DECLARACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

INCORPORACIÓN LÍNEA DE TRANSMISIÓN SE ALFA SOLAR-SE KIMAL 2X220 KV

MODELACIÓN DE RUIDOS

Noviembre 2026

Yerko Abarca/ Nicolás Ramírez	**Paulina Brugerolles**	**Fernando Valdés**
ELABORADO POR	**REVISADO POR**	**APROBADO POR**
Especialista Modelación de Ruidos	**Jefe de Proyectos**	**Gerente Área de Negocios Ambientales**

INDICE DE CONTENIDOS

2.3 MODELACIÓN DE RUIDOS....6
2.3.1 INTRODUCCIÓN....6
2.3.2 OBJETIVOS....7
2.3.2.1 Objetivo General....7
2.3.2.2 Objetivos Específicos....7
2.3.3 MARCO REGULATORIO....8
2.3.3.1 Ruido Humanos....8
2.3.3.1.1 Fuentes Fijas: D.S. N° 38/11 del MMA....8
2.3.3.1.2 Fuentes Móviles: FTA Report N°0123-2018....9
2.3.3.2 Ruido Fauna: Criterio de Evaluación en el SEIA – SEA 2022....11
2.3.3.3 Vibración....13
2.3.3.3.1 Criterio Daño Estructural: FTA Report N°0123-2018....13
2.3.3.3.2 Criterio Molestias Sobre la Comunidad: FTA Report N°0123-2018....14
2.3.4 ANTECEDENTES....15
2.3.4.1 Descripción del Proyecto....15
2.3.4.2 Área de Estudio e Identificación de Receptores....16
2.3.4.3 Límites Máximos Permisibles....18
2.3.4.3.1 Ruido Regulado por Normativa Vigente....18
2.3.4.3.2 Ruido por Tránsito Vehicular....18
2.3.4.3.3 Vibraciones - Daño Estructural y Molestia Sobre la Comunidad....20
2.3.5 METODOLOGÍA....21
2.3.5.1 Ruido....21
2.3.5.1.1 Fuentes de Ruido Reguladas por D.S. N°38/11 del MMA....21
2.3.5.1.2 Tránsito Vehicular....22
2.3.5.2 Vibraciones....23
2.3.5.2.1 Daño sobre las Edificaciones....23
2.3.5.2.2 Molestia sobre la Comunidad....23
2.3.6 COMPONENTE RUIDO....24
2.3.6.1 Fase de Construcción/ Cierre....24
2.3.6.1.1 Fuentes de Ruido Reguladas por D.S. N°38/11 del MMA....24
2.3.6.1.2 Escenarios de Modelación Fuentes de Ruido Reguladas por D.S. N°38/11 del MMA 26
2.3.6.1.3 Predicción - Fuentes de ruido reguladas por D.S. N°38/11 del MMA....28
2.3.6.1.4 Datos de entrada Tránsito Vehicular....29
2.3.6.1.5 Predicción – Tránsito Vehicular....30
2.3.6.2 Fase de Operación....31
2.3.6.2.1 Fuentes de Ruido Reguladas por D.S. N°38/11 del MMA....31
2.3.6.2.2 Escenarios de Modelación Fuentes de Ruido Reguladas por D.S. N°38/11 del MMA 33
2.3.6.2.3 Predicción - Fuentes de ruido reguladas por D.S. N°38/11 del MMA....35
2.3.6.2.4 Tránsito Vehicular....36
2.3.6.2.5 Predicción – Tránsito Vehicular....36

2.3.7 COMPONENTE VIBRACIONES 37
2.3.7.1 Fase de Construcción 37
2.3.7.1.1 Fuentes Emisoras 37
2.3.7.1.2 Estimación 38
2.3.7.2 Fase de Operación 39
2.3.8 EVALUACIÓN 39
2.3.8.1 Ruido Fase de Construcción/ Cierre 39
2.3.8.1.1 Fuentes de Ruido Reguladas por D.S. N°38/11 del MMA 39
2.3.8.1.2 Tránsito Vehicular 39
2.3.8.2 Ruido Fase de Operación 41
2.3.8.2.1 Fuentes de Ruido Reguladas por D.S. N°38/11 del MMA 41
2.3.8.2.2 Tránsito Vehicular 41
2.3.8.3 Vibraciones 42
2.3.8.3.1 Fase de Construcción/Cierre 42
2.3.8.3.2 Fase de Operación 42
2.3.9 ANÁLISIS EFECTO ACUMULATIVO 42
2.3.10 CONCLUSIONES 47
2.3.11 BIBLIOGRAFÍA 48
2.3.12 APÉNDICES 49

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Incrementos Permitidos en nivel de ruido acumulado según criterios FTA. 9
Figura 2. Esquema para la evaluación de impactos por ruido sobre fauna nativa. 12
Figura 3. Localización y layout del proyecto. 16
Figura 4. Ubicación de receptores del Proyecto. 17
Figura 5. Rutas y puntos de evaluación. 19
Figura 6. Mapa de Ruido y Niveles Estimados – Situación Base. 20
Figura 7. Escenario de modelación – fase de construcción. 27
Figura 8. Escenario de Modelación, acercamiento – fase de construcción. 28
Figura 9. Mapa de ruido y NPS estimados - fase de construcción. 29
Figura 10. Mapa de ruido y niveles estimados asociados a flujo vehicular – fase de construcción/cierre. 30
Figura 11. Perfil de torres del proyecto. 33
Figura 12. Escenario de modelación – fase de operación. 34
Figura 13. Mapa de ruido y NPS estimados - fase de operación. 35
Figura 14. Mapa de ruido y niveles estimados asociados al flujo vehicular – fase de operación. 37

Figura 15. Mapa de ruido y niveles estimados en receptores originales, fase construcción. 43
Figura 16. Mapa de ruido y niveles estimados en receptores originales, fase operación. 44

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Límites máximos permisibles según D.S. N° 38/11 del MMA. 8
Tabla 2. Categorías de usos de suelo y descriptores para criterios de impacto FTA. 10
Tabla 3. Criterio FTA para evaluación daño estructural por vibraciones. 13
Tabla 4: Criterio FTA Para evaluación de molestia. 14
Tabla 5. Descripción de Receptores y coordenadas de puntos de evaluación – Humanos. 17
Tabla 6. Determinación de los límites máximos permisibles, período diurno. 18
Tabla 7. Determinación de los límites máximos permisibles, período nocturno. 18
Tabla 8. Datos de entrada de flujo vehicular, por Ruta 24 – situación base. 19
Tabla 9. Incrementos máximos permitidos según FTA. 19
Tabla 10. Determinación de límites máximos permisibles para daño estructural por vibraciones según FTA 20
Tabla 11. Datos de entrada para modelo de predicción ISO 9613-2. 21
Tabla 12. Nivel de emisión de ruido – listado general de maquinarias fase de construcción. ... 24
Tabla 13. Distribución de maquinarias por frente de trabajo - fase de construcción. 25
Tabla 14. Niveles de potencia sonora (NPS) de frentes de trabajo – fase de construcción. 26
Tabla 15. Niveles de ruido estimados en receptores - fase de construcción. 28
Tabla 16. Datos de entrada del flujo vehicular – fase de construcción/ cierre. 29
Tabla 17. Niveles de ruido estimados en puntos de evaluación – flujo vehicular. fase de construcción/ cierre. 30
Tabla 18. Nivel de emisión de ruido – equipos en sistema BESS y subestación. 31
Tabla 19. Niveles de Emisión de Ruido Totales (NWS) – Sistema BESS. 31
Tabla 20. Información LTE para estimación de ruido audible y nivel de ruido proyectado en la faja de seguridad. 32
Tabla 21. Distancias de receptores a LTE. 33
Tabla 22. Niveles de ruido estimados en receptores - fase de operación. 35
Tabla 23. Datos de entrada de flujo vehicular – fase de operación. 36
Tabla 24. Niveles de ruido estimados en puntos de evaluación – flujo vehicular. fase de operación. 36
Tabla 25. Niveles de vibración de maquinaria en faenas de construcción. 37

