de la modificación No. 2, se evidenciaron diferentes fuentes emisoras de ruido (antrópicas y naturales) de diferentes intensidades, las cuales son producto de las actividades propias que se desarrollan en el área de estudio. Adicional a las actividades del área de estudio, se observa el flujo vehicular por la cercanía de los puntos de monitoreo a vías terciarias y secundarias.

En las mediciones de ruido también están comprendidos los sonidos generados por fuentes naturales que, aunque no sean propiamente ruidos incómodos o perturbadores si alteran y/o modifican los niveles de presión sonora medidos en cada uno de los puntos, sobre todo en el periodo nocturno por diversos factores. Las principales fuentes de ruido se relacionan en la Tabla 5-24.

Tabla 5-24 Fuentes de sonido identificadas monitoreo ruido ambiental. Punto Descripción de la fuente

Punto	Sector	Subsector	Descripción de la fuente
PMR-01	D	<i>Rural habitada destinada a explotación agropecuaria</i>	- Movimiento de aguas pertenecientes al río Bogotá - Interacción entre personas, sonidos de radios de celadores por cercanía a portería. - Tránsito Vehicular
PMR-02	C	Zonas con usos permitidos industriales, como industrias en general, zonas francas.	- Sonidos emitidos por empresa cercana de construcción (GAMATEL SAS). - Pitos de vehículos - Fauna local: Aves, insectos - Tránsito de vehículos
PMR-03	C	<i>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</i>	- Fauna local: perros, aves, insectos - Personas hablando en caserío a 5 m de la ubicación del sonómetro - Tránsito de vehículos de carga pesada - Avión
PMR-04	C	<i>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.</i>	- Fauna local: perros, aves, insectos - Tránsito de vehículos de carga liviana y pesada - Tránsito de motos - Personas hablando en caserío a 10 m de la ubicación del sonómetro - Tránsito de aviones - Pitos prolongados de vehículos
PMR-05	D	<i>Rural habitada destinada a explotación agropecuaria</i>	- Fauna local: perros, aves, grillos - Tránsito de aviones
PMR-06	D	Rural habitada destinada a explotación agropecuaria	- Fauna local: anfibios, perros, aves, insectos - Sonidos de movimiento de aguas - Paso de aviones

Fuente: (SGI Consultoría e Ingeniería SAS & Smayd Ltda., 2022)

5.1.11.3.4 Resultados

Los resultados del monitoreo realizado en el marco de este estudio se encuentran en el Anexo A5.1.11.3_a.

5.1.11.3.5 Análisis de resultados

A continuación, se presentan los valores corregidos de acuerdo con lo indicado en la Resolución 627 de 2006. Adicionalmente, se presentan las gráficas que representan los niveles de ruido en comparación con el estándar máximo permisible.

a. Diurno Hábil

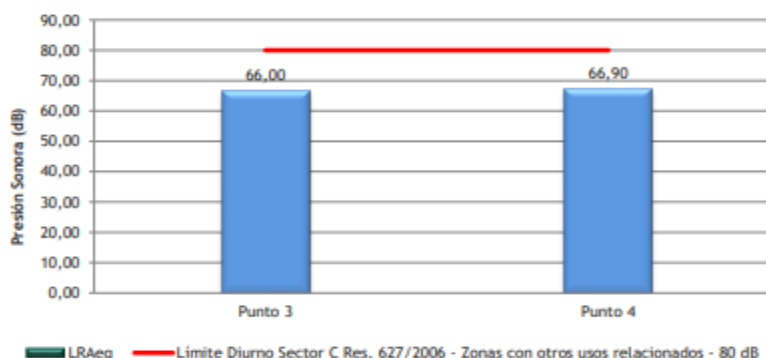
Tabla 5-25 Comparación normativa resultados LRAeq ruido ambiental diurno hábil

Punto	LRAeq	Incertidumbre	Sector	Limite Normativo Res. 627/2006	Cumple
PMR-01	66.4	2.1	D	55	NO
PMR-02	64.5	0.7	C	75	SI
PMR-03	66.0	1	C	80	SI
PMR-04	66.9	1.1	C	80	SI
PMR-05	54.6	2.6	D	55	SI
PMR-06	52.9	0.8	D	55	SI

En cursiva azul se resaltan los ajustes de comparación normativo de acuerdo con el uso del suelo establecido en los instrumentos de Ordenamiento Territorial de las municipalidades de San Antonio del Tequendama y Soacha.

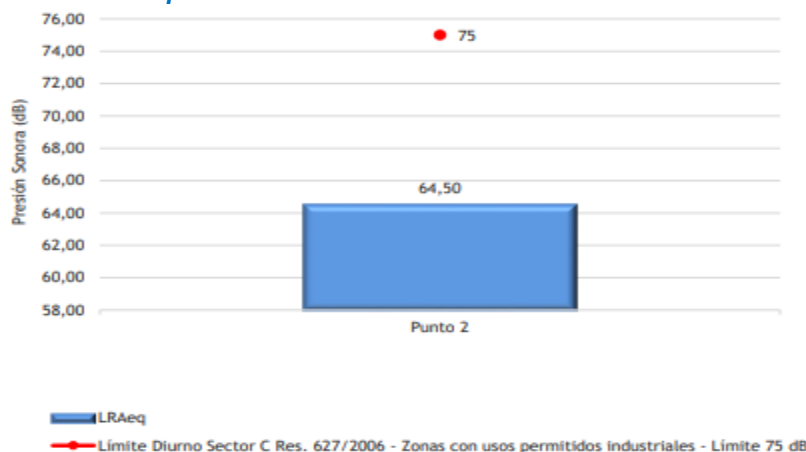
Fuente: (SGI Consultoría e Ingeniería SAS & Smayd Ltda., 2022)

Figura 5-6 Comportamiento nivel de presión sonora horario diurno hábil Sector C- Zonas con otros usos relacionados – Limite 80 dB



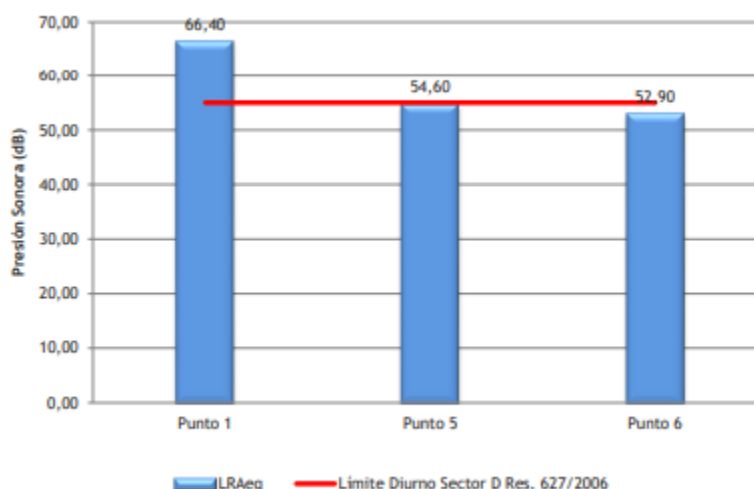
Fuente: (SGI Consultoría e Ingeniería SAS & Smayd Ltda., 2022)

Figura 5-7 Comportamiento nivel de presión sonora horario diurno hábil Sector C- Zonas con usos permitidos industriales - Limite 75 dB



Fuente: (SGI Consultoría e Ingeniería SAS & Smayd Ltda., 2022)

Figura 5-8 Comportamiento nivel de presión sonora horario diurno hábil Sector D - Rural habitada destinada a explotación agropecuaria – Límite 55 dB



Fuente: (SGI Consultoría e Ingeniería SAS & Smayd Ltda., 2022)

En la Figura 5-6 , Figura 5-7 y, Figura 5-8 se puede evidenciar que en el área de influencia de proyecto se registraron niveles de presión sonora Entre 52,90 a 66,90 dB en donde se percibieron sonidos emitidos por tránsito de vehículos, movimiento de agua, sonidos de fauna en la zona (Insectos, perros, aves) e interacción entre personas; estos hallazgos se encuentran documentados en los Registros de Campo (Ver Anexo A5.1.11.3_a); no obstante se puede evidenciar cumplimiento a los límites establecidos en la Resolución 627 del 2006 para el Sector C Ruido Intermedio Restringido; en el caso del Sector D Zona Suburbana o Rural de Tranquilidad y Ruido Moderado, se presenta cumplimiento para los puntos 5 y 6, para el punto 1, se supera el límite normativo, esto debido a personas interactuando.

b. Nocturno Hábil

En la Tabla 5-26 se exponen los resultados de la medición en horario nocturno periodo hábil, presentando un rango de valores entre 47,0-67,5 dB, estos resultados se atribuyen a los sonidos provenientes de las actividades naturales como movimiento de cuerpos de agua aledaños, y escorrentía y antrópicas como tránsito de vehículos identificados durante la jornada del monitoreo.

Tabla 5-26 Comparación normativa resultados LRAeq ruido ambiental nocturno hábil

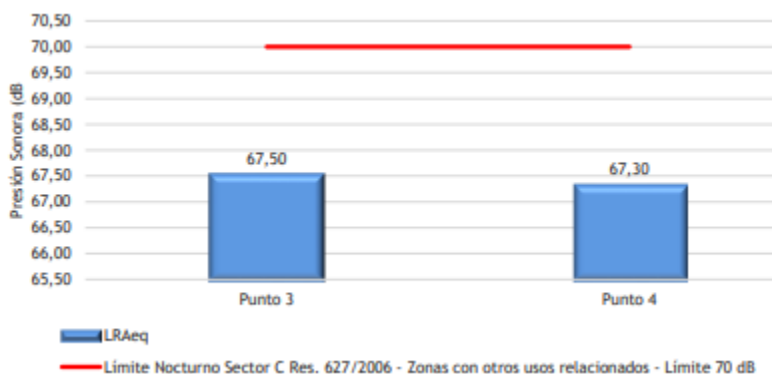
Punto	LRAeq	Incertidumbre	Sector	Limite Normativo Res. 627/2006	Cumple
PMR-01	64.7	0.1	<i>D</i>	<i>45</i>	<i>NO</i>
PMR-02	63.3	0.7	C	70	SI
PMR-03	67.5	1.3	C	70	SI
PMR-04	67.3	1.2	C	70	SI
PMR-05	47.0	2.1	<i>D</i>	<i>45</i>	<i>NO</i>
PMR-06	52.5	0.8	<i>D</i>	<i>45</i>	<i>NO</i>

En cursiva azul se resaltan los ajustes de comparación normativo de acuerdo con el uso del suelo establecido en los instrumentos de Ordenamiento Territorial de las municipalidades de San Antonio del Tequendama y Soacha.

Fuente: (SGI Consultoría e Ingeniería SAS & Smayd Ltda., 2022)

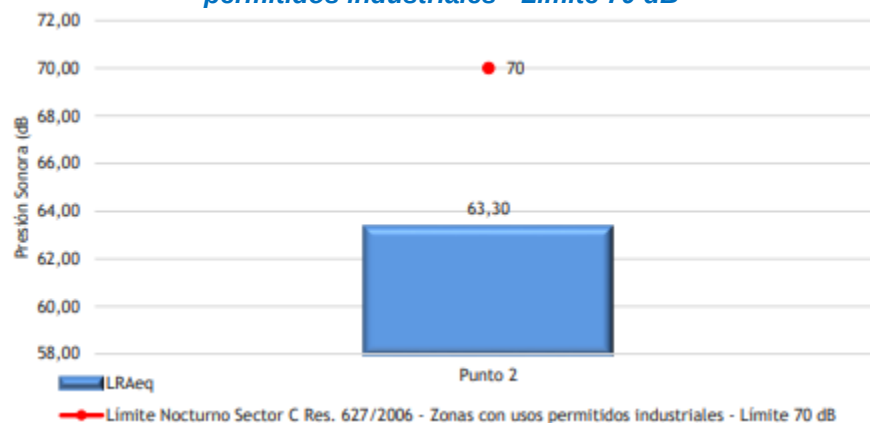
A continuación, se presenta la gráfica de los valores equivalentes de presión sonora de tipo ambiental en horario nocturno en los puntos definidos en el área de influencia de la modificación No. 2.

Figura 5-9 Comportamiento nivel de presión sonora horario nocturno hábil Sector C - Zonas con otros usos relacionados - Límite 70 dB



Fuente: (SGI Consultoría e Ingeniería SAS & Smayd Ltda., 2022)

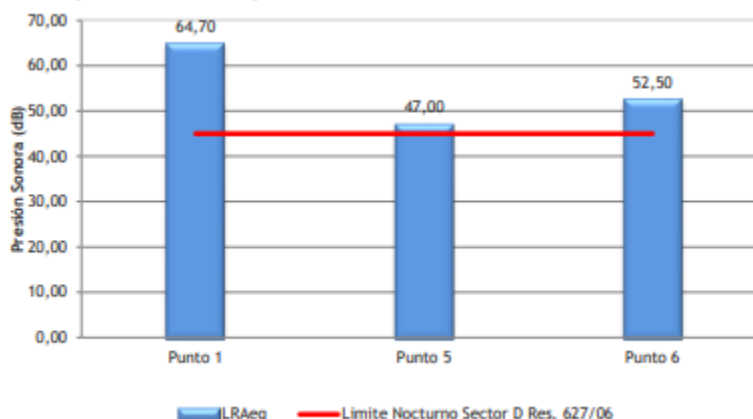
Figura 5-10 Comportamiento nivel de presión sonora horario nocturno hábil Sector C - Zonas con usos permitidos industriales - Límite 70 dB



Fuente: (SGI Consultoría e Ingeniería SAS & Smayd Ltda., 2022)

En la [Figura 5-9](#) y [Figura 5-10](#) se logra evidenciar que el *ningún punto supera los* valores superiores al límite establecido en la Resolución 627 del 2006 para el Sector C.