Tabla 26: Distancias entre Receptor y Frente de Trabajo más Cercano 38
Tabla 27. PPV y Lv Estimados en receptores – fase de construcción / cierre. 39
Tabla 28. Evaluación de Niveles de Ruido en Receptores - Fase de Construcción y Cierre. 39
Tabla 29. Niveles de ruido estimados en puntos de evaluación – flujo vehicular fase de construcción/ cierre. 40
Tabla 30. Evaluación de niveles de ruido en receptores - fase de operación. 41
Tabla 31. Niveles de ruido estimados en puntos de evaluación – flujo vehicular fase de operación. 41
Tabla 32. Evaluación de daño estructural y molestia por vibraciones – fase de construcción... 42
Tabla 33. Ubicación de receptores y su distancia al proyecto original. 43
Tabla 34. Cálculo de efecto acumulativo en receptores originales, fase construcción. 45
Tabla 35. Cálculo de efecto acumulativo en receptores originales, fase operación. 45
Tabla 36. Distancias de receptores respecto del proyecto original. 45
Tabla 37. Cálculo de efecto acumulativo en receptores nuevos, fase construcción. 46
Tabla 38. Cálculo de efecto acumulativo en receptores nuevos, fase operación. 46

2.3 MODELACIÓN DE RUIDOS

2.3.1 INTRODUCCIÓN

El presente estudio identifica, describe y analiza la emisión de ruido y vibración asociada a la ejecución del proyecto “Incorporación Línea de Transmisión SE Alfa Solar-SE Kimal 2x220 Kv”, ubicado en la comuna de María Elena, Región de Antofagasta. Su elaboración responde a los requerimientos establecidos por el Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA), en el marco de lo dispuesto en la Ley N°19.300 sobre Bases Generales del Medio Ambiente y su reglamento. Este estudio tiene como propósito evaluar las emisiones de ruido y vibración generadas por las actividades del Proyecto, tanto en su fase de construcción como en su fase de operación y eventual fase de cierre, en cumplimiento a lo establecido por la normativa vigente de ruido contenida en el D.S. N°38/2011 del MMA y otros criterios técnicos atingentes, así como guías y Criterios de Evaluación en el SEIA publicados por la autoridad ambiental.

Para lo anterior, se identifican aquellas obras, actividades o procesos asociados al Proyecto que pudieran generar emisiones de ruido y/o vibraciones, estimando su propagación hacia los potenciales receptores presentes en el entorno del Proyecto, determinando, en los casos que sean necesarias, las medidas de control que el proyecto incorporará para garantizar el cumplimiento de los criterios de evaluación que corresponda, a fin de descartar los impactos sobre la salud de la población y el medio ambiente.

2.3.2 OBJETIVOS

2.3.2.1 Objetivo General

Presentar de manera detallada los antecedentes técnicos que permiten evaluar las emisiones de ruido y vibraciones asociadas al Proyecto, con respecto a los límites máximos permisibles establecidos por la normativa vigente o normativa de referencia cuando corresponda.

2.3.2.2 Objetivos Específicos

- Estimar a través de modelaciones con software especializado, los niveles de ruido generados durante la fase de construcción, operación y cierre del Proyecto sobre los correspondientes receptores humanos y hábitats relevantes de fauna identificados.
- Estimar los niveles de vibraciones generados durante las fases del Proyecto en los receptores humanos identificados.
- Evaluar los niveles estimados de ruido y vibraciones en base a la normativa vigente o normativa de referencia según corresponda.
- Detallar, en caso de ser necesario, los elementos o dispositivos de control de ruido y/o vibraciones que el proyecto incorporará como parte de su diseño, para asegurar el cumplimiento de los criterios de evaluación especificados.

2.3.3 MARCO REGULATORIO

2.3.3.1 Ruido Humanos

2.3.3.1.1 Fuentes Fijas: D.S. N° 38/11 del MMA

En Chile, la emisión de ruido hacia la comunidad se encuentra regulada por la "Norma de Emisión de Ruido Generados por Fuentes que Indica" contenida en el Decreto Supremo Nº 38 del año 2011 del Ministerio del Medio Ambiente (en adelante D.S. Nº 38/11 MMA).

De acuerdo con su Artículo 1, el objetivo de esta norma es proteger la salud de la comunidad para lo cual establece límites máximos permisibles de ruido aplicables a la emisión exclusiva de toda actividad productiva, comercial, de esparcimiento y de servicios, faenas constructivas y elementos de infraestructura que generen emisiones de ruido con excepción de las actividades expresamente señaladas en el Artículo 5º del mencionado decreto.

Los límites de emisión de ruido de acuerdo con el D.S. N° 38/11 del MMA, expresados en términos del descriptor "Nivel de Presión Sonora Corregido" (NPC), son los que se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 1. Límites máximos permisibles según D.S. N° 38/11 del MMA.

Zona	Niveles Máximos Permisibles de Presión Sonora Corregidos (NPC) en dB(A) Lento	
	Horario diurno (de 7 a 21 horas)	Horario Nocturno (de 21 a 7 horas)
I	55	45
II	60	45
III	65	50
IV	70	70
Rural	Menor valor entre: Ruido de Fondo diurno + 10 dB y límite diurno para Zona III	Menor valor entre: Ruido de Fondo nocturno + 10 dB y límite nocturno para Zona III

Fuente: Elaboración propia en base a D.S. N° 38/11 del MMA.

La evaluación de los Niveles de ruido se efectúa con respecto a la zona donde se sitúe el receptor de acuerdo con las siguientes definiciones:

- Zona I: Aquella zona definida en el Instrumento de Planificación Territorial respectivo y ubicada dentro del límite urbano, que permite exclusivamente uso de suelo Residencial o bien este uso de suelo y alguno de los siguientes usos de suelo: Espacio Público y/o Área Verde.
- Zona II: Aquella zona definida en el Instrumento de Planificación Territorial respectivo y ubicada dentro del límite urbano, que permite además de los usos de suelo de la Zona I, Equipamiento de cualquier escala.

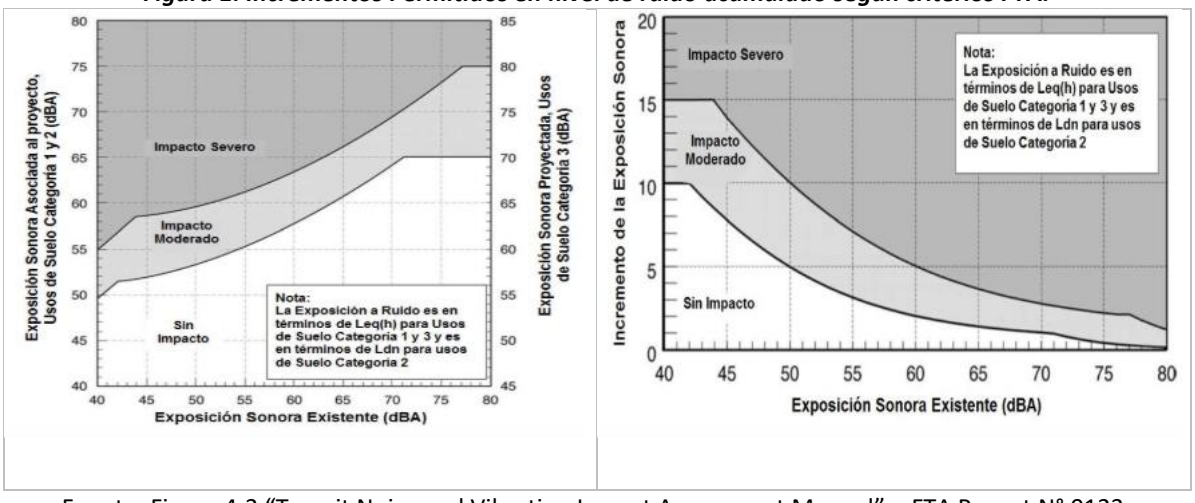
- Zona III: Aquella zona definida en el Instrumento de Planificación Territorial respectivo y ubicada dentro del límite urbano, que permite además de los usos de suelo de la Zona II, Actividades Productivas y/o de Infraestructura.
- Zona IV: Aquella zona definida en el Instrumento de Planificación Territorial respectivo y ubicada dentro del límite urbano, que permite sólo usos de suelo de Actividades Productivas y/o Infraestructura.
- Zona Rural: Aquella ubicada al exterior del límite urbano establecido en el Instrumento de Planificación Territorial respectivo.