Figura 5-11 Comportamiento nivel de presión sonora horario nocturno hábil Sector D - Rural habitada destinada a explotación agropecuaria – Límite 45 dB



Fuente: (SGI Consultoría e Ingeniería SAS & Smayd Ltda., 2022)

Por otro lado, en la [Figura 5-11](#) es posible observar que los niveles de presión sonora registrados para los tres puntos superan los límites establecidos para la Resolución 0627 de 2006 en el sector D en periodo hábil nocturno, sin embargo, ni en los registros de campo, ni en el registro fotográfico se logra observar alguna fuente de emisión que pueda registrar este valor, únicamente se evidencian algunos obstáculos cercanos al punto de medición como barreras ecológicas compuestas por arbustos y pinos en ambos costados de la vía. Cabe resaltar que la normativa es más restrictiva en la jornada nocturna con un Límite máximo de 45 dB, al no identificar una fuente de emisión antrópica continua que pueda justificar este dato, el incumplimiento se debe a emisiones propias de la zona como el movimiento de la fauna circundante y a algunas emisiones de origen antrópico como tránsito de aviones y vehículos. Durante la campaña de monitoreo fue posible percibir ruido considerable de tráfico vehicular y flota aeronáutica adicionalmente en el punto 1 se percibe ruido del generador de una hidroeléctrica, personas

interactuando y sonidos de animales nocturnos, dentro de los cuales se destacan los grillos. De igual forma se asocian sonidos producidos por artrópodos nocturnos dada la cobertura vegetal de la zona.

c. Diurno No Hábil

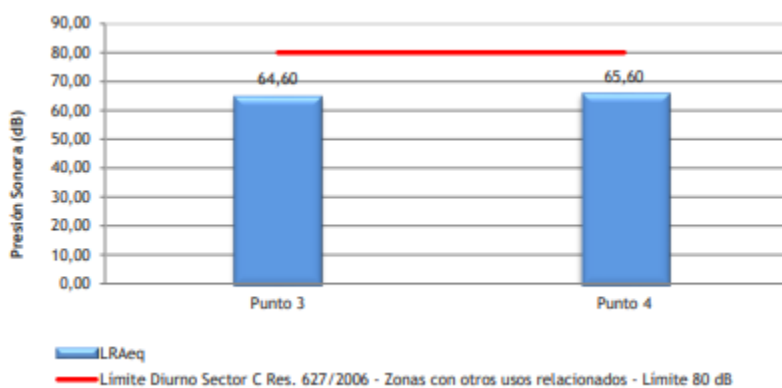
Tabla 5-27 Comparación normativa resultados LRAeq ruido ambiental diurno no hábil

Punto	LRAeq	Incertidumbre	Sector	Limite Normativo Res. 627/2006	Cumple
PMR-01	66.80	0.6	D	55	NO
PMR-02	58.80	1	C	75	SI
PMR-03	64.60	1.2	C	80	SI
PMR-04	65.60	0.5	C	80	SI
PMR-05	49.40	3.5	D	55	SI
PMR-06	52.9	1.2	D	55	SI

En cursiva azul se resaltan los ajustes de comparación normativo de acuerdo con el uso del suelo establecido en los instrumentos de Ordenamiento Territorial de las municipalidades de San Antonio del Tequendama y Soacha.

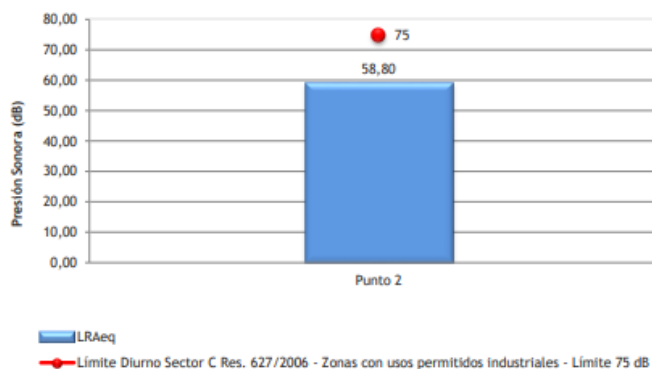
Fuente: (SGI Consultoría e Ingeniería SAS & Smayd Ltda., 2022)

Figura 5-12 Comportamiento nivel de presión sonora horario diurno no hábil Sector C - Zonas con otros usos relacionados – Limite 80 dB



Fuente: (SGI Consultoría e Ingeniería SAS & Smayd Ltda., 2022)

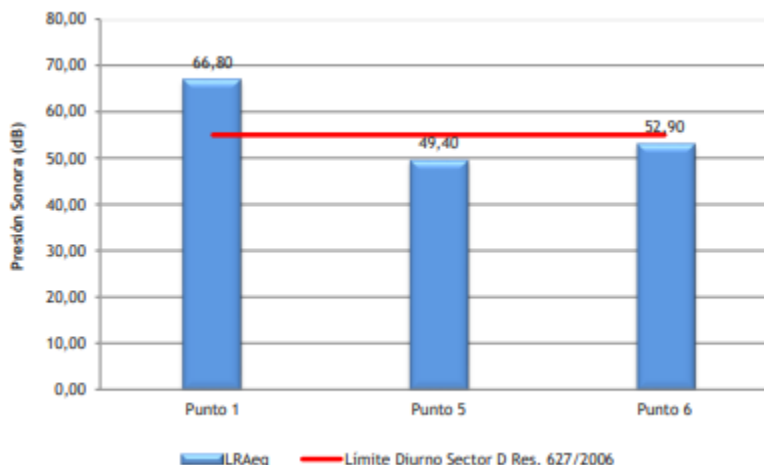
Figura 5-13 Comportamiento nivel de presión sonora horario diurno no hábil Sector C – Zonas con usos permitidos industriales - Límite 75 dB



Fuente: (SGI Consultoría e Ingeniería SAS & Smayd Ltda., 2022)

En la [Figura 5-12](#) y [Figura 5-13](#) se muestra el comportamiento de los puntos de monitoreo de ruido ambiental, en horario diurno periodo no hábil, registrando un rango de niveles de presión sonora entre 58,80-66,8 dB, presentándose cumplimiento normativo en la totalidad de puntos evaluados correspondientes al Sector C.

Figura 5-14 Comportamiento nivel de presión sonora horario diurno no hábil Sector D - Rural habitada destinada a explotación agropecuaria – Límite 55 dB



Fuente: (SGI Consultoría e Ingeniería SAS & Smayd Ltda., 2022)

En la [Figura 5-14](#) se muestra el comportamiento del nivel de presión sonora *para los puntos de medición categorizados en la categoría D (Puntos 1, 5 y 6)*. Donde el Punto 1 es el de mayor registro *con 66,80 Db, (se supera el límite normativo, esto debido a personas interactuando)*, seguido del Punto 6 el cual registra un valor de 52,9 dB y finalmente el Punto 5 con 49,40 dB, *presentando, en los dos últimos puntos* cumplimiento normativo a los límites establecidos en la Resolución 627 de 2006, así mismo, se presenta un comportamiento similar al día hábil dado que las condiciones ambientales y físicas de los monitoreos fueron similares en ambos días.

d. Nocturno No Hábil

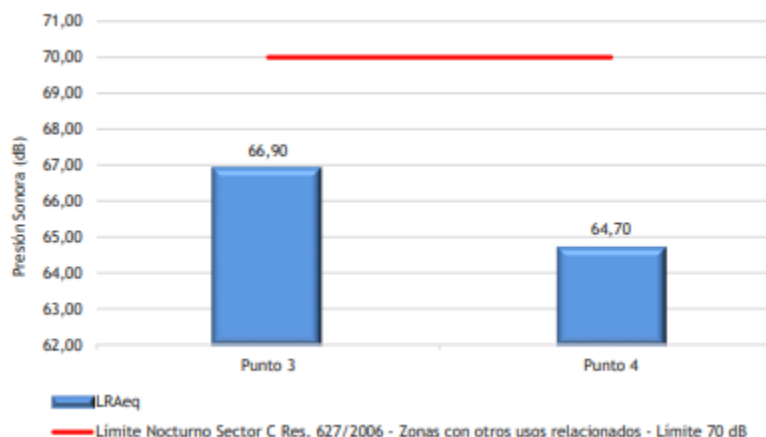
Tabla 5-28 Comparación normativa resultados LRAeq ruido ambiental nocturno no hábil

Punto	LRAeq	Incertidumbre	Sector	Límite Normativo Res. 627/2006	Cumple
PMR-01	66.1	0.8	D	45	NO
PMR-02	62.4	1.5	C	70	SI
PMR-03	66.9	0.2	C	70	SI
PMR-04	64.7	1.8	C	70	SI
PMR-05	40.1	1.5	D	45	SI
PMR-06	51.9	1.4	D	45	NO

En cursiva azul se resaltan los ajustes de comparación normativa de acuerdo con el uso del suelo establecido en los instrumentos de Ordenamiento Territorial de las municipalidades de San Antonio del Tequendama y Soacha.

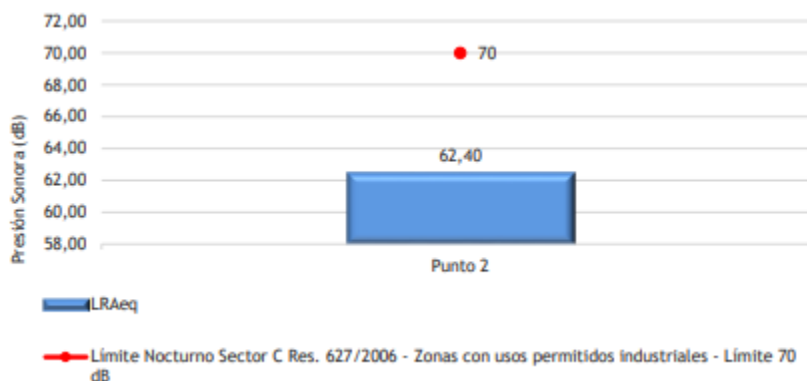
Fuente: (SGI Consultoría e Ingeniería SAS & Smayd Ltda., 2022)

Figura 5-15 Comportamiento nivel de presión sonora horario nocturno no hábil Sector C - Zonas con otros usos relacionados - Límite 70 dB



Fuente: (SGI Consultoría e Ingeniería SAS & Smayd Ltda., 2022)

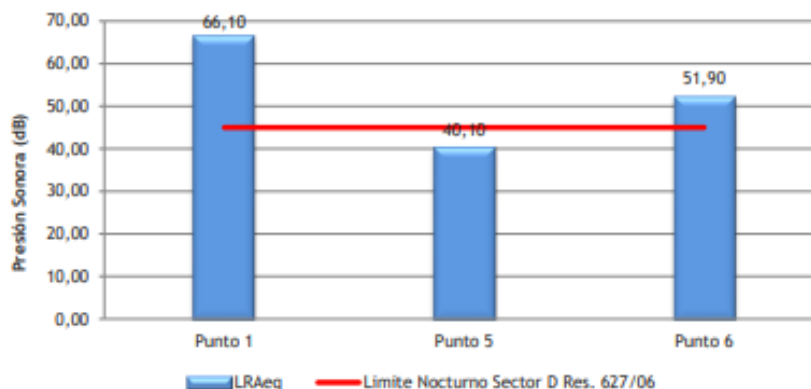
Figura 5-16 Comportamiento nivel de presión sonora horario nocturno no hábil Sector C - Zonas con usos permitidos industriales - Límite 70 dB



Fuente: (SGI Consultoría e Ingeniería SAS & Smayd Ltda., 2022)

En la Figura 5-15 y Figura 5-16 se muestra el comportamiento de los puntos de monitoreo de ruido ambiental, en horario nocturno periodo no hábil, registrando un rango de niveles de presión sonora entre 66,90 - 62,40 dB, presentándose cumplimiento normativo en la totalidad de puntos evaluados correspondientes al Sector C, siendo el punto 3 el punto de mayor registro. Se observa un comportamiento muy similar en el periodo diurno hábil y no hábil, esto debido a que se presentan condiciones similares durante las dos mediciones.

Figura 5-17 Comportamiento nivel de presión sonora horario nocturno no hábil Sector D - Rural habitada destinada a explotación agropecuaria – Límite 45 dB



Fuente: (SGI Consultoría e Ingeniería SAS & Smayd Ltda., 2022)

Por otro lado, en la [Figura 5-17](#) se registra el comportamiento de la presión sonora en la medición nocturna en el día no hábil en comparación con el límite establecido por la Resolución 0627 de 2006 presentando incumplimiento en el [Punto 1](#) y Punto 6. Dentro de las fuentes de emisión de ruido intermitentes se identificaron principalmente sonidos de tránsito de aviones, fauna circundante.

En relación con los resultados obtenidos a partir de las mediciones realizadas en los seis (6) puntos correspondientes al monitoreo de Ruido Ambiental en el área de influencia de la presente Modificación No. 2 de la Licencia Ambiental Resolución 170/2021 del proyecto Segundo refuerzo de red en el área oriental: Línea de transmisión La Virginia – Nueva Esperanza 500 kV, se puede concluir que:

Durante la ejecución de la campaña de monitoreo de ruido ambiental en el área de influencia de la Modificación No. 2 de la Resolución 170/2021, se identificaron diversas fuentes de emisión, las cuales corresponden a fuentes de origen antrópico y natural, en las que se destacan interacción y comunicación entre personas, tránsito vehicular en las vías terciarias y secundarias y primarias, por otro lado en relación al fuentes de origen natural, se identifican sonidos provenientes de fauna local y silvestre del área de estudio. El impacto sonoro identificado en la mayoría de puntos se relaciona con aportes de ruido de las fuentes dispersas como móviles provenientes de las diferentes vías que componen la zona motos, carros, y vehículos de carga pesada etc.

De acuerdo con el uso de suelo establecido en los instrumentos de ordenamiento territorial de los municipios de San Antonio del Tequendama (Acuerdo No. 29 del 01 de febrero del 2000) y Soacha (Acuerdo No. 46 del 27 de diciembre del 2000), los puntos de monitoreo PMR-01, PMR-05 y PMR-06 se clasificaron en el Sector D (Zona Suburbana o Rural de Tranquilidad y Ruido Moderado), subsector Rural habitada destinada a explotación agropecuaria. Por su parte, los puntos de monitoreo PMR-02, PMR-03 y PMR-04, se clasificaron en el sector C (Ruido Intermedio Restringido), en los subsectores de Zonas con usos permitidos industriales, como industrias en general, zonas francas (PMR-02) y 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 (PMR-03 y PMR-04).



Respecto a los resultados de ruido ambiental en horario diurno hábil y diurno no hábil, los puntos de monitoreo PMR-02, PMR-03, PMR-04, PMR-05 y PMR-06 registraron valores de presión sonora dentro del límite admisible establecido en la Resolución 627/2006; exceptuando de lo anterior, los resultados del punto de monitoreo PMR-01, en el cual, se reportan valores de 66,4 dB en jornada diurna hábil y de 66,8 dB en jornada diurna no hábil, lo anterior producto de sonidos característicos de una zona residencial rural, tales como animales locales y silvestres, flujo vehicular e interacción entre personas y sonidos naturales similares a escorrentía por la época de lluvia en que se realizó el monitoreo.

En cuanto al horario hábil nocturno se registran niveles de presión sonora de 63,3 dB (PMR-02), 67,5 dB (PMR-03) y 67,3 dB (PMR-04), los cuales cumplen con el límite nocturno establecido por la Resolución 627/2006, toda vez que, en estos puntos de monitoreo no se observaron fuentes de emisión continua de origen antrópico que pudiera alterar los niveles de ruido. Con respecto a los puntos de monitoreo PMR-01 (64,7 dB), PMR-05 (47,0 dB) y PMR-06 (52,5 dB) obtuvieron incumplimiento normativo, producto de sonidos característicos de una zona residencial rural, tales como animales locales y silvestres de hábito nocturno.

Por otro lado, las mediciones reportadas en el horario nocturno día no hábil, obtuvieron cumplimiento normativo para los puntos de monitoreo PMR-02, PMR-03, PMR-04 y PMR-05. Los puntos de monitoreo PMR-01 (66,1 dB) y PMR-06 (51,9 dB), categorizados en el Sector D, están por encima del límite permisible estipulado en la Resolución 0627 del 2006, esto debido a la generación de ruido natural proveniente de fauna doméstica y silvestres de hábito nocturno.

Los niveles de ruido registrados en el periodo hábil fueron generalmente mayores que los registros de los días no hábiles, esto debido a que se presentaba mayor afluencia y actividad de las personas que habitan o laboran en cercanía a los puntos; generalmente, se escuchaba interacción de personas, comunicación por radio de celadores y tráfico vehicular pesado. Por otro lado, se percibían sonidos que podrían estar constantemente en la zona asociados a fauna, sonidos naturales de la época de monitoreo como escorrentía, pitos de vehículos y sobrevuelo de aviones.

5.1.11.3.6 Modelación de ruido

Dentro de los requerimientos establecidos en los términos de referencia, se incluye la necesidad de desarrollar un modelo de ruido utilizando software especializado. De acuerdo con los términos de referencia para estudios ambientales y para líneas de transmisión se establece que (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, ANLA. 2018):

“Para la proyección de los niveles de ruido ambiental, se debe realizar la estimación de emisiones que serán generadas por las diferentes actividades asociadas al proyecto, utilizando herramientas de modelación y software especializados. Para ello se deben tener en cuenta las condiciones determinantes en el comportamiento de la onda sonora, las condiciones climáticas y de terreno, y las características de propagación propias de la zona objeto de estudio en la que se determine la incidencia del ruido procedente de las actividades asociadas al proyecto en las zonas sensibles.

Se deben modelar dos escenarios:

Primer escenario: línea base, sin proyecto.

Segundo escenario: construcción del proyecto.

Durante el desarrollo de la infraestructura, obras y/o actividades objeto de la Modificación No. 2, se generarán emisiones de Ruido, atribuido al uso de equipos y maquinaria requerida en la etapa constructiva del proyecto. Por tal motivo, en el presente numeral se presenta los modelos de emisiones de ruido para los escenarios mencionados, de acuerdo con lo solicitado en los términos de referencia, TdR-17 y la Metodología General para la Elaboración y Presentación de Estudios Ambientales de 2018, emitidos por la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales.

El modelo efectuado se realizó en dos escenarios, el primero corresponde a la línea base, es decir escenario sin proyecto, el cual fue contrastado a partir de los resultados del monitoreo de ruido ambiental efectuado por el laboratorio SGI S.A.S. y mediante la utilización del software SoundPlan Essential versión v4.1. El segundo escenario corresponde a la Etapa de Construcción del proyecto, en donde se utilizarán equipos que generarán ruido continuo durante la etapa de construcción, la cual será temporal y de corto tiempo; este escenario también fue modelado mediante el software el SoundPlan Essential v4.1.

El software SoundPlan Essential v4.1. se enfoca en la modelación de ruido mediante un núcleo de cálculo que permite la completa integración de los módulos de ruido al interior de diferentes industrias y su transmisión a través de ambientes, siendo una herramienta ideal para la evaluación de las emisiones de ruido en estudios ambientales, permitiendo también la elaboración de mapas de ruido.

a. Metodología

Para efectuar los modelos de emisión de ruido se procedió con la recopilación y revisión de la información existente, la planeación y alcances del proyecto, así como también la normatividad vigente para ruido ambiental, la cual actualmente correspondiente a la Resolución 627 de 2006 del hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS). Para la presentación y análisis de los resultados de este estudio se siguieron los lineamientos establecidos en dicha normatividad, tomando como estándares máximos permisibles los establecidos para el Sector C y D por dicha resolución (ver **Tabla 5-29**)

**Tabla 5-29 Estándares máximos permisibles de niveles de Ruido Ambiental
(Resolución 627 de 2006)**

Sector	Subsector	Estándares máximos permisibles de niveles de emisión de Ruido en dB(A)	
		Diurno	Nocturno
Sector C. Ruido Intermedio Restringido	Zonas con usos permitidos industriales, como i industrias en general, zonas portuarias, parques industriales, zonas francas.	75	75
Sector D. Zona Suburbana o Rural de Tranquilidad y Ruido Moderado	Residencial suburbana.	55	45
	Rural habitada destinada a explotación agropecuaria.		
	Zonas de Recreación y descanso, como parques y reservas naturales.		

Fuente: Resolución 627 del MADS, 2006.

Posteriormente, se establecieron los puntos de monitoreo de Ruido ambiental, según los criterios mostrados en el literal a del numeral 5.1.11.3.3 donde se efectuaron los monitoreos de ruido ambiental para jornada diurna y nocturna tanto para día hábil como para día festivo durante la fase de campo.

Finalmente, se obtienen los niveles de presión sonora que determinan el ruido ambiental del área de influencia del proyecto, los cuales son tomados en cuenta para el modelo del escenario actual sin proyecto. Por otro lado, para los modelos del escenario con proyecto se identificaron las fuentes de ruido a partir de las actividades del proyecto, lo que representa el principal insumo para los modelos de este escenario.

A continuación, se presenta la descripción de los insumos y datos de entrada empleados para las modelaciones.

■ Fuentes Generadoras de Ruido

Tal como lo define la resolución 627 de 2006 del hoy MADS, una fuente generadora de Ruido consiste en un *“elemento que origina la energía mecánica vibratoria, definida como ruido o sonido. Puede considerarse estadísticamente como una familia de generadores de ruido que pueden tener características físicas diferentes, distribuidas en el tiempo y en el espacio”*.

○ Escenario Sin proyecto

En el escenario sin proyecto o de línea base, las fuentes de ruido fueron las identificadas durante la jornada de monitoreo de ruido ambiental, donde se encontraron fuentes de ruido naturales como animales e insectos que emiten sonidos, así como también fuentes de ruido secundarias de origen antrópico generado por la comunidad que habita el área de influencia, principalmente tráfico vehicular liviano y pesado.

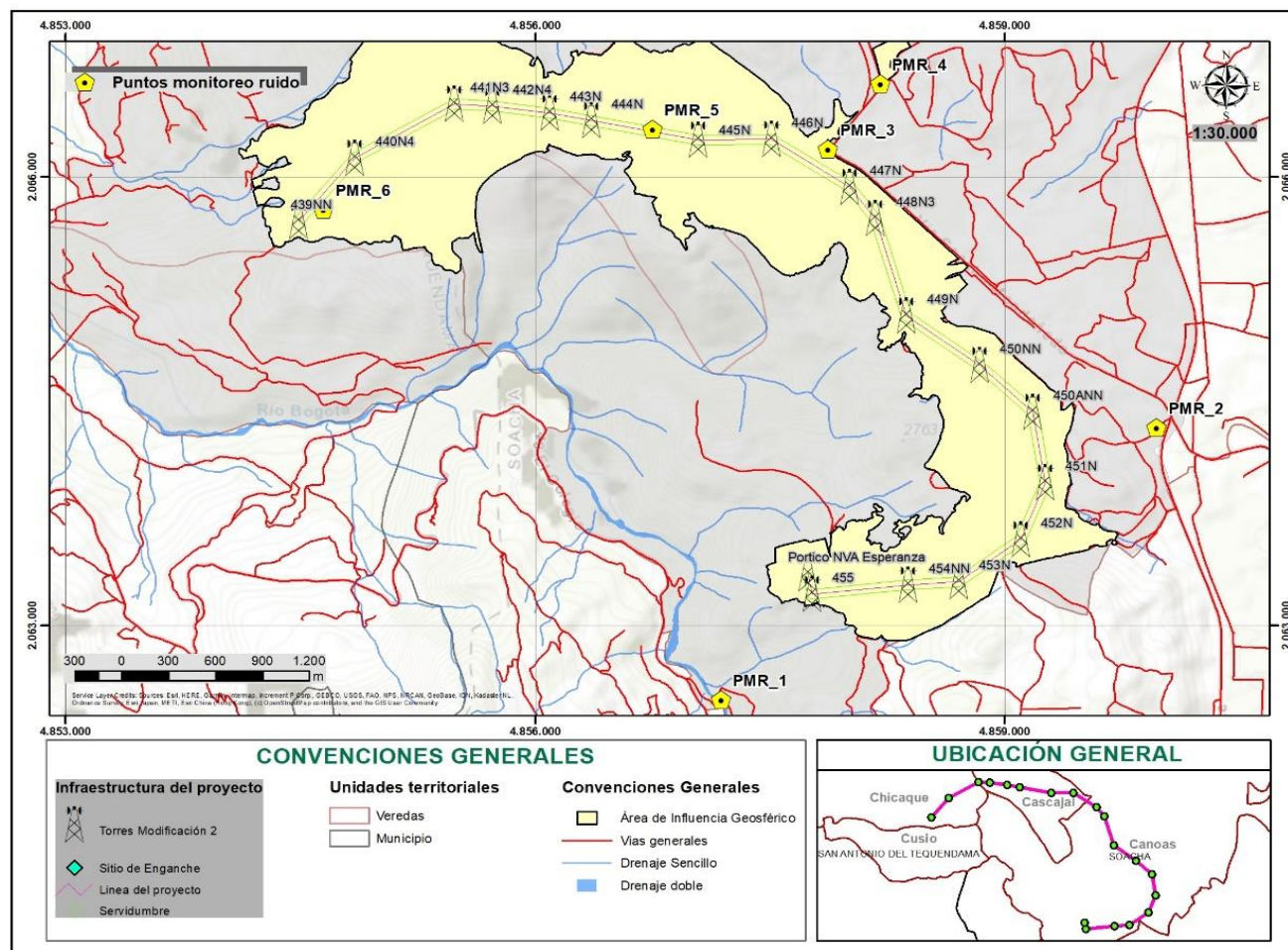
A partir de los registros obtenidos de niveles de presión sonora en el monitoreo de ruido ambiental, se efectuó el modelo de ruido para el escenario sin proyecto o línea base. De acuerdo con esto, a continuación, se presentan de manera consolidada, los datos de interés y resultados del monitoreo realizado; esto incluye las coordenadas de los puntos de monitoreo de ruido (Tabla 5-30), la georreferenciación de estos como receptores de ruido (Figura 5-18) y los Resultados LRAeq ruido ambiental en el AI del proyecto (Tabla 5-31).

Tabla 5-30 Coordenadas de los puntos de Monitoreo Ruido Ambiental

N°	NOMBRE	COORDENADAS PLANAS ORIGEN MAGNA SIRGAS	
		ESTE	NORTE
1	MR -01	4857188.82	2062499.59
2	MR -02	4859971.28	2064321.11
3	MR -03	4857872.13	2066183.33
4	MR -04	4858205.02	2066622.25
5	MR -05	4856750.44	2066316.47
6	MR -06	4854649.22	2065779.83

Fuente: S.G.I. S.A.S., 2022.

Figura 5-18 Ubicación geográfica de las estaciones de monitoreo - receptores



Fuente: SMAYD LTDA., 2022.