2.3.3.1.2 Fuentes Móviles: FTA Report N°0123-2018

Tal como lo establece el Artículo 5 de la normativa vigente de ruido en Chile, el D.S. N° 38/11 del MMA, la circulación por redes de infraestructura (fuentes móviles), es una de las fuentes excluidas del ámbito de aplicación de dicha normativa. Dado lo anterior, en el contexto del SEIA se han utilizado comúnmente estándares internacionales de referencia para la evaluación de los potenciales impactos de proyectos que involucran la emisión de ruido de este tipo de fuentes. Al respecto, la Administración Federal de Tránsito (Federal Transit Administration) – FTA, de Estados Unidos, publicó en el año 2018 el documento "Transit Noise and Vibration Impact Assessment Manual" FTA Report N° 0123, que actualiza un documento anterior publicado el 2006, que ha sido el criterio más usado los últimos años para la evaluación de proyectos que involucran emisión de ruido por circulación de vehículos por redes de infraestructura.

En términos generales, los criterios establecidos por la FTA se definen de acuerdo con tres magnitudes de impacto en función del aporte del proyecto al ambiente sonoro existente, estos son: a) sin impacto, b) impacto moderado y c) impacto severo.

Figura 1. Incrementos Permitidos en nivel de ruido acumulado según criterios FTA.



Fuente: Figura 4-3 "Transit Noise and Vibration Impact Assessment Manual" – FTA Report N° 0123-2018.

De acuerdo a lo señalado por el documento de la FTA, el gráfico de la izquierda es aplicable cuando se plantea un proyecto en una zona donde no existe ningún tipo de tráfico similar al que introducirá el proyecto, mientras que el gráfico de la derecha corresponde ser usado para

proyectos que modifican corredores existentes con entornos expuestos al ruido de la circulación por la correspondiente infraestructura de transporte. La principal diferencia es que en el primer caso, se regula directamente la exposición sonora asociada al Proyecto, mientras que en el segundo caso, se regula el incremento que provocará el proyecto sobre los niveles existentes.
Por otra parte, la FTA define categorías de usos de suelo que determinan el grado de sensibilidad de los receptores y la forma de evaluarlos en términos del descriptor acústico a considerar, de acuerdo con lo siguiente:

Tabla 2. Categorías de usos de suelo y descriptores para criterios de impacto FTA.

Categoría	Descriptor [dB(A)]	Descripción
1	Exterior, NPSeq (1h)	Zonas que requieren particularmente tranquilidad, incluye anfiteatros al aire libre y pabellones de conciertos, así como Monumentos Históricos Nacionales con uso al aire libre. También se incluyen los estudios de grabación y salas de conciertos.
2	Exterior, Ldn	Residencias y edificios donde la gente suele dormir. Esta categoría incluye hogares, hospitales y hoteles donde se supone una sensibilidad importante al ruido durante la noche.
3	Exterior, NPSeq (h)	Equipamientos y usos de suelo similares con actividad principal diurna. Esta categoría incluye escuelas, bibliotecas, teatros e iglesias, donde es importante evitar la interferencia como el habla, la meditación y la concentración en materia de lectura. Lugares para la meditación, cementerios, monumentos, museos, campamentos e instalaciones recreativas también puede ser considerado en esta categoría. Algunos sitios históricos y parques también se incluyen.

Fuente: Tabla 4-3 “Transit Noise and Vibration Impact Assessment Manual” – FTA Report N° 0123- 2018.

Cabe señalar que el manual de la FTA excluye de los sectores sensibles los sitios Industriales. Respecto a la tabla anterior, a continuación, se definen los descriptores señalados:

- NPSeq(1h) es el nivel continuo equivalente registrado durante una hora. Se establece su cálculo durante la hora de mayor tráfico en la ruta o proyecto bajo evaluación.
- Ldn (Nivel Sonoro día-noche) es un nivel sonoro ponderado en 24 horas con una “penalización” de +10 dB para los niveles nocturnos (entre 22:00 y 7:00) asociado a la mayor sensibilidad de los receptores durante dicho período. Comprende por lo tanto el cálculo del nivel total a partir del promedio de 15 horas diurnas y 9 horas nocturnas. El Ldn se determina utilizando la siguiente relación:

$$Ldn = 10 \cdot log\left\{\frac{1}{24}\left(\left(15 \cdot 10^{0.1 \cdot Ld}\right) + \left(9 \cdot 10^{0.1 \cdot (Ln+10)}\right)\right)\right\}\ dB[A]$$

Donde Ld corresponde al nivel de ruido promedio en horario diurno y Ln al nivel de ruido en horario nocturno. Este descriptor, de acuerdo con la FTA, se utiliza tanto para la caracterización de la exposición existente como del aporte del proyecto o fuente a evaluar.

2.3.3.2 Ruido Fauna: Criterio de Evaluación en el SEIA – SEA 2022

Para la evaluación de la emisión de ruido asociado a la ejecución del Proyecto en fauna nativa, se aplican los criterios indicados en el documento "Criterio de Evaluación en el SEIA: Evaluación de impactos por ruido sobre fauna nativa" publicado por el Servicio de Evaluación Ambiental (SEA), en diciembre de 2022.