En cada uno de los puntos se efectuó el monitoreo de ruido en jornada diurna y nocturna, tanto en día hábil como en día festivo, obteniendo los registros de ruido ambiental corregidos de acuerdo con los lineamientos establecidos en la Resolución 627 de 2006 del hoy MADS, los cuales son presentados a continuación:

Tabla 5-31 Resultados LRAeq ruido ambiental en el AI del proyecto

Punto	LRAeq Diurno hábil	LRAeq Diurno Festivo	LRAeq Nocturno hábil	LRAeq Nocturno Festivo
MR-01	66.4	66.8	64.7	66.1
MR-02	64.5	58.8	63.3	62.4
MR-03	66.0	64.6	67.5	66.9
MR-04	66.9	65.6	67.3	64.7
MR-05	54.6	49.4	47.0	40.1
MR-06	52.9	52.9	52.5	51.9

No cumple con la normatividad de Ruido Ambiental (RES 627/06) para el Sector D

Fuente: S.G.I. S.A.S., 2022

○ Escenario con Proyecto

◇ Etapa de Construcción

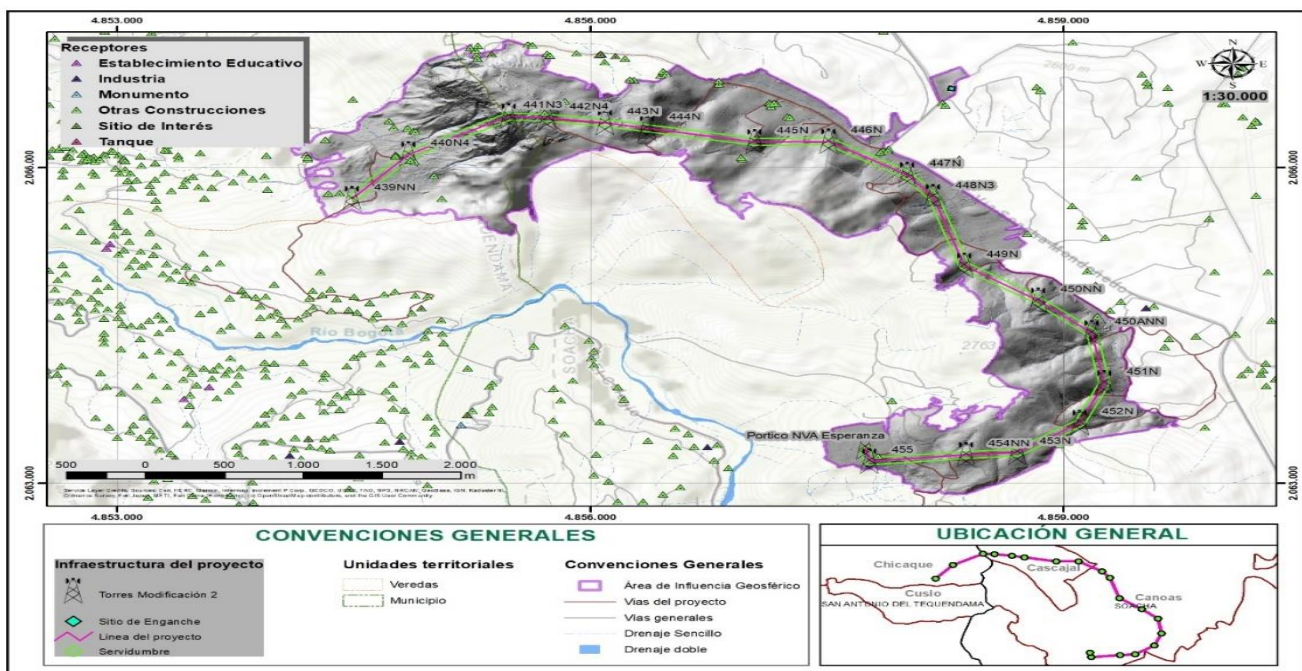
Para la implementación del modelo de ruido en el escenario con proyecto, se evaluó la etapa de construcción a desarrollarse y se identificaron los equipos y maquinaria que representan las fuentes fijas generadoras de ruido, así como la cantidad que serán utilizadas durante dicha etapa, obteniendo sus especificaciones mediante las fichas técnicas y especificaciones de los fabricantes adjuntados en el Anexo A5.1.11.3_b.

En el apartado de “Resultados y análisis para escenario fase de construcción - Configuración de la zona de simulación” se detallan las fuentes de ruido incluidas para el análisis de la zona de influencia del proyecto.

■ Elementos de interés

En cuanto a los elementos de interés en el área de estudio, se presentan en las cercanías infraestructura social como viviendas, escuelas, caseríos, población dispersa, centros deportivos, entre otros; estos se presentan georreferenciados en la Figura 5-19. Se observa, que en el área de influencia del proyecto se ubican pocas construcciones, en su mayoría se encuentran en la zona noroeste y son de tipo “otras construcciones”. Por otra parte, los elementos que fueron utilizados como receptores de control en la modelación, son aquellos que corresponden a los seis puntos de monitoreo de ruido establecidos en la campaña de campo realizada entre el 20 y 28 de febrero de 2022 por SGI S.A.S. Estos receptores se utilizaron en ambas fases de modelación, tanto en línea base como en el escenario de construcción. La georreferenciación de estos se presentó en los apartados anteriores junto con los resultados obtenidos en el monitoreo en campo.

Figura 5-19 Georreferenciación de los elementos de interés



Fuente: SMAYD LTDA., 2022

■ Software y data empleada

La realización de mapas de ruido empleando modelos acústicos es de gran relevancia, no solo para analizar e identificar los impactos de las diferentes fuentes presentes, sino también para evaluar medidas de mitigación y reducción de niveles de ruido (Ozkurt, Sari, Akdag, Kutukoglu & Guraslan, 2014).

Uno de los modelos más utilizados para la generación de mapas de ruido y evaluación de medidas de control es el modelo SoundPLAN. Este es un software especializado para el modelamiento de ruido, enfocado a profesionales, sector académico y consultores, que permite la resolución de problemas complejos relacionados con el fenómeno de dispersión acústica y cuyos resultados permiten plantear medidas de manejo y seguimiento de ruido en exteriores e interiores, plantear políticas públicas y privadas, además de apoyar los procesos de planificación. A partir de su aplicación se han implementado más de 50 regulaciones para ruido de carreteras, trenes, interior de empresas, industria general y aeronaves en Europa y Norteamérica principalmente (SoundPLAN GmbH, 2018).

○ Selección del sistema de modelación, consideraciones y limitaciones

Para el escenario sin proyecto (Línea base) y el escenario de etapa constructiva se empleó el software SoundPLAN Essential v4.1 el cual efectúa simulaciones de emisiones de ruido generados por una fuente o foco puntual y lineal en la ubicación deseada, especificada por coordenadas, proporcionando como resultado isófonas y mapas de la dispersión del ruido emitido, teniendo en cuenta la elevación del terreno de la zona objeto de estudio.

El software de modelación de Ruido empleado (SoundPLAN Essential versión 4.1) para las fuentes fijas, lineales y de origen industrial, ofrece aproximadamente 20 estándares aceptados desde la Norma ISO 9613-2 del año 1996 hasta Nord2000 y Concawe. Para estos modelos en el software se utilizó el método de la Norma ISO 9613-2 del año 1996 por medio del cual establece los cálculos de atenuación del ruido o presión sonora durante la propagación en exteriores y predecir la disipación de los niveles de ruido emitido. Este método considera la divergencia geométrica, distancia, la absorción atmosférica, el efecto del suelo y tipología, el apantallamiento, reflexiones del ruido, topografía del terreno (modelo digital de elevación del terreno), potencia sonora de las fuentes y condiciones climatológicas como temperatura, humedad relativa y presión atmosférica, con la finalidad de efectuar los cálculos de atenuación de la manera más precisa posible.

Por otra parte, este método posee como limitaciones, que muchas de sus fórmulas están condicionadas a determinadas condiciones climáticas, y el cálculo de la atenuación atmosférica es aplicable para terrenos aproximadamente planos o llanos, sin embargo, dado a que el software incluye como insumo un modelo digital de la elevación del terreno, la disipación de los niveles de ruido emitido considera dicha elevación del terreno como un obstáculo que proporciona la absorción, apantallamiento y reflexión del ruido, lo que reduce las limitaciones del método usado y resultando un mayor porcentaje de confiabilidad.

Diferentes módulos del software SoundPLAN presentan una utilidad directa para la modelización de ruido ambiental en las áreas de estudio (mapa base y escenarios) y para la determinación de niveles de ruido percibido por receptores en cada área de influencia. El modelo SoundPLAN tiene una arquitectura modular que varía según la licencia adquirida por el usuario.

El modelo SoundPLAN Essential v4.1 es la versión del software utilizado en este proyecto. Algunos módulos de importancia que pueden ser utilizados y su descripción general se presentan a continuación:

- **Simulaciones de carreteras y líneas férreas.** El módulo de carreteras y ferrocarriles se compone de 2 partes: los cálculos de emisión y de propagación. Los cálculos de emisión son representados considerando cantidad y categoría de vehículos, la velocidad de circulación y la superficie de la carretera. Los cálculos de propagación son ejecutados al interior del núcleo de cálculo y pueden ser elaborados para uno o varios receptores, así como para la generación de un mapa de ruido.
- **Ruido industrial hacia exteriores.** Todos los problemas de ruido industrial (considerando variaciones en la frecuencia, propia de la diversidad de fuentes de ruido) pueden ser simulados. Utilizando fuentes de emisión incorporadas en la biblioteca del software o espectros de emisión incorporadas por el usuario, puede evaluarse el efecto de una fuente industrial sobre un receptor externo.
- **Mapas de ruido.** El software SoundPLAN Ev4.1 cuenta con la opción de generación de mapas de ruido de cuadrícula, a una altura específica donde los receptores siguen el perfil del terreno. El espaciamiento de los receptores y la altura con respecto al suelo son seleccionables por el usuario. Adicionalmente, es posible generar un mapa de receptores, los cuales se ubican lo largo de las fachadas de un edificio. Los receptores pueden ser puestos por cada piso, ya sea con un número fijo de receptores por piso y fachada o configurando un espacio entre estos. Este mapa de ruido de receptores es una gran herramienta para planeación de ruido debido a que directamente permite obtener estadísticas y gráficas de un cálculo simple. El espaciamiento de los receptores y la altura con respecto al suelo son seleccionables por el usuario.
- **Diseño de pantallas.** El propósito de este componente de SoundPLAN es evaluar barreras de ruido a lo largo de carreteras, ferrocarriles o industrias, para acoplar viviendas a niveles de tranquilidad con respecto al ruido ambiental. Permite la selección de barreras con diferentes propiedades de absorción y/o reflexión.

○ Metodología para la modelización de mapas de línea base y proyecciones de construcción en el proyecto

La metodología para la simulación acústica en SoundPLAN de la línea base y el escenario considerado en la etapa constructiva del proyecto, se divide en tres componentes principales:

◇ Requerimientos de información

El primer componente necesario para la simulación es la selección de la información de entrada y su ajuste para que sea compatible con las opciones y requerimientos propios del modelo. Los requerimientos de información de entrada tienen que ver con:

Información cartográfica

La simulación en SoundPLAN requiere una cartografía e información base que permita generar el modelo de elevación digital (DGM) de la zona de estudio. La información cartográfica básica necesaria tiene que ver con:

- Puntos de altura del área a simular (obtenida a partir de curvas de nivel o modelos digitales del terreno y de superficie).
- Planos de edificaciones existentes con sus respectivas alturas.
- Vías de interés en la zona, actuales y proyectadas.
- Planos de áreas de cobertura boscosa que puedan considerarse como áreas de atenuación, con la respectiva altura media de cada zona boscosa.
- Planos sobre la localización proyectada de pilonas, estaciones y áreas de trabajo. También las áreas destinadas a escombreras y parqueadero.

Sobre la cartografía suministrada se trazó un área de estudio rectangular, tomando en consideración la extensión o cobertura de las áreas de interés principales, relacionadas con la línea de tensión del proyecto y los puntos de monitoreo de ruido. Toda la cartografía e imágenes fueron proyectadas al Sistema Magna Colombia Bogotá. A partir de este ajuste en la georreferenciación se realizó la actualización de las capas de construcciones y vías para ser entregadas como base para los modelos utilizados en SoundPLAN. No obstante, a pesar de que dicho software recibe los formatos de ArcGIS, fue necesario reingresar los atributos tanto de tipo de vía como de altura de las construcciones ya que estos datos no ingresan de forma automática a dicho software.

- Datos de medición en campo para generación de receptores y validación del modelo

Como se mencionó previamente, el modelo entrega información de mapas de ruido en una distribución de cuadrículas horizontales a una altura específica definida (4m en este caso). El mapa de ruido de condiciones actuales (mapa base), que representa en escala de colores la variación del nivel de presión sonora continuo equivalente, L_{eq} en dB(A), se debe validar y ajustar a partir de información medida en campo. La validación y ajuste tiene como fin de obtener la menor desviación o sesgo entre el mapa simulado y la observación (medida de campo), en los puntos de control donde se realizaron las medidas de ruido.

Cada punto de medición se convierte entonces en un punto receptor en el mapa de ruido simulado, para el cual se tendrá información detallada del L_{eq} . Los receptores hacen referencia entonces a puntos sobre el área de simulación donde se desea obtener información específica de los niveles de ruido ambiental obtenidos durante la simulación. Teniendo en cuenta que cada punto receptor debe ir vinculado a una edificación, para generar los puntos de receptores se crearon edificaciones hipotéticas de 1 m² de área y 1 m de altura (edificación que no interfiere con la dispersión de ruido en la simulación). El primer nivel de cada punto receptor fue definido a una altura de 4 m, la cual es equivalente a la altura necesaria para la medición de ruido ambiental durante las campañas de campo. Los niveles siguientes se definieron a partir de una distancia entre niveles de 2 m de altura.

Es importante destacar que los modelos de ruido entregan la información del mapa de ruido para cada periodo simulado (diurno, nocturno) en unidades de nivel de presión sonora continuo equivalente **no corregido**. Sin embargo, con el fin de tener una base mayor aproximación para la comparación de los límites normativos que expone la Resolución 0627 de 2016, el ajuste del modelo se realizó con base en la estimación en campo del L_{eq} corregido. Ante la imposibilidad de corregir en el mapa simulado los niveles de ruido por impulsividad, tonalidad y frecuencia (procedimiento posible únicamente cuando se realizan medidas con sonómetros en campo), el ajuste mencionado en función del L_{eq} corregido reduce el sesgo que se pueda presentar para la comparación con la normativa vigente en materia de ruido ambiental.

- Datos de medición en campo para generación de emisores

El modelo requiere la definición de las fuentes de ruido para tener en cuenta en la simulación. Para esto, se tuvieron en cuenta las fuentes de ruido principales en la zona de estudio asociadas a flujo vehicular, industrias, entre otras, propia de cada área de estudio. Para fuentes de emisión de ruido vehiculares es necesario caracterizar los niveles de tráfico (veh./hora promedio) para vehículos livianos y pesados en periodo diurno y nocturno en las vías identificadas. Teniendo en cuenta esto, se realizó un promedio de los aforos de vehículos livianos y pesados de acuerdo con el tipo de vía (principal, secundaria y no pavimentada) y se ingresó la información al modelo.

Como herramienta adicional para caracterizar las fuentes estacionarias que puedan existir en la zona de estudio, SoundPLAN cuenta con una biblioteca de fuentes o espectros de emisión para 811 procesos.

◇ Incorporación de fuentes de emisión potenciales para escenarios de construcción del proyecto

El escenario proyectado para la construcción es configurado a partir del análisis de diversos insumos realizados por la consultoría. Este análisis pretende generar un escenario constructivo que se asemeje en la mayor medida a las condiciones esperadas en términos de maquinaria, operarios, transporte, etc. La documentación analizada es la siguiente:

◇ Procedimiento de configuración del modelo para generación de mapas de ruido ambiental

Algunas de las características de configuración definidas en el modelo para la generación de los mapas de ruido ambiental (1 mapa de ruido base y 2 mapas de etapa constructiva) fueron:

- **Periodos de cálculo.** Se definieron dos periodos de cálculo (diurno y nocturno), con base en los lineamientos definidos en la normativa colombiana (Resolución 0627 de 2006).
- **Resolución topográfica para la generación del DGM.** Utilizando los modelos de elevación disponibles (modelos digitales del terreno y de superficie) se generaron puntos de altura con resolución a 40 m, los cuales fueron cargados al modelo SoundPLAN para generar el DGM.
- **Resolución empleada para generar mapa de ruido.** Los mapas de ruido fueron generados con una resolución de tamaño de cuadrícula de 20 m, la cual es lo suficientemente alta para generar un mapa de ruido detallado en la zona de estudio.

◇ Procedimiento de validación y ajuste del mapa de ruido ambiental para las condiciones actuales

Con el fin de tener el menor sesgo posible en la simulación, se realizaron ajustes en las fuentes de emisión para generar niveles de ruido en los puntos receptores con registros lo más cercano posible a las mediciones realizadas en campo.

Para llegar a los mejores valores de ajuste se realizó un procedimiento de validación en los puntos receptores. Se compararon los valores simulados asociados al nivel de presión sonora L_{eq} en cada periodo de estudio (diurno y nocturno) obtenidos del primer nivel del receptor (a 4 m de altura), con los valores medidos en campo. Se estimaron estadísticos de error comunes en procedimientos de simulación como el sesgo promedio (MB), error absoluto promedio (MGE) y la raíz del error cuadrático medio (RMSE). Las ecuaciones para el cálculo de estadísticos son las siguientes:

Sesgo promedio (Mean Bias, MB):

$$MB = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^N M_i - O_i$$

Error absoluto promedio (Mean Gross Error, MGE):

$$MGE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^N |M_i - O_i|$$

Raíz del error cuadrático medio (Root Mean Squared Error, RMSE):

$$RMSE = \left(\frac{\sum_{i=1}^n (M_i - O_i)^2}{n} \right)^{1/2}$$

En las ecuaciones descritas, O_i representa el valor de la observación *iésima* y M_i representa el valor de la variable simulada *iésima*; para un total de n observaciones.

En la sección de resultados y análisis, se muestran los resultados de estadísticos de error obtenidos para el mapa base final ajustado mediante el procedimiento de validación.

b. Resultados

o Resultados y análisis para mapas base de ruido ambiental

En esta sección se presentan los resultados y análisis de la modelación realizada para la línea base de ruido ambiental. El objetivo de estos mapas es identificar las zonas críticas relacionadas con presión sonora, al comparar los valores obtenidos en cada mapa con los valores máximos permisibles de la Resolución 627 de 2006.

La primera etapa del procedimiento de simulación de ruido en el proyecto es la generación de los mapas base. Estos mapas, como su nombre lo indica, pretenden caracterizar la situación actual de ruido en la zona de estudio (para periodo diurno y nocturno) y se simulan a partir de la inclusión de las principales fuentes identificadas durante los reconocimientos de campo y análisis de información secundaria.

Los mapas base fueron ajustados y validados considerando los resultados de las mediciones realizadas durante la campaña de campo. El procedimiento de ajuste fue realizado para obtener la menor desviación posible al comparar la simulación con la observación (dato real). El procedimiento de generación de mapas base comprendió la generación de mapas en un procedimiento de simulación de la zona de influencia.

Teniendo en cuenta que el área de modelación es grande y el número de puntos de altitud son aproximadamente dieciséis mil, se configuro el software de manera que el tiempo de simulación para el modelo de línea base fuera de aproximadamente 5 horas en un sistema de procesamiento intel core i5. La simulación del mapa base del área completa del proyecto fue la base para la simulación el escenario de construcción que se discute posteriormente.

◇ Configuración de la zona de simulación – Escenario línea base

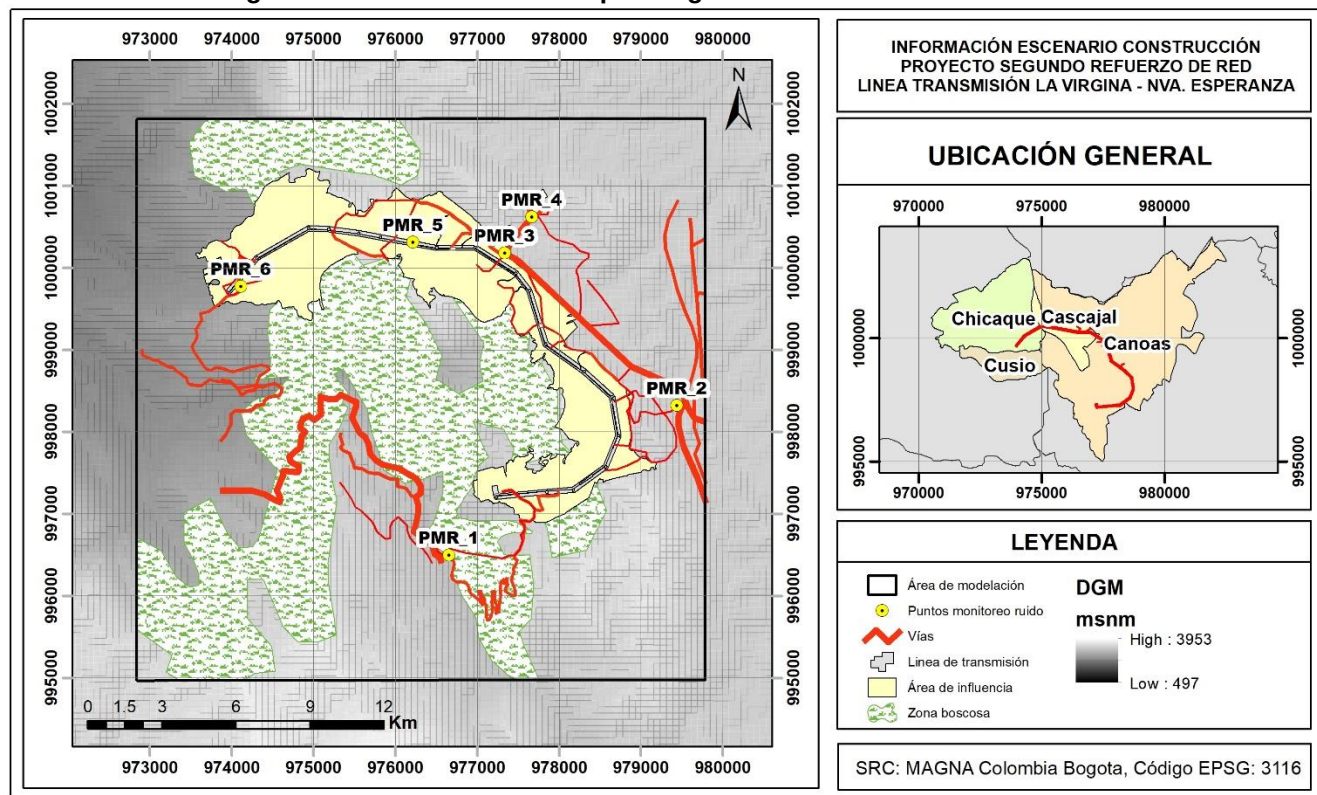
Los datos de entrada para el modelo del escenario sin proyecto están conformados por:

- **Área de modelación:** se realizó un recuadro que cubre la totalidad del área de interés del proyecto, así como los puntos de monitoreo de ruido.
- **Condiciones climatológicas (temperatura, humedad relativa y presión atmosférica):** esta información se tomó del informe de monitoreo de ruido, en el cual reportan parámetros in situ medidos en las fechas del trabajo en campo.
- **Puntos de altitud con resolución de 40 metros:** mediante el software ArcMap 10.5 se realizó una malla de 40x40 metros, cada una con un punto central. Posteriormente se realizó la extracción de altitud para cada punto, tomando como referencia un modelo de elevación digital (DEM).
- **La ubicación espacial de los puntos de monitoreo para asignación como receptor:** Se ingresaron al modelo SoundPLAN seis puntos de receptor los cuales representaron los puntos de monitoreo de ruido ambiental.

- **Vías principales, secundarias y sin pavimentar para asignar flujo vehicular:** Se cargo un archivo .shp de vías de acuerdo con su clasificación (principal, secundaria y sin pavimentar). Esta clasificación se realizó mediante la observación de cartografía y el análisis de flujo vehicular reportador en las campañas de aforo realizadas para el proyecto. Posteriormente se ingresaron flujos vehiculares, velocidad y características de la vía a cada segmento ingresado. Esta información se tomó también de los aforos vehiculares realizados, información que fue ajustada teniendo en cuenta la gran cantidad de segmentos de vía de la zona de interés.
- **Ingreso de área de atenuación:** finalmente, se ingresó un polígono correspondiente a bosque denso, de acuerdo con la información sobre coberturas de suelo reportada en el informe de monitoreo de ruido realizado por SGI S.A.S. Este polígono se ingresó al modelo SoundPLAN con una altura aproximada de 8 metros.

A continuación, se presenta el mapa con toda la información cartográfica de entrada mencionada anteriormente (Figura 5-20).

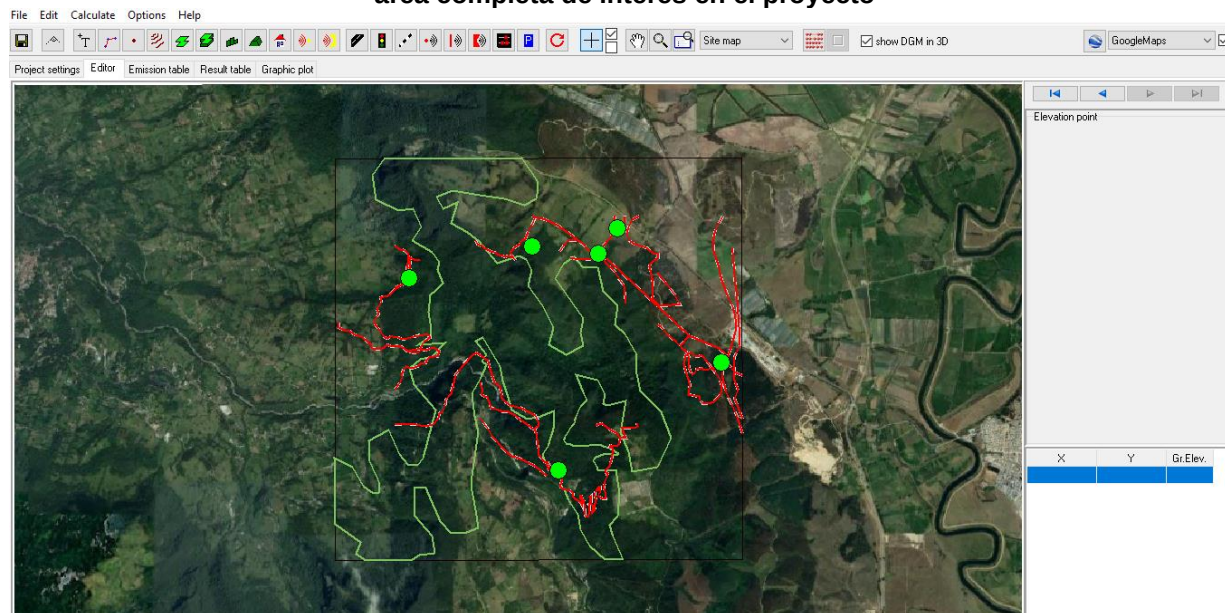
Figura 5-20 Información base para ingreso al modelo SoundPLAN v4.1.



Fuente: SMAYD LTDA., 2022

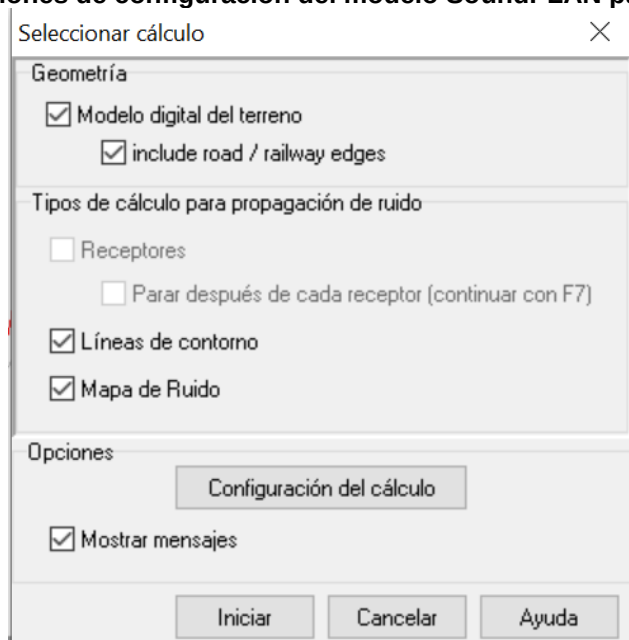
Las siguientes figuras (Figura 5-21, Figura 5-22, Figura 5-23 y Figura 5-24) muestran imágenes de configuración obtenidas en el modelo SoundPLAN para el área de simulación que cubre el proyecto. Se muestra la imagen de vista en planta y vista 3D del área simulada con sus respectivos objetos.