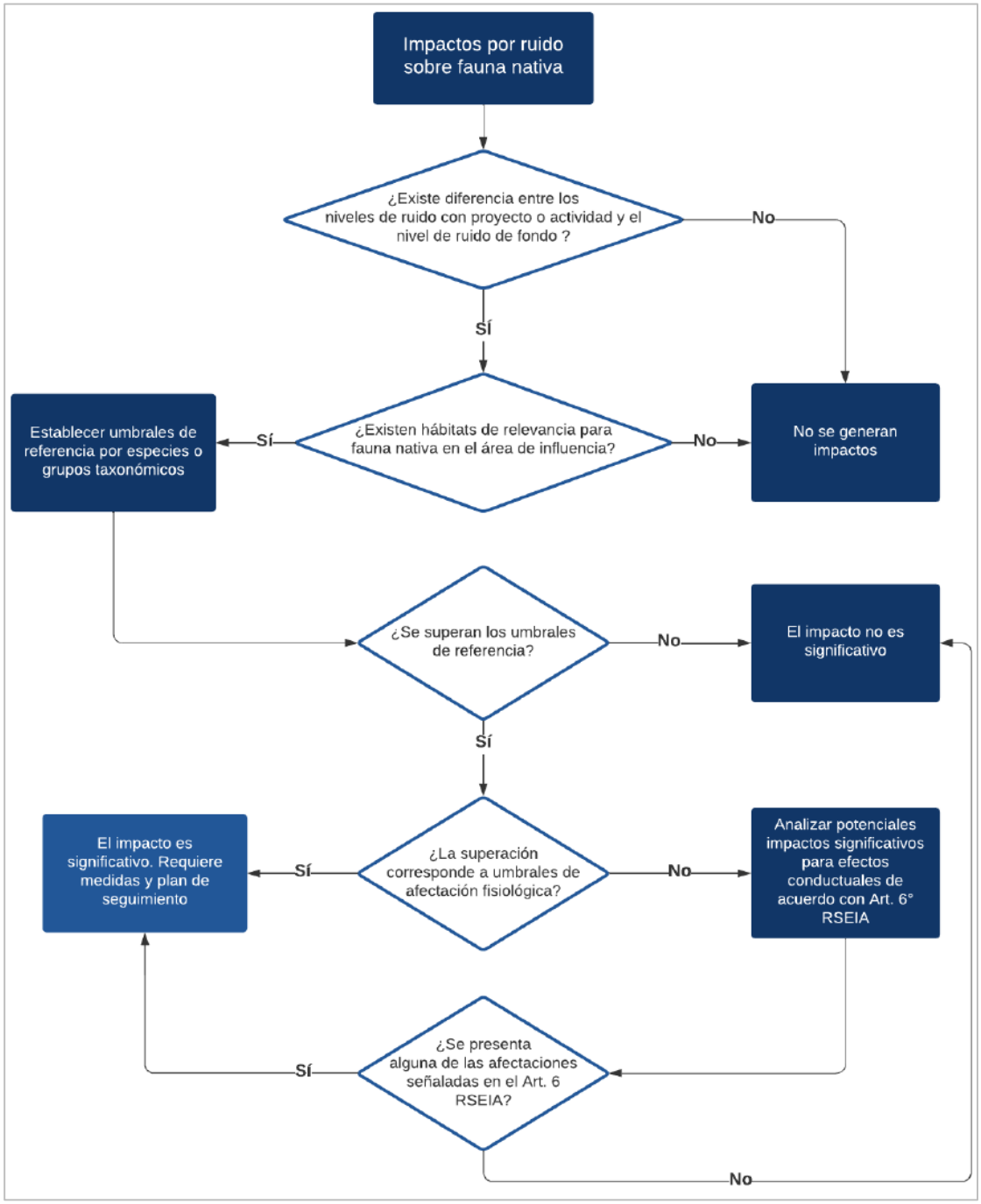
De acuerdo con lo señalado en la letra e) del artículo 6° del Reglamento del SEIA, con el objetivo de evaluar si el proyecto o actividad genera un impacto asociado a ruido en fauna nativa, **se deberá considerar la diferencia entre los niveles de ruido estimados con proyecto y el nivel de ruido de fondo representativo y característico del entorno donde se concentre fauna nativa** asociada a hábitats de relevancia para su nidificación, reproducción o alimentación.

En caso de que los niveles estimados se encuentren sobre los niveles de ruido existentes, para determinar si existe impacto significativo, deberán compararse con los umbrales de afectación de referencia para efectos fisiológicos específicos para cada especie, los cuales serán determinados según la especie evaluada, la fuente de ruido y el efecto adverso asociado.

En el caso que el nivel de exposición a ruido sea superior a los umbrales de afectación asociados a efectos conductuales, deberá analizarse los potenciales impactos sobre las especies evaluadas en función de lo señalado en el artículo 6° del Reglamento del SEIA (afectación a la permanencia, alteración de la capacidad de regeneración, y alteración de las condiciones para la presencia y desarrollo de las especies). En caso de existir una de estas afectaciones, se considerará como impacto significativo.

La evaluación de impacto sobre fauna se realiza en base al flujograma presentado en la Figura 2.

Figura ***2. Esquema para la evaluación de impactos por ruido sobre fauna nativa.***



Fuente: Guía SEA "Criterio De Evaluación En SEIA Evaluación De Impactos Por Ruido Sobre Fauna Nativa"

2.3.3.3 Vibración

Considerando la ausencia de una norma en Chile que permita regular las vibraciones de índole ambiental, en cumplimiento a lo establecido en el literal b) del Art. N°5 del Reglamento del SEIA, y en base a los criterios señalados en la guía para el "Uso de Normas de Referencia" publicada por el SEA en Diciembre de 2024, se utiliza para estos fines el documento "Transit Noise and Vibration- Impact Assessment Manual" de la Federal Transit Administration (FTA) de Estados Unidos. Este documento establece valores para la estimación y evaluación del daño estructural a partir de Velocidad Peak de Partícula (PPV) y para la evaluación de posibles efectos sobre la salud de las personas generada por vibraciones en términos del Nivel de Velocidad de vibración (Lv).

2.3.3.3.1 Criterio Daño Estructural: FTA Report N°0123-2018

En la siguiente tabla, se presentan los límites definidos en la FTA para cada categoría de edificación.

Tabla 3. Criterio FTA para evaluación daño estructural por vibraciones.

Categoría de edificación		PPV [pulgadas/s]	Lv aprox. [VdB]1 (Velocidad RMS)
I	Hormigón armado, acero o madera (sin yeso)	0,5	102
II	Ingeniería de hormigón y albañilería (sin yeso)	0,3	98
III	Construcciones livianas de madera y edificios de mampostería	0,2	94
IV	Edificios extremadamente susceptibles a daño por vibración	0,12	90

Fuente: Tabla 7-5, Transit Noise and Vibration Impact Assessment Manual, FTA 2018.

El nivel de velocidad de vibración expresado en decibeles (VdB), Lv, está dado por:

$$Lv = 20 \log\left(\frac{v}{v_{ref}}\right)$$

Donde:

- v: Velocidad de vibración RMS
- $v = \frac{PPV}{Factor\ de\ Cresta}$
- V_{ref}: Velocidad de referencia $(1x10^{-6}\ pulgadas/s)$.

[1] *Valores VdB ref 1 micro-pulgadas/s. PPV: Velocidad Peak de Partículas.*

2.3.3.3.2 Criterio Molestias Sobre la Comunidad: FTA Report N°0123-2018

El citado documento de la FTA de Estados Unidos hace referencia al "Criterio de Molestia" el cual está relacionado con los niveles de vibración transmitidos por el suelo, cuya influencia y percepción puede generar "molestia" en receptores residenciales y grupos humanos, entendiéndose eventualmente esto como una alteración a sus sistemas de vida.
En la siguiente tabla se establecen límites según el tipo de uso de suelo efectivo de la edificación los cuales se clasifican en: altamente sensibles, residencial e institucional. Adicionalmente, el criterio general de FTA considera la cantidad de eventos vibratorios diarios y los clasifica en eventos frecuentes, ocasionales e infrecuentes.

Tabla 4: Criterio FTA Para evaluación de molestia.

Categoría uso de suelo	**Nivel de impacto de vibraciones (L_v) [VdB] (Ref.: 1 [µpulgadas/s])**		
	Eventos frecuentes[1]	**Eventos ocasionales[2]**	**Eventos infrecuentes[3]**
Categoría 1: Edificios donde son esenciales bajos ambientes de vibración para operaciones internas (Instrumental hospitalario, laboratorios de investigación, etc.)	65	65	65
Categoría 2: Residencias o edificaciones donde normalmente duerme gente.	72	75	80
Categoría 3: Usos de suelo institucionales prioritariamente diurno (Escuelas, Iglesias, etc.)	75	78	83
1. Eventos frecuentes se refiere a más de 70 eventos de vibración ocasionado por la misma fuente en un día.			
2. Eventos ocasionales se refiere entre 30 y 70 eventos de vibración ocasionado por la misma fuente en un día.			
3. Eventos infrecuentes se refiere a menos de 30 eventos de vibración ocasionado por la misma fuente en un día.			

Fuente: Tabla 6-3, Transit Noise and Vibration Impact Assessment Manual, FTA 2018.

El mayor interés de la evaluación de las vibraciones por maquinaria se concentra sobre el daño en edificaciones, por lo que los estudios se realizan en términos de la Velocidad Peak de Partículas (PPV por sus siglas en inglés). Sin embargo, el estudio de las vibraciones relacionadas a la molestia generalmente está relacionado a los valores de niveles de velocidad Raíz Media Cuadrática (RMS por sus siglas en inglés). La relación entre PPV y la velocidad RMS es expresada en términos del "Factor de Cresta", definido como la razón entre la amplitud PPV y la amplitud RMS.

2.3.4 ANTECEDENTES

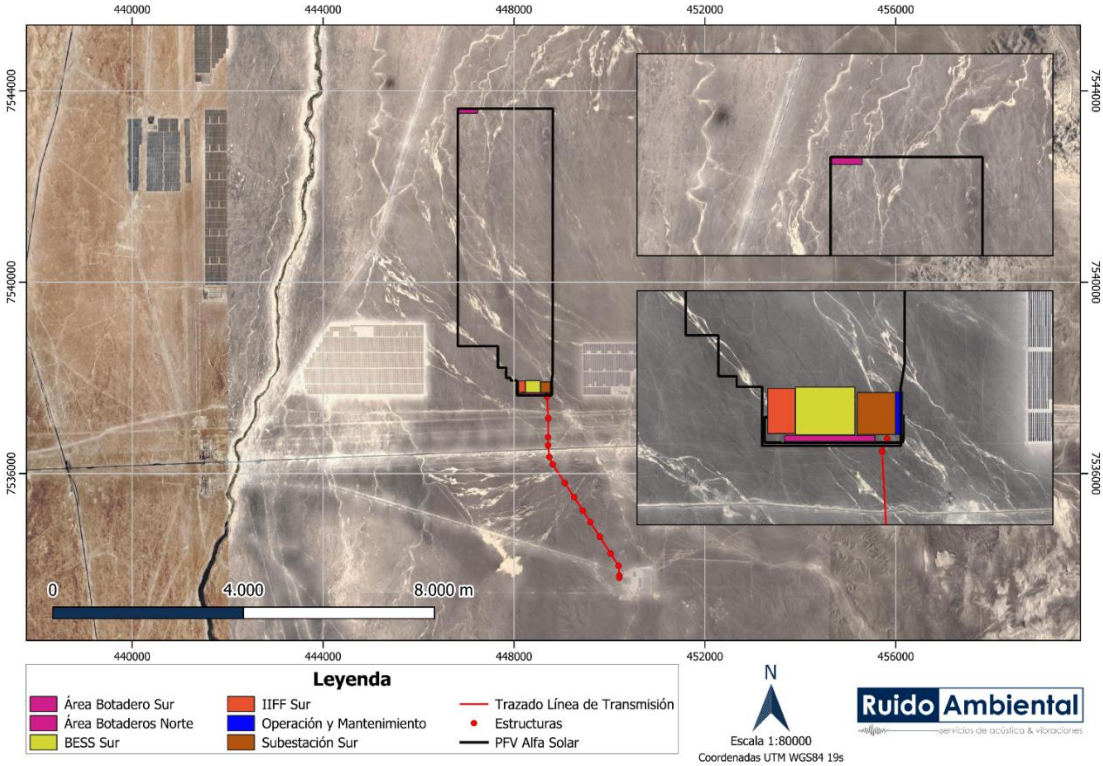
2.3.4.1 Descripción del Proyecto

El Proyecto "Incorporación Línea de Transmisión S/E Alfa Solar – S/E Kimal 2x220 kV" corresponde a una modificación del Proyecto Fotovoltaico Alfa Solar y tiene por objeto incorporar una nueva alternativa de evacuación de energía hacia la S/E Kimal 220 kV, junto con infraestructura eléctrica y de almacenamiento asociada. Para materializar esta nueva configuración, el Proyecto considera la incorporación de una S/E Elevadora Alfa Solar Sur 220/33 kV, una Línea de Transmisión aérea de doble circuito 2x220 kV, de aproximadamente 4,33 km de longitud y 15 estructuras, las obras necesarias para su conexión en la S/E Kimal 220 kV, y un Sistema de Almacenamiento de Energía mediante Baterías (BESS) Sur, con una potencia de 800 MW, una capacidad aproximada de almacenamiento de 3.200 MWh y una autonomía de 4 horas. Adicionalmente, se contemplan instalaciones permanentes de operación y mantenimiento y obras temporales requeridas durante la fase de construcción.

El Sistema BESS permitirá almacenar energía eléctrica y posteriormente entregarla al sistema de acuerdo con los requerimientos operacionales. La configuración considerada por la ingeniería contempla 648 contenedores de baterías y 108 centros MVS/PCS, junto con los sistemas de conversión de potencia, redes de media tensión, cableados de baja tensión y servicios auxiliares, sistemas de protección, control, comunicaciones, SCADA y puesta a tierra necesarios para su funcionamiento.

La siguiente figura presenta la localización y el layout del Proyecto.

Figura *3. Localización y layout del proyecto.*



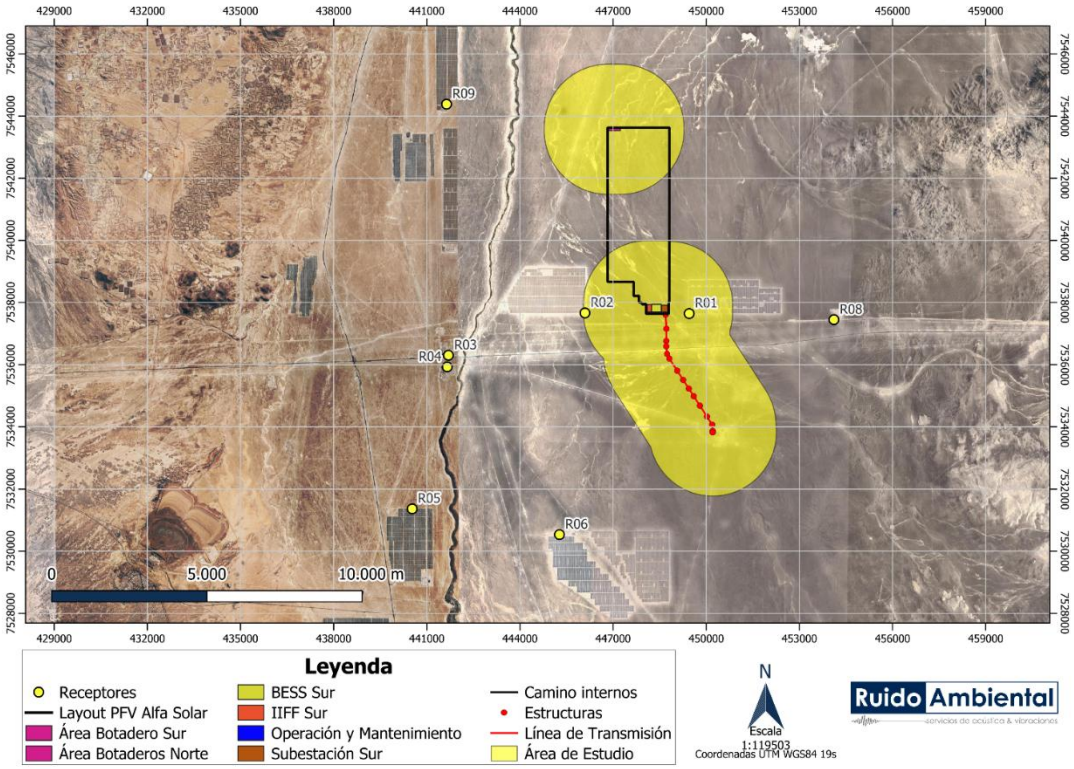
Fuente: Elaboración propia en base a Descripción del Proyecto.

2.3.4.2 Área de Estudio e Identificación de Receptores

El detalle de la Línea Base se presenta en el informe correspondiente, a partir del cual se desprenden los puntos de evaluación asociados a los receptores que se ubican dentro del Área de Estudio, los que se presentan a continuación.

A continuación, se presentan los receptores identificados en el entorno del Proyecto.

Figura 4. Ubicación de receptores del Proyecto.



Fuente: Elaboración Propia

Cabe destacar que, para efectos de evaluación, se considerarán únicamente aquellos receptores ubicados dentro del Área de Estudio de Ruido, tanto para la componente de ruido como para la componente de vibración, es decir, los receptores R01 y R02. Sin perjuicio de esto, además se consideran los receptores R03 y R04 por encontrarse en la ruta de acceso al Proyecto.