Figura 5-21 Vista en planta de configuración de modelo SoundPLAN para modelización de ruido en el área completa de interés en el proyecto



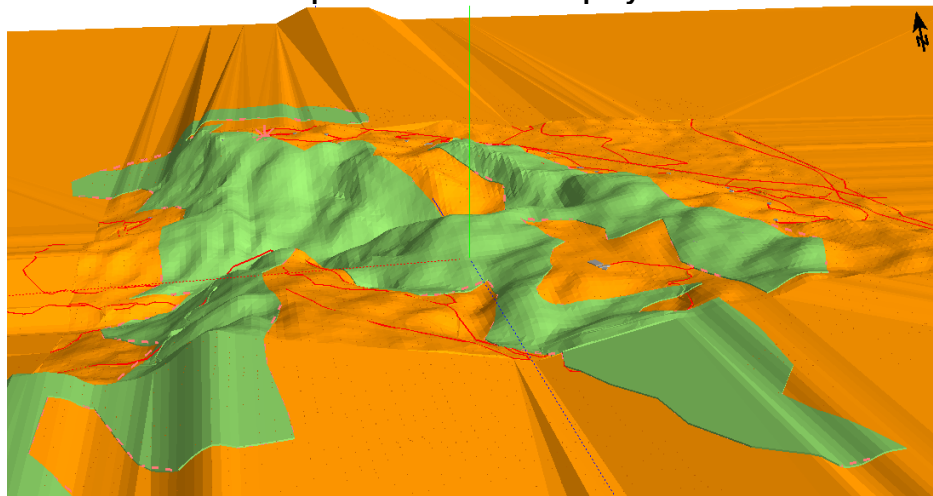
Fuente: Smayd Ltda., 2022

Figura 5-22 Opciones de configuración del modelo SoundPLAN para iniciar corrida



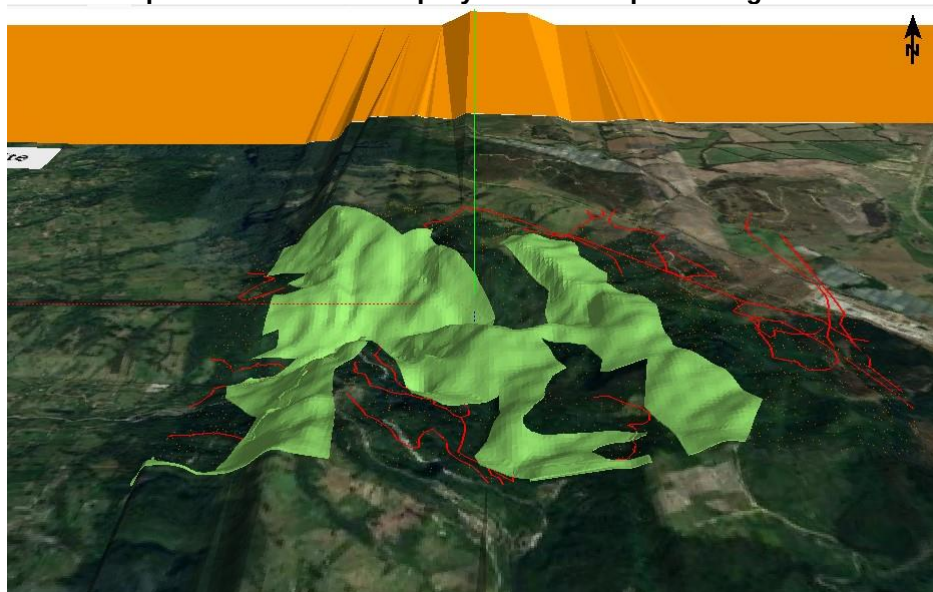
Fuente: Smayd Ltda., 2022

Figura 5-23 Vista 3D de configuración de modelo SoundPLAN para modelización de ruido en el área completa de interés en el proyecto



Fuente: Smayd Ltda., 2022

Figura 5-24 Vista 3D de configuración de modelo SoundPLAN para modelización de ruido en el área completa de interés en el proyecto – bitmap de Google Earth



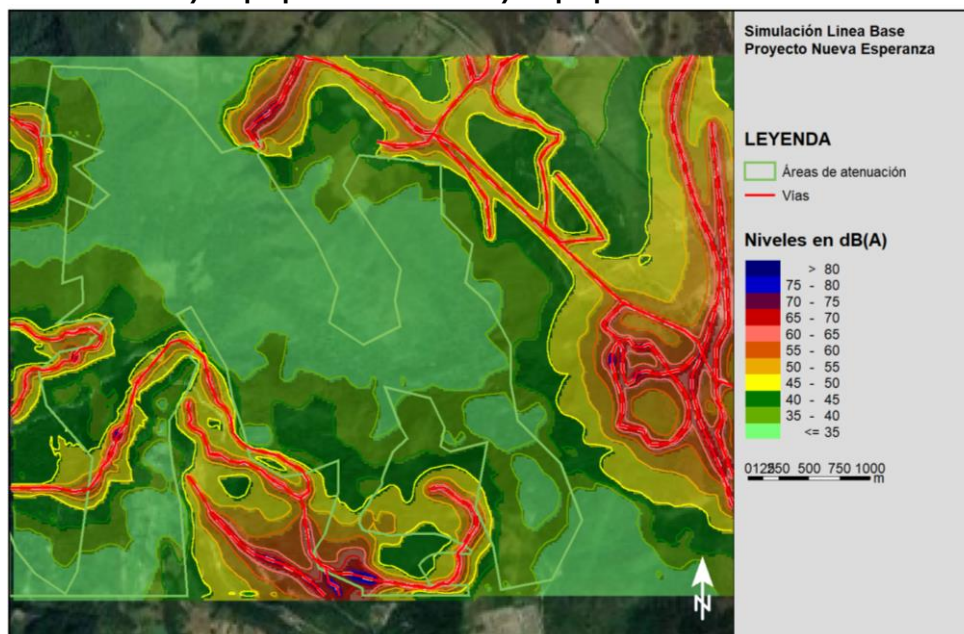
Fuente: Smayd Ltda., 2022

- Mapa base de ruido ambiental obtenido

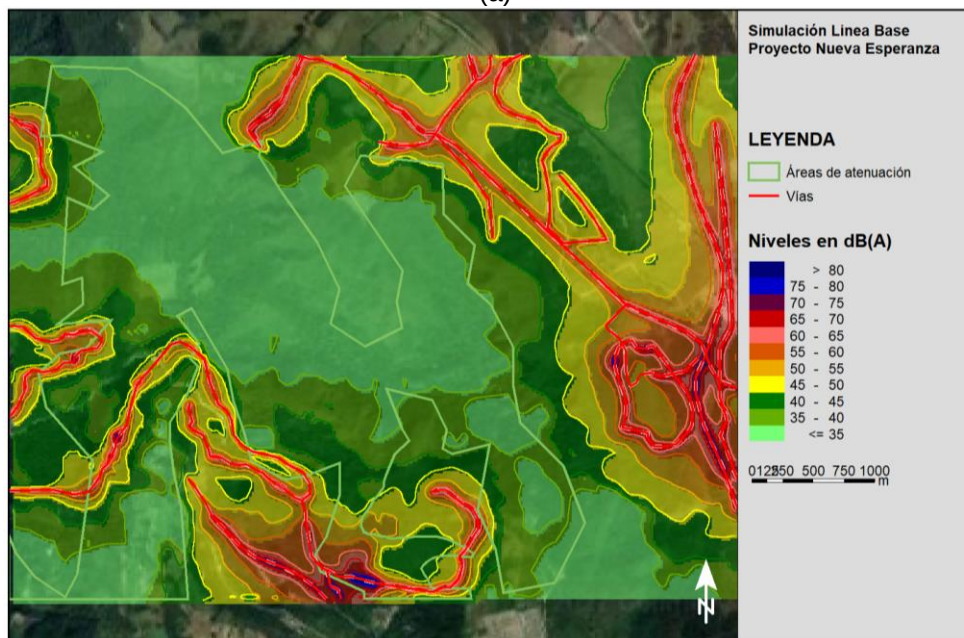
En la Figura 5-25 se muestran los mapas base de ruido ambiental obtenidos para periodo diurno y nocturno producto de la simulación en SoundPlan para el área completa de interés en el proyecto. Como era de esperarse, el escenario más crítico se asocia al mapa base obtenido para el periodo diurno y el efecto de las fuentes de emisión de ruido principales asociadas al flujo vehicular.

Figura 5-25 Mapas base de dispersión de ruido en el área del proyecto.

a) Mapa periodo diurno. b) Mapa periodo nocturno.



(a)



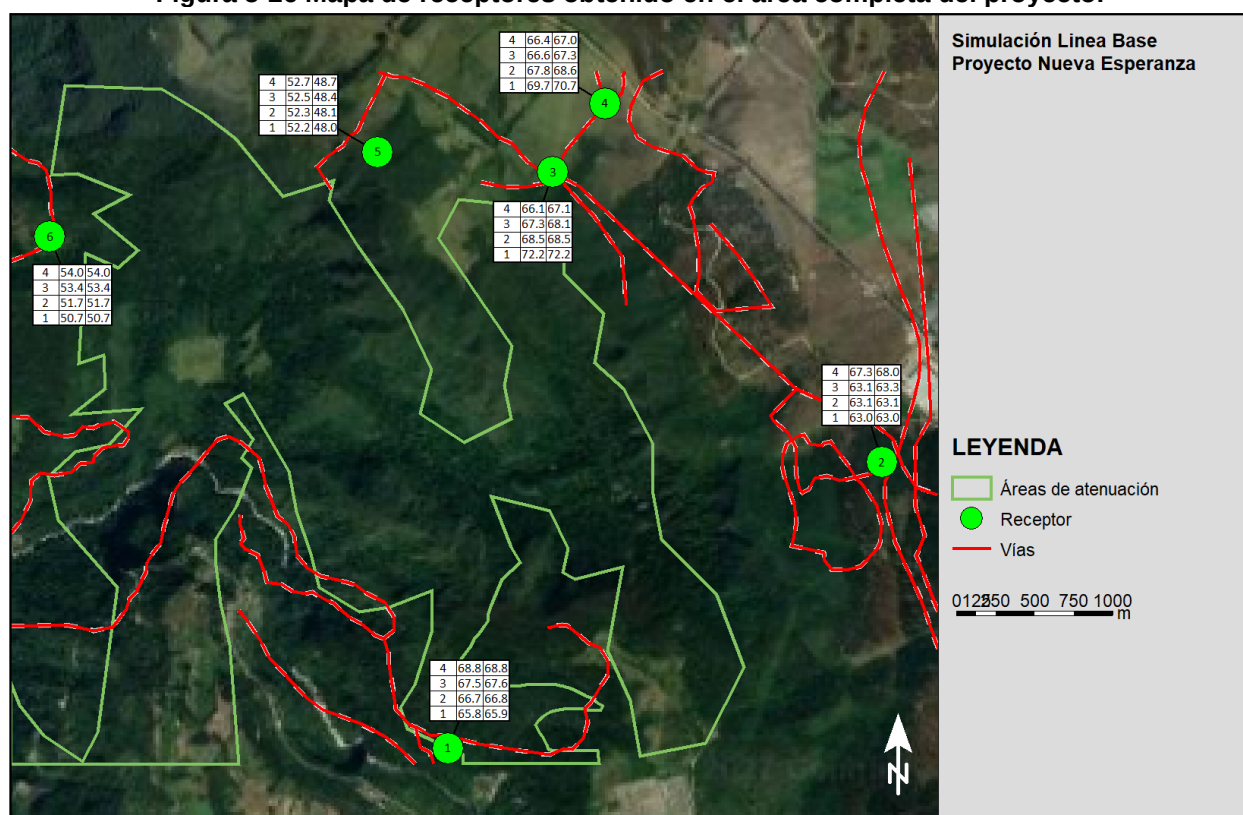
(b)

Fuente: Smayd Ltda., 2022

Se observa en los mapas anteriores que la simulación para el escenario diurno y nocturno conserva características similares en los resultados, esto está asociado a que las fuentes de emisión en la zona de estudio son principalmente fuentes móviles; por lo cual los resultados de mayor emisión de ruido se encuentran concentrados en las vías, mientras que para la zona de atenuación se registran los valores más bajos en dB.

En la Figura 5-26 se muestra el resultado final del mapa de receptores simulado en SoundPLAN. Las columnas hacen referencia a los periodos diurno (izquierda) y nocturno (derecha), mientras que las filas se asocian a los resultados de los niveles verticales evaluados, siendo el segundo nivel inferior el correspondiente al nivel base de 4 m y los niveles siguientes cada uno variando en alturas de 2 m por nivel. En estos resultados se aprecia de manera más clara que los valores registrados por los receptores para el periodo diurno y nocturno son similares.

Figura 5-26 Mapa de receptores obtenido en el área completa del proyecto.



Fuente: Smayd Ltda., 2022

- Estadísticos de error calculados para simulación del mapa base con cobertura del área completa del proyecto

Los estadísticos de error fueron calculados a partir de los valores promedio de Leq_{AR} obtenido en campo (variable observada) y el valor de Leq simulado para cada periodo (diurno, nocturno). Cada punto comparativo se tomó según las estaciones de monitoreo de ruido descritas previamente. Tabla 5-32 muestra los valores observados y simulados a partir de los cuales se realizó el cálculo de los estadísticos de error.

Tabla 5-32 Niveles de ruido (L_{eq}) observados y simulados en los puntos de control para el área completa del proyecto

Identificación de la estación de monitoreo	Leq observado diurno (dB(A))	Leq simulado diurno (dB(A))	Leq observado nocturno (dB(A))	Leq simulado nocturno (dB(A))
PMR1	66.4	65.4	64.7	65.4
PMR2	64.5	63.1	63.3	63.1
PMR3	66.0	68.5	67.5	68.5
PMR4	66.9	67.8	67.3	68.6
PMR5	54.6	50.4	47.0	50.6
PMR6	52.9	52.7	52.5	52.8

Fuente: Smayd Ltda., 2022

Los resultados de los estadísticos de error obtenidos para cada periodo se muestran en la Tabla 5-33. En términos generales se puede concluir que, de acuerdo con los valores negativos del sesgo promedio, existe una subestimación de los valores simulados con respecto a los observados, en promedio de 0.2 dB para periodo diurno. Para periodo nocturno se obtuvo un comportamiento inverso con un valor positivo de 0.8 dB. La diferencia promedio absoluta entre los valores observados y simulados se encuentra cercana a los 1.4 dB en periodo diurno y 1.1 dB nocturno, tal como lo indica el MGE. Por otra parte, el promedio de las diferencias entre los valores pronosticados y los observados (RMSE) se encuentra cercano a los 1.6 dB en periodo diurno y 1.2 dB en periodo nocturno. Los resultados muestran que el modelo tiene un buen ajuste y puede representar las condiciones propias del área de estudio completa. Por lo tanto, el mapa base obtenido en la simulación puede considerándose como referente de mapa de isófonas en la zona de estudio para el escenario sin proyecto.