Tabla 5. Descripción de Receptores y coordenadas de puntos de evaluación – Humanos.

Receptor	Coordenada WGS84 Huso 19S		Descripción / Observaciones	Distancia al Proyecto [m]
	UTM Este	UTM Norte		
R01	449453	7537643	Planta Solar Fotovoltaica Coya, 1 piso, material sólido, suelo desértico, cercano Ruta 24, María Elena, Tocopilla.	655
R02	445248	7537077	Planta Solar Fotovoltaico Tocopilla, 1 piso, material sólido, suelo desértico, cercano Ruta 24, María Elena, Tocopilla.	1.940
R03	441698	7536302	Subestación Crucero, 1 piso, material sólido, suelo desértico, cercano Ruta 24, María Elena, Tocopilla.	6.958
R04	441658	7535927	Acceso Subestación Encuentro, 1 piso, material sólido, suelo desértico, cercano Ruta 24, María Elena, Tocopilla.	7.050

Fuente: Elaboración Propia.

2.3.4.3 Límites Máximos Permisibles

2.3.4.3.1 Ruido Regulado por Normativa Vigente

Dado que todos los receptores humanos, dentro del área de influencia del Proyecto, se encuentran en zona rural, los límites máximos permisibles están dados por el menor valor entre:

a) Nivel de ruido de fondo + 10 dB(A).
b) Límites Máximos Permisibles para Zona III.

En la siguiente tabla se establecen los límites máximos permisibles para los puntos que se encuentran en Zona Rural:

Tabla 6. Determinación de los límites máximos permisibles, período diurno.

Punto Receptor	NPSeq Diurno [dB(A)]	Ruido de Fondo + 10 dB [dB(A)]	Límite Máximo permitido Zona III Periodo Diurno [dB(A)]	Límite Máximo permitido [dB(A)]
R1	42	52	65	**52**
R2	46	56	65	**56**
R3	37	47	65	**47**
R4	37	47	65	**47**

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 7. Determinación de los límites máximos permisibles, período nocturno.

Punto Receptor	NPSeq Nocturno [dB(A)]	Ruido de Fondo + 10 dB [dB(A)]	Límite Máximo permitido Zona III Periodo nocturno [dB(A)]	Límite Máximo permitido [dB(A)]
R1	36	46	50	**46**
R2	35	45	50	**45**
R3	34	44	50	**44**
R4	34	44	50	**44**

Fuente: Elaboración Propia.

2.3.4.3.2 Ruido por Tránsito Vehicular

Los límites máximos permisibles para ruido por tránsito vehicular se obtuvieron de acuerdo a lo estipulado en la normativa de referencia para fuentes móviles, FTA Report N°0123-2018, y mediante modelación con el software INOISE v2026 con el algoritmo de predicción del modelo europeo CNOSSOSS – EU, como se detalla en el Apartado 2.3.5.1.2. De acuerdo con esto, se ingresan los siguientes datos de la situación base (actual) de tránsito vehicular por la ruta de acceso al proyecto, correspondiente a la Ruta 24.

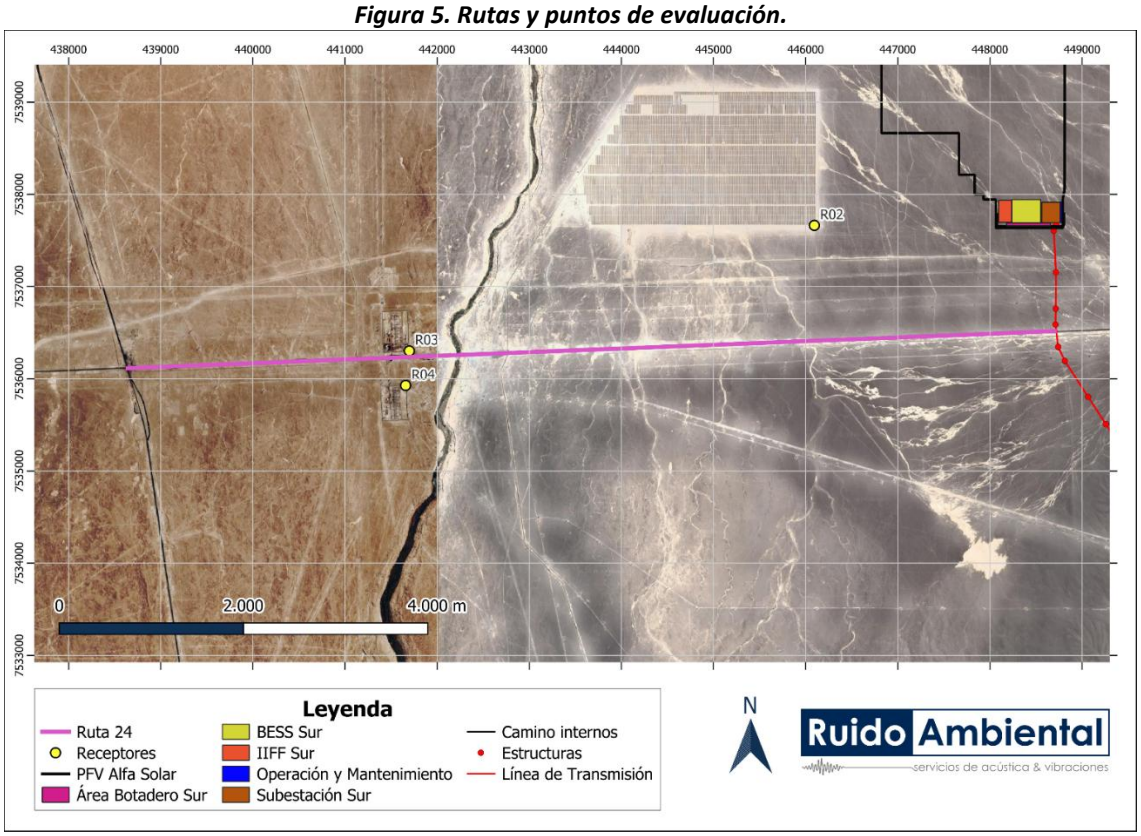
Tabla 8. Datos de entrada de flujo vehicular, por Ruta 24 – situación base.

Vehículos	Velocidad [km/h]	Flujo Vehículos por Hora
Vehículos Livianos	100	151
Vehículos pesados	100	151

Fuente: Elaboración Propia a partir de Estudio Vial.

La siguiente figura la ruta pública utilizada y los puntos de evaluación correspondientes a las edificaciones más cercanas a estos tramos, consideradas para la evaluación de ruido por tránsito vehicular.

Figura 5. Rutas y puntos de evaluación.



Fuente: Elaboración Propia.

En la siguiente tabla se presentan los incrementos máximos permitidos antes de “Impacto Moderado” e “impacto Severo”, a partir de los resultados de la modelación, según las directrices de la FTA de EE. UU., indicado en el apartado 2.3.3.1.2.

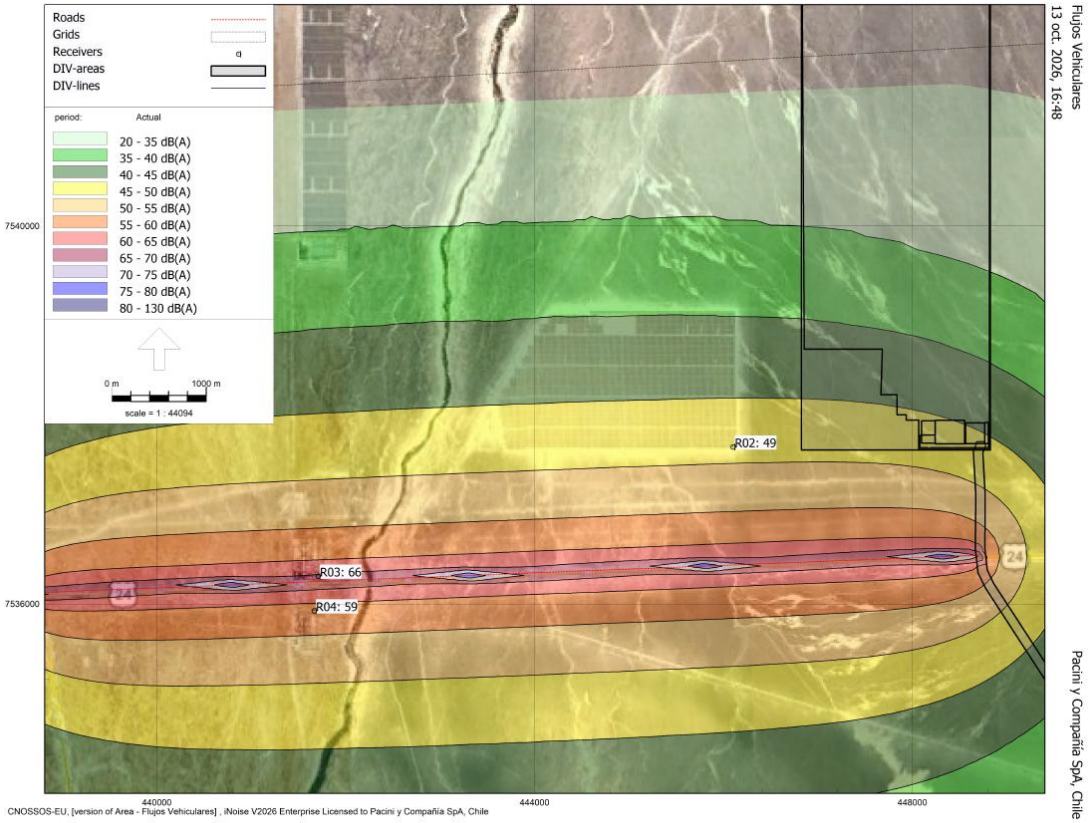
Tabla 9. Incrementos máximos permitidos según FTA.

Punto Evaluación	Exposición Existente Leq (hr) [dB(A)]	Incremento permitido antes de "Impacto Moderado" [dB(A)]	Incremento permitido antes de "Impacto Severo" [dB(A)]
R02	49	5	10
R03	66	1	4
R04	59	2	5

Fuente: Elaboración Propia.

A continuación, se muestran los mapas de ruido debido al flujo vehicular de la situación base del proyecto.

Figura *6. Mapa de Ruido y Niveles Estimados – Situación Base.*



Fuente: Elaboración propia con Software iNOISE V2026.

2.3.4.3.3 Vibraciones - Daño Estructural y Molestia Sobre la Comunidad

Considerando la categoría de edificación y la categoría de suelo que se establece en el Criterio FTA para daño estructural y para molestia sobre la comunidad, respectivamente, y de acuerdo al levantamiento realizado en terreno de las edificaciones presentes en el área de estudio del Proyecto, en la siguiente tabla se presenta una breve descripción y el uso de las instalaciones de cada receptor, para luego identificar su respectiva categorización y límites máximos para la evaluación de daño estructural y de molestia según la FTA.

Tabla 10. Determinación de límites máximos permisibles para daño estructural por vibraciones según FTA

Receptor	Descripción	Uso	Daño Estructural		Molestia		
			Categoría	PPV Límite [pulgadas/s]	Categoría	Eventos	Lv Límite [VdB]
R01	Planta Solar Fotovoltaica Coya, Tocopilla.	Industrial	I	0,5	3	Frecuentes	75

Receptor	Descripción	Uso	Daño Estructural		Molestia		
			Categoría	PPV Límite [pulgadas/s]	Categoría	Eventos	Lv Límite [VdB]
R02	Planta Solar Fotovoltaico Tocopilla	Industrial	I	0,5	3	Frecuentes	75
R03	Subestación Crucero	Industrial	I	0,5	3	Frecuentes	75
R04	Acceso Subestación Encuentro	Industrial	I	0,5	3	Frecuentes	75

Fuente: Elaboración propia.

Cabe señalar que, si bien el nivel de impacto de vibraciones se establece de acuerdo con el tipo de maquinaria, con el fin de considerar la peor condición, se tomará en cuenta que todas las maquinarias a utilizar durante toda fase del Proyecto producirán eventos frecuentes.

Cabe destacar, además, que los receptores se encuentran **fuera del Área de Estudio** de vibraciones, por lo que la estimación y evaluación se presenta únicamente a modo referencial.

2.3.5 METODOLOGÍA

2.3.5.1 Ruido

2.3.5.1.1 Fuentes de Ruido Reguladas por D.S. N°38/11 del MMA

Para las modelaciones del ruido generado por maquinarias y fuentes de ruido asociadas a frentes de trabajo o instalaciones que componen un proyecto se utiliza el software **INOSE v2026,** desarrollado por la empresa DGMR *Readgevende Ingenieurs B.V* que, para efectos del presente proyecto, utiliza en su algoritmo de predicción, la Norma ISO 9613 "Acoustics - Attenuation of sound during propagation outdoors - Part 1: Calculation of the absorption of sound by the atmosphere; Part 2: General method of calculation".

Los cálculos y resultados de este software se encuentran certificados mediante la norma ISO 17534-1:2015 “Acoustics -- Software for the calculation of sound outdoors -- Part 1: Quality requirements and quality assurance”.

A continuación, se presentan los datos ambientales del modelo acústico.

Tabla 11. Datos de entrada para modelo de predicción ISO 9613-2.

Datos	Valor
Absorción del Terreno	0,5
Temperatura	20°C
Humedad relativa del aire	60%
Dirección del viento	±45° en dirección al receptor (según indica ISO 9613-2)

Datos	Valor
Velocidad del viento	1 a 5 m/s (según indica ISO 9613-2)
Orden de reflexiones	1
Absorción de edificaciones	0,2

Fuente: Elaboración Propia.

Por su parte, las estimaciones de ruido asociadas a líneas de transmisión eléctrica se efectúan aplicando modelos teóricos como por ejemplo el FHG de Alemania, establecidos en la guía publicada por el SEA.

El citado software de modelación trabaja sobre un sistema georreferenciado donde cada elemento tiene asignada sus coordenadas y altura sobre el terreno, que se digitaliza en 3 dimensiones ingresando las curvas de nivel que definen la topografía del sector cuando corresponda. En este sentido, las distancias entre fuentes de ruido y receptores son determinadas automáticamente por el software y son parte fundamental de cada cálculo realizado.

Tal como lo establecen los lineamientos de la autoridad, y en conformidad con la normativa vigente, las modelaciones se basan en la representación del (de los) escenario(s) más desfavorable(s) asociado a cada fase del Proyecto, considerando para ello el posicionamiento de fuentes de ruido en los sectores más cercanos a los receptores, funcionando de manera simultánea, con un nivel de presión sonora equivalente a la suma de la emisión de las maquinarias que conforman los frentes de trabajo, equipos o procesos. Con lo anterior se garantiza que el cumplimiento de los criterios de evaluación queda determinado bajo la peor condición, de manera que las medidas de control que correspondan son dimensionadas para garantizar la adecuada protección de los receptores evaluados a todo evento. Si bien, las modelaciones consideran un escenario conservador que muchas veces tiende a sobreestimar las emisiones, permiten compensar adecuadamente las posibles incertezas de los modelos predictivos.

2.3.5.1.2 Tránsito Vehicular

Para las modelaciones del ruido generado por el tránsito vehicular, se utiliza el software INOISE v2026 y el algoritmo de predicción del modelo europeo CNOSSOSS – EU. Los cálculos y resultados de este software se encuentran certificados mediante la norma ISO 17534-1:2015 “Acoustics -- Software for the calculation of sound outdoors – Part 1: Quality requirements and quality assurance”.