Tabla 5-33 Estadísticos de error obtenidos a partir de niveles de ruido observados y simulados en el área completa del proyecto

Estadístico	Periodo	
	Diurno	Nocturno
MB	-0.2	0.8
MGE	1.4	1.1
RMSE	1.6	1.2

Fuente: Smayd Ltda., 2022

El mapa base de ruido generado para el área completa, fue utilizado entonces como referente en la evaluación del escenario de simulación propuesto para la etapa de construcción del proyecto.

○ Resultados y análisis para escenario fase de construcción

◇ Configuración de la zona de simulación

De acuerdo con el análisis integral de las actividades constructivas en el área de influencia, se definieron fuentes de emisión para cada uno de los escenarios considerados y se ingresaron en el escenario base, el cual ya estaba configurado como se describió anteriormente.

Los datos de entrada del modelo empleado para el escenario con proyecto, corresponden a: tipo de fuente y ubicación, a los niveles de presión sonora de cada fuente de emisión de ruido presentados, las condiciones climatológicas (temperatura, humedad relativa y presión atmosférica), y las áreas de atenuación de ruido representadas por la vegetación arbórea existente en el área de estudio, siendo estos los criterios acústicos necesarios para considerar la divergencia geométrica, la absorción, el efecto del suelo, el apantallamiento, reflexiones, y el modelo digital del terreno.

En los procesos a ejecutar en la etapa de construcción del proyecto, se utilizarán equipos con potencial de generar elevados niveles de potencia sonora, los cuales representan las fuentes fijas y lineales de emisión de ruido y son descritas a continuación, mediante información obtenida de las fichas técnicas de cada equipo, el cual se puede detallar en el Anexo A5.1.11 Atmósfera/A5.1.11.3 Ruido/A5.1.11.3_b Modelo de Ruido/Especificaciones Fuentes de Emisión.

Como primera actividad constructiva se realizará el levantamiento de las estructuras de las 17 torres que servirán como soportes de la línea de alta tensión. Con el fin de agilizar la preparación de concreto para las cimentaciones de las patas de torre, se podrán usar mezcladores de concreto (en caso de que el acceso a torre lo permita), los cuales representan una fuente fija de generación de ruido durante el proceso de cimentación de las torres dado principalmente al motor de combustión interna que el equipo utiliza para su funcionamiento. A continuación, en la Tabla 5-34 se presentan las características de un mezclador de concreto tipo que puede ser utilizado en las cimentaciones de las torres.

Tabla 5-34 Características Mezclador de Concreto Tipo

ASPECTOS	DESCRIPCIÓN
Fabricante	Condustrial S.A.
Modelos	CS400L-6.5WG CS400L-7K CS400L-6EH
Combustible usado	Gasolina y ACPM
Capacidad de Tambor	400 L
Capacidad de Mezcla	280 L
Sistema de control de ruido	Motor contenido en una Cámara metálica
RPM del Tambor	26 - 30
Rendimiento	4,1 m ³ /h
Llantas	Neumáticas de 13"
Potencia del Motor	5, 6 y 6.5 hp
Tipo de Motor	Otto y Diesel
Ruido generado	89,9 dB (NORMA BS-5228)
Marca de Motores	Warrior Kohler EcoHorse
RPM del Motor	1800
Peso	205 – 210 kg
Dimensiones	Largo:1.88 m – Ancho: 1.30 m – Alto: 1.65 m

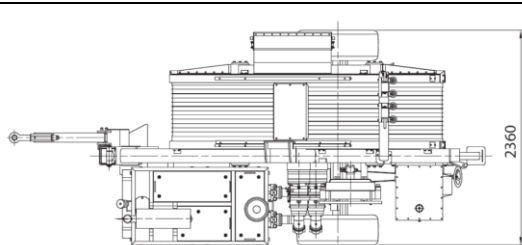
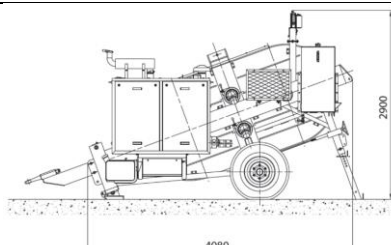


Fuente: Consorcio Industrial S.A., 2018

Posterior a la construcción de las torres, se efectuará el tendido de los conductores, actividad que se realiza con un equipo denominado malacate con Cabrestante, el cual representa una fuente fija generadora de ruido durante la actividad de tendido de conductores que será realizada desde las cuatro (4) plaza de tendido que se tienen planteadas para dicha actividad. Las características de malacates o Cabrestantes-Frenadora tipo son presentadas a continuación en la Tabla 5-35.

Segundo Refuerzo de Red en el Área Oriental: Línea de transmisión La
Virginia – Nueva Esperanza 500kV - UPME 07 2016

Tabla 5-35 Características Cabrestante-Frenadora Tipo

ASPECTOS		DESCRIPCIÓN	
Fabricante	TESMEC		
Modelos	AFB506		
Tipo	Hidráulica		
Combustible usado	ACPM		
Tipo de Motor	Diesel		
Potencia del Motor	140 hp (104 kW)		
Instalación Eléctrica	12 V		
Enfriamiento del Motor	Por Agua		
Diámetro de los tambores	1500 mm		
Diámetro máximo del conductor	40 mm		
Capacidad de masa a manejar	6200 kg (12.000-13.000 Lb)		
Tiro Máximo del Cabrestante	90 kN		
Velocidad de Tiro Máxima del Cabrestante	2,4 km/h		
Velocidad Máxima del Cabrestante	5 km/h		
Tiro a Velocidad Máxima del Cabrestante	44 kN		
Tensión Máxima de la Frenadora	90 kN		
Velocidad Máxima de la Frenadora	5 km/h		
Esquema y Dimensiones en mm			

Fuente: TESMEC S.p.A., 2019

Seguidamente, se presenta las características de los vehículos a utilizar durante el desarrollo de la Etapa Constructiva del Proyecto para el transporte de materiales, equipos y de personal, desde la Tabla 5-36 a la Tabla 5-38.

Segundo Refuerzo de Red en el Área Oriental: Línea de transmisión La
Virginia – Nueva Esperanza 500kV - UPME 07 2016

Tabla 5-36 Características Camión Turbo NPR

ASPECTOS		DESCRIPCIÓN
Fabricante	CHEVROLET	
Modelos	NPR REWARD ISUZU 4HK1-TCN 5193cc	
Combustible usado	ACPM	
Potencia del Motor	148 HP	
RPM del Motor	2600	
Torque	41 kg.m	
Capacidad de Carga	4,83 Tn	
Llantas	Neumático 17"	
Potencia de nivel sonoro externo	88 dB (CONAMA, 2014)	
Dimensiones	Largo: 6m: Ancho: 2m: Alto: 2,3m	

Fuente: CHEVROLET, 2019

Tabla 5-37 Características Jeep Willys

ASPECTOS		DESCRIPCIÓN
Fabricante	JEEP	
Modelos	WILLYS CJ3A	
Combustible usado	Gasolina	
Potencia del Motor	58,7 HP	
RPM del Motor	3600	
Torque	145 Nm	
Capacidad de Carga	2940 L	
Llantas	Neumático 16"	
Potencia de nivel sonoro externo	84,27 dB (CONAMA, 2014)	
Dimensiones	Largo: 3,2m; Ancho: 1,5m; Alto: 1,7m	

Fuente: JEEP CO, 2019

Tabla 5-38 Características NPR Minibus

ASPECTOS		DESCRIPCIÓN	
Fabricante	CHEVROLET		
Modelos	NPR MINIBUS ISUZU 4HK1-TCN 5193cc		
Combustible usado	ACPM		
Potencia del Motor	153 HP		
RPM del Motor	2600		
Torque	42 kg.m		
Capacidad de Carga	4,74 Tn		
Llantas	Neumático 17"		
Potencia de nivel sonoro externo	90,26 dB (CONAMA, 2014)		
Dimensiones	Largo: 6m; Ancho: 2,2m; Alto: 2,5m		

Fuente: CHEVROLET, 2019

Adicionalmente para la etapa de construcción se presentarán talas en los polígonos de aprovechamiento, sin embargo, esta actividad es temporal y de muy poca duración, aproximadamente un día por polígono de aprovechamiento forestal, por lo que el impacto relacionado con el ruido emitido por esta actividad es irrelevante.

En la tabla a continuación se listan las fuentes de ruido descritas, junto con las cantidades de cada equipo, vehículos y maquinaria a utilizar durante la etapa de construcción del proyecto, así como también los niveles de potencia acústica generados (determinados de manera estándar por sus fabricantes y/o calculados por el software de modelación SoundPlan) y las medidas de control de generación de ruido de cada fuente. Estos datos son obtenidos de las especificaciones de cada uno de estos equipos se encuentran en las fichas técnicas, catálogos y documentos de referencia, los cuales pueden ser detallados en el Anexo A5.1.11 Atmósfera/A5.1.11.3 Ruido/A5.1.11.3_b Modelo de Ruido/Especificaciones Fuentes de Emisión.

Tabla 5-39 Fuentes de emisión de Ruido Escenario con Proyecto – Etapa de Construcción

Etapas	Fuentes de Emisión	Tipo de Fuente de Emisión	Cantidad máxima para utilizar	Nivel de Potencia Acústica de la Fuente PWL (dB)	Sistema de control de emisión de Ruido	Fuente Oficial y Bibliográfica de los Niveles de PWL
Etapa de Construcción	Mezclador de concreto con motor diesel en 444 sitios de torre	Fuente Fija	1	89.9	Cámara del motor	NORMA BS-5228- Part-1- Noise Documento: Niveles de Ruido Equipos Construcción Mezclador Concreto (Página 46 trompo mezclador)
	Malacate o Cabrestante en 46 Plazas de Tendido	Fuente Fija	1	110	Cámara del motor	Environmental Protection Department Government of the Hong Kong, Technical

Etapa	Fuentes de Emisión	Tipo de Fuente de Emisión	Cantidad máxima para utilizar	Nivel de Potencia Acústica de la Fuente PWL (dB)	Sistema de control de emisión de Ruido	Fuente Oficial y Bibliográfica de los Niveles de PWL
						Memorandum on Noise From Construction Work, 1998 (Página 17 – Winch)
	Camión Turbo NPR para transporte de materiales	Fuente Móvil	1	75.73	Cámara del motor	Calculado por el Software SoundPlan incluyendo el tráfico vehicular actual
	Jeep Willys para transporte de materiales	Fuente Móvil	1	75.73	Cámara del motor	Calculado por el Software SoundPlan incluyendo el tráfico vehicular actual
	Bus para transporte de Personal	Fuente Móvil	1	75.73	Cámara del motor	Calculado por el Software SoundPlan incluyendo el tráfico vehicular actual
	Helicóptero de carga BELL412EPI	Fuente Móvil	1	88.1	Cámara del motor	Ministerio del transporte del Perú

Fuente: Adaptado Smayd LTDA., 2022

La altura a la cual se modelaron estas fuentes fue a nivel del terreno, calculado mediante las curvas de nivel detalladas anteriormente.

Cabe denotar que las medidas de control de ruido a utilizar durante las operaciones del proyecto son las mismas que posee cada equipo y maquinaria a utilizar de manera intrínseca, controlando las emisiones de ruido generado por el funcionamiento de los motores de combustión interna, los sistemas de refrigeración y los mecanismos de cada equipo.

Posteriormente se cargaron los datos de entrada correspondiente a las características propias de cada equipo y maquinaria correspondiente a los niveles de potencia sonora generada por las fuentes fijas, así como el tránsito vehicular (Fuentes Móviles) sobre las vías terciarias a utilizar para la construcción del proyecto.

A la hora de realizar la modelación, se utilizó el software SoundPLAN, el cual entre sus especificaciones técnicas usa una frecuencia de 500Hz para calcular la propagación del ruido de las fuentes generadoras de ruido de origen industrial, el cual fue utilizado debido a que las fichas técnicas de cada uno de los equipos proporcionan solo un valor específico de nivel de potencia sonora en Decibeles (dB).

Cabe resaltar que el uso de la frecuencia media de 500 Hz no es un valor aleatorio. El software programa la frecuencia media para el modelo de ruido en INDUSTRIA en 500 Hz usando como referencia la norma ISO 9613-2; la cual menciona en la Nota 1 del Apartado 1. Alcance (Scope) lo siguiente: "If only A-weighted sound power levels of the sources are known, the attenuation terms for 500 Hz may be used to estimate the resulting attenuation."