La predicción del ruido asociado al tránsito vehicular depende principalmente del tipo de vehículo que circula por la ruta, la cantidad de vehículos durante un período de evaluación y la velocidad en que lo hacen, aunque los modelos integran también aspectos espaciales como la ubicación de la vía, la topografía, los obstáculos, el tipo de pavimento, la pendiente, entre otros. Para lo anterior, se analizan los escenarios más desfavorables vinculados al tránsito vehicular

del proyecto y se ingresan los parámetros correspondientes al software, teniendo en cuenta los sectores con presencia de potenciales receptores cercanos a las rutas.

2.3.5.2 Vibraciones

2.3.5.2.1 Daño sobre las Edificaciones

Para estimar el potencial daño sobre edificaciones vecinas, se evalúa la vibración generada por el proyecto en términos de la Velocidad Peak de Partícula (PPV) para lo cual en la ecuación 7-2 el documento de la FTA establece la siguiente relación:

$$PPV_{Proyectado} = PPV_{referencia} \cdot \left(\frac{25}{D}\right)^{-1.5}$$

Donde $PPV_{Proyectado}$ es la velocidad peak de partícula a determinar a la distancia D, utilizando como referencia las velocidades (PPV a 25 ft) de las fuentes de vibraciones que contempla el Proyecto.

Por su parte, el nivel de velocidad de vibración expresado en decibeles (VdB), Lv, está dado por:

$$Lv = 20\log\left(\frac{v}{v_{ref}}\right)$$

Donde v: Velocidad de vibración RMS

v_{ref}: Velocidad de referencia $(1x10^{-6}\ pulgadas/s)$.

2.3.5.2.2 Molestia sobre la Comunidad

Para la estimación de la molestia sobre la comunidad el citado documento de la FTA establece el cálculo del LV para cada maquinaria de manera individual mediante la siguiente expresión:

$$Lv.dist = Lvref - 30log\left(\frac{D}{25}\right)$$

Donde: Lv.dist = Es el nivel RMS proyectado a la distancia donde se ubica el receptor en VdB

Lvref = Es el nivel RMS de Referencia a 25 pies (considerando un factor de cresta adecuado) de cada maquinaria en VdB

D= Distancia, en pies, entre fuente y receptor

2.3.6 COMPONENTE RUIDO

2.3.6.1 Fase de Construcción/ Cierre

2.3.6.1.1 Fuentes de Ruido Reguladas por D.S. N°38/11 del MMA

Considerando la descripción del proyecto en términos del uso de maquinaria y camiones en las distintas obras que ejecutará el proyecto en la fase de construcción, las siguientes tablas resumen los niveles de emisión unitarios y luego, en base al esquema de participación de las maquinarias, se obtiene el correspondiente nivel total por cada frente de trabajo.

Tabla 12. Nivel de emisión de ruido – listado general de maquinarias fase de construcción.

Referencia BS5228		Maquinaria	NPS @10 metros en dBZ, Frecuencia en [Hz]								NPSeq @ 10 m [dBA]
Tabla	Ítem		63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	
Consultor		Motoniveladora	72	75	67	59	60	56	49	44	65
C2	1	Bulldozer	79	77	76	74	68	67	60	59	75
C2	21	Excavadora	75	76	72	68	65	63	57	49	71
C4	13	Cargador Frontal	83	72	70	69	65	64	57	49	71
Consultor		Camión Tolva	42	49	51	57	60	60	54	46	65
C2	40	Rodillo compactador	82	78	67	71	67	64	60	57	73
C2	42	Rodillo neumatico	71	71	66	59	59	58	54	48	65
C4	50	Grúa móvil	68	71	68	62	66	66	55	46	71
C4	50	Camión pluma	68	71	68	62	66	66	55	46	71
C4	24	Camión Mixer + bomba	69	64	64	66	63	59	53	47	67
C4	79	Grupo electrógeno	69	71	68	61	57	51	46	44	64
C2	8	Retroexcavadora	74	66	64	64	63	60	59	50	68
C4	14	Minicargador	68	67	63	62	62	61	54	47	67
C4	16	Camión Aljibe	75	70	67	67	69	66	60	53	72
C4	55	Toro/Manitou	82	72	63	65	67	64	56	49	70
C4	53	Grúa sobre Oruga	81	78	76	74	72	69	64	56	77
C2	32	Camión cama baja/tracto camión	80	76	73	70	69	66	63	58	74
C1	4	Excavadora con martillo hidráulico	75	72	71	73	70	69	66	59	76
C4	79	Torre de Iluminación (Grupo electrógeno)	69	71	68	61	57	51	46	44	64

Referencia BS5228		Maquinaria	NPS @10 metros en dBZ, Frecuencia en [Hz]								NPSeq @ 10 m [dBA]
Tabla	Ítem		63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	
C4	16	Camión Combustible	75	70	67	67	69	66	60	53	72
Consultor		Máquina de tendido	68	68	64	62	56	52	44	44	62
C3	21	Zanjadora	81	81	78	76	74	72	68	63	79

Fuente: BS 5228-1:2009: Code of practice for noise and vibration control on construction and open sites – Part 1: Noise. Mediciones consultor, detalladas en apéndice 1, cuando se indica.

Tabla 13. Distribución de maquinarias por frente de trabajo - fase de construcción.

Maquinaria	Toda la Maquinaria*	FT Construcción Instalaciones	FT Construcción LAT	FT Botadero
Motoniveladora	x	x		
Bulldozer	x	x		x
Excavadora	x		x	
Cargador frontal	x		x	x
Camión tolva	x		x	x
Rodillo compactador	x	x		
Rodillo neumático	x	x		
Grúa móvil	x		x	
Camión pluma	x		x	
Camión hormigonera / mixer	x		x	
Grupo electrógeno	x		x	
Retroexcavadora	x	x		
Minicargador	x	x		
Camión aljibe	x	x		
Manipulador telescópico	x	x		
Grúa sobre orugas	x	x		
Bomba de hormigón	x	x		
Camión cama baja / tractocamión	x	x		
Excavadora con martillo	x			
Torre de iluminación	x		x	
Camión de combustible / lubricación	x	x		
Máquina de tendido freno-tensora / huinche	x		x	
Zanjadora	x	x		
NPS Total a 10 m en [dBA]	**86**	**84**	**78**	**77**

(*) Se presenta para efectos de obtener el Área de Estudio, presentada en el informe de Línea Base.
Fuente: Elaboración Propia.

Cabe señalar que para cada FT se asume el funcionamiento simultáneo de una maquinaria de cada tipo formando el escenario más desfavorable.

La siguiente tabla muestra los niveles de presión sonora totales de cada frente de trabajo.

Tabla 14. Niveles de potencia sonora (NPS) de frentes de trabajo – fase de construcción.

Frente de Trabajo	NPS por bandas de Frecuencia @10m								NPS total @10m. [dBA]
	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	
FT Construcción Instalaciones	89	86	83	81	79	77	72	67	**84**
FT Construcción LAT	84	81	77	74	73	72	63	56	**78**
FT Botaderos	84	78	77	75	70	69	62	60	**77**

Fuente: Elaboración Propia.

Se considera que la fase de cierre tendrá emisiones iguales o menores a la de construcción, por lo que se considera que sus emisiones se encuentran contendidas dentro de ésta. De esta forma se modela y evalúa la fase de construcción considerando que su cumplimiento normativo, medidas de control, entre otras, son válidas también para la fase de Cierre.

2.3.6.1.2 Escenarios de Modelación Fuentes de Ruido Reguladas por D.S. N°38/11 del MMA

2.3.6.1.2.1 Escenario Temporal

El escenario de modelación temporal corresponde a la fase de construcción y cierre del Proyecto. Si bien existirá una emisión variable durante la jornada y conforme avanzan las distintas faenas, dependiendo de la participación de maquinarias, para efectos de simulación