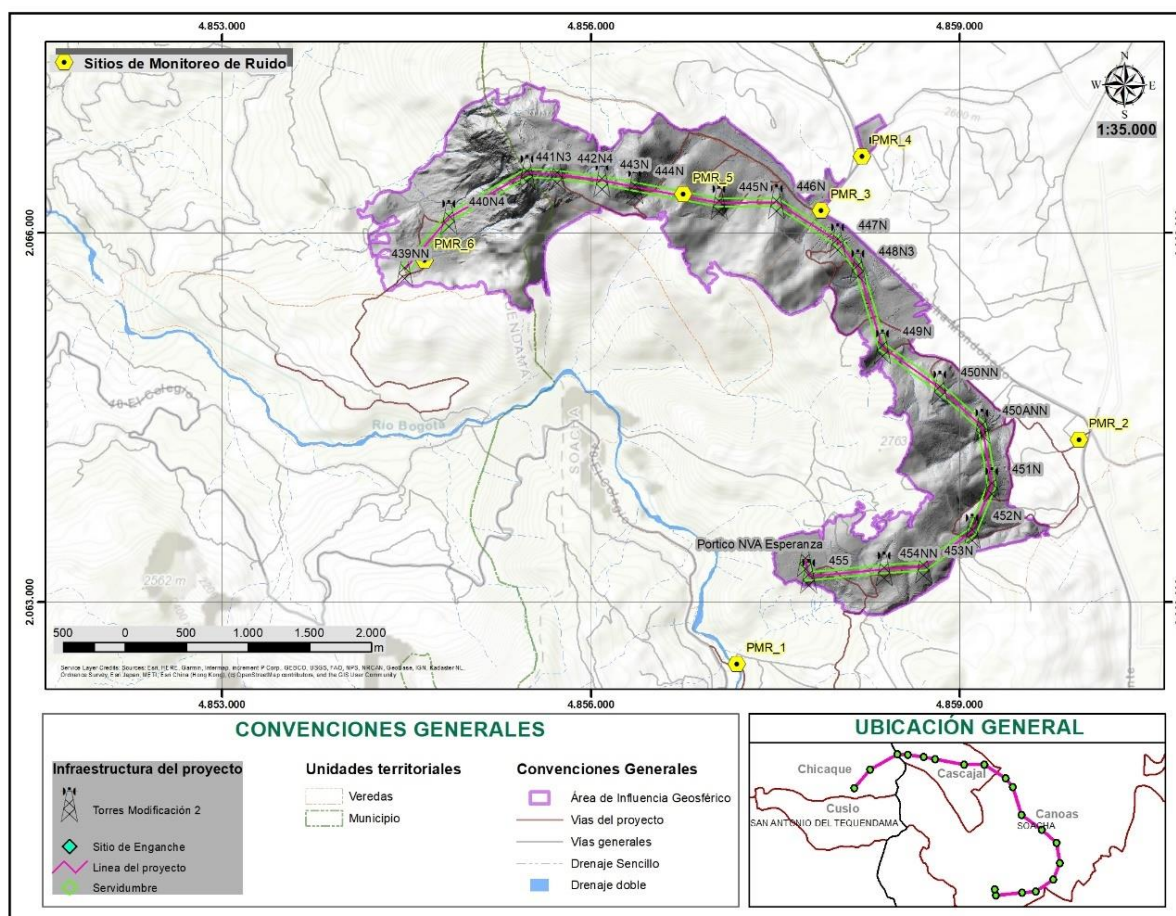
Lo anterior, es citado textualmente por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC) en la página 7 de la Norma Técnica Colombiana "NTC 5491-2: 2007-05-23 ACÚSTICA. ATENUACIÓN DEL SONIDO DURANTE SU PROPAGACIÓN AL AIRE LIBRE. PARTE 2. MÉTODO DEL CÁLCULO GENERAL", tal como se presenta seguidamente: *"NOTA 1 Si sólo se conocen niveles de potencia acústica ponderados A, se pueden usar los términos de atenuación para 500 Hz para calcular la atenuación resultante."*

A partir de lo anterior, la norma ISO 9613-2 y la norma NTC 5491-2 permite establecer en los cálculos y modelos de propagación de ruido como valor medio sobre una frecuencia de 500 Hz cuando sólo se conocen los niveles

de potencia acústica ponderada, ya que es un nivel de frecuencia acústica medio, teniendo en cuenta que el oído humano es capaz de reaccionar a dichas frecuencias si éstas se encuentran entre 63 Hz, hasta los 8000 Hz (tal como lo establece la misma Norma ISO).

Las fuentes fijas de generación de ruido consideradas para la etapa de construcción del proyecto se localizaron según la infraestructura proyectada y procesos a desarrollar tal como se muestra en la Tabla 5-39, así como las fuentes móviles sobre las vías terciarias que utilizará el proyecto para acceder a los sitios de torres y plazas de tendido. En la siguiente figura se presenta la ubicación de las fuentes generadoras de ruido en el escenario con proyecto en la Etapa Constructiva.

Figura 5-27 Mapa de receptores obtenido en el área completa del proyecto.



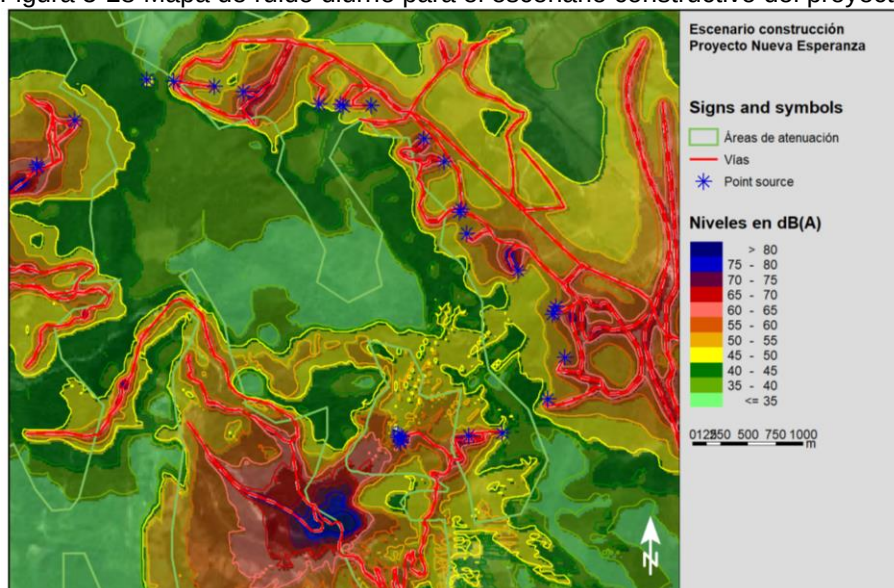
Fuente: Smayd Ltda., 2022

Este modelo de emisión de ruido se realizó de la manera más conservadora, implementando los equipos y maquinarias a utilizar que generen mayor ruido, de igual manera se utilizó el mayor ruido que se puede registrar en cada uno de los equipos, obteniendo de esta manera el escenario más crítico que se puedan presentar durante el escenario con proyecto, donde el modelo considera todas las fuentes de ruido como omnidireccionales, es decir que emite ruido en todas las direcciones.

Se presentan en esta sección los resultados obtenidos en la simulación realizada en el escenario de construcción y su comparación con el mapa de línea base, tomado como referente de las condiciones actuales en la zona de

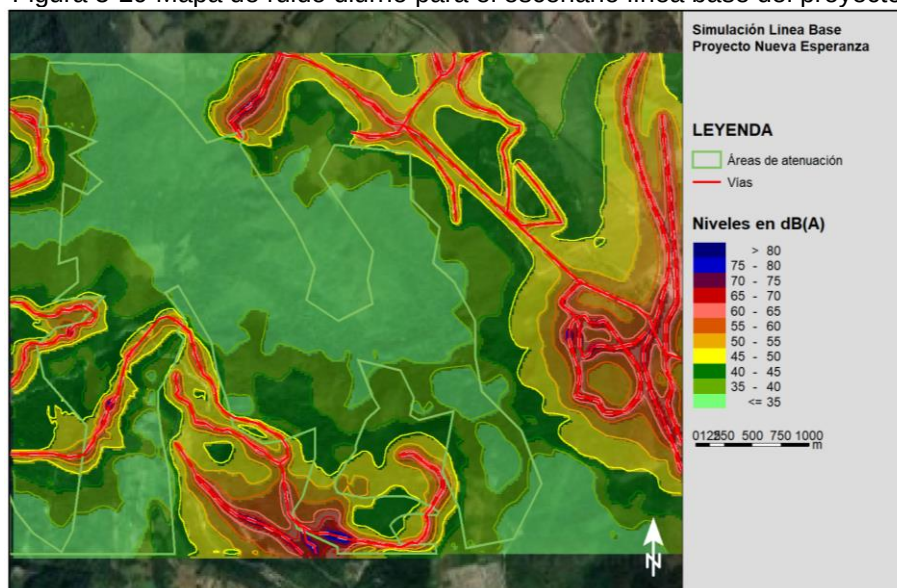
interés. El escenario modelado presenta resultados para la jornada diurna únicamente, teniendo en cuenta que durante la jornada nocturna se asumió que no se realizarían actividades asociadas a los procesos constructivos. Para determinar los principales impactos asociados con la etapa constructiva, los resultados obtenidos fueron comparados cualitativa y cuantitativamente con aquellos presentados en los mapas de línea base. Se analizaron tanto las bandas de ruido obtenidas, como los resultados de los espectros de ruido en los puntos de control, definidos como aquellos donde se realizó monitoreo de ruido ambiental y a partir de los cuales se realizó la validación del modelo de línea base.

Figura 5-28 Mapa de ruido diurno para el escenario constructivo del proyecto



Fuente: SMAYD LTDA., 2022

Figura 5-29 Mapa de ruido diurno para el escenario línea base del proyecto



Fuente: SMAYD LTDA., 2022

Se observa como en la etapa constructiva se genera un incremento en los niveles de presión sonora en el área de influencia debido principalmente al tráfico de vehículos pesados en los caminos no pavimentados proyectados para acceder a las estructuras de las 17 torres que servirán como soportes de la línea de alta tensión. A pesar de que existen cambios entre la línea base y el escenario de construcción, principalmente asociados al uso de maquinaria estacionaria en el área de las torres, no se observa un aumento en la presión sonora asociada a estas fuentes de emisión (fuente puntual en el mapa de la figura 5-24). Como se mencionó anteriormente la influencia del tráfico de vehículos pesados en las vías proyectadas es la única fuente que refleja un aumento en la presión sonora en la zona de influencia del proyecto. Asimismo, se destaca que no se obtuvo una presión sonora que implique un incremento en el área de influencia del proyecto definida previamente.

De acuerdo con las observaciones realizadas durante la modelación con el software SoundPLAN v4.1, la topografía de la zona es compleja y se presentan altas pendientes especialmente en la zona suroeste del área de influencia del proyecto. Esta situación, sumada al tráfico vehicular de la zona, puede ejercer aumentos en presión sonora en el área de interés del proyecto. Se observa también, como es de esperarse, que tanto en la línea base como en la etapa constructiva, la mayor parte del área de atenuación que se encuentra en la zona de interés del proyecto presenta los niveles mínimos de presión sonora, salvo las zonas cercanas a las vías, en donde se presenta un aumento de los niveles de ruido asociados al tráfico vehicular.

Finalmente, se realizó una comparación de los valores de ruido ambiental obtenidos a 4 m de altura sobre los puntos de control definidos sobre el área de estudio. La muestra los resultados obtenidos de nivel de presión sonora en cada uno de los puntos, y la variación porcentual de ruido estimada el escenario constructivo en comparación con los valores del mapa base. Se observa que para los puntos de monitoreo PMR2, PMR3 y PMR4 no se presenta una variación del escenario constructivo frente al escenario base. Mientras que en los puntos PMR1, PMR5 y PMR6 se presenta un leve aumento de 2%, 1% y 15% respectivamente, lo cual está asociado al flujo de vehículos para el transporte de personal y material en estos puntos, pues la maquinaria de construcción, como se observa en el mapa de ruido no genera una presión sonora apreciable. Este aumento, está también asociado con la ubicación de los puntos de control (receptores) en cercanías de las fuentes de emisión de ruido que se tendrán en la fase constructiva.

Tabla 5-40 Niveles de ruido ambiental (4 m) obtenidos en puntos de control para el mapa base y la simulación de escenarios de la etapa constructiva

Estación	Línea Base	Fase construcción	Incremento de ruido (%)
PMR1	66.7	67.8	2
PMR2	63.1	63.1	0
PMR3	68.5	68.5	0
PMR4	67.8	67.8	0
PMR5	52.3	53.0	1
PMR6	51.7	59.4	15

Fuente: SMAYD LTDA., 2022

■ Idealización del Modelo empleado

Es importante destacar que el modelo de ruido empleado para las fuentes fijas, lineales y de origen industrial, es ideal ya que manejó el método de la ISO 9613-2 del año 1996 por medio del cual establece los cálculos de atenuación del ruido o presión sonora durante la propagación en exteriores y predecir la disipación de los niveles de ruido emitido, considerando la divergencia geométrica, la absorción atmosférica, el efecto del suelo y tipología, el apantallamiento, reflexiones del ruido, topografía del terreno, potencia sonora de las fuentes y condiciones climatológicas como temperatura, humedad relativa y presión atmosférica, con la finalidad de efectuar los cálculos de atenuación de la manera más precisa posible.

BIBLIOGRAFÍA

- CITE ENERGÍA. (2017). Efecto Corona Sobre Líneas de Transmisión. Lima, Perú.
- ECOPETROL S.A. . (2015). *Guía para la identificación y evaluación de impactos ambientales*. Bogotá.
- Fernandez, C. (2010). *Guía Metodológica Para La Evaluación Del Impacto Ambiental*. Madrid: Mundi-Prensa.
- IB INGENIEROS Y BIOLOGOS SAS, & TCE SAS ESP. (2018). *INVENTARIO DE FUENTES MÓVILES*. TCE.
- IDEAM. (2010, 2014). *Estudio Nacional del Agua*. Bogotá: Institutot de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales -IDEAM-.
- SIG Consultoría e Ingeniería SAS, & Smayd Ltda. (2022). *Informe de aforo vehicular Puntos 3, 4 y 6 de Cundinamarca para el Proyecto de segundo Refuerzo de red en el Área oriental: Línea de trasmisión de energía eléctrica de Alta Tensión La Virginia – Nueva Esperanza*. Bogotá D.C.
- SISAIRE. (22 de Febrero de 2020). *Sistema de información de calidad del aire (SISAIRE)*. Obtenido de Consultas: <http://sisaire.ideam.gov.co/ideam-sisaire-web/consultas.xhtml>
- Smayd Ltda., & S.G.I. S.A.S Consultoría e Ingeniería. (2022). *Informe de Monitoreo de Ruido Ambiental*. Bogotá: S.G.I. S.A.S Consultoría e Ingeniería.
- TREJOS ZAPATA, E. (2021). *ESTIMACIÓN DE EMISIONES ATMOSFÉRICAS POR FUENTES MÓVILES EN RUTA APLICANDO LA METODOLOGÍA COPERT Y DETERMINACIÓN DE LAS EMISIONES DE MATERIAL PARTICULADO RESUSPENDIDO CON INFORMACIÓN LOCAL (MANIZALES – AÑO BASE 2017)*. Manizales: Universidad Nacional de Colombia, sede Manizales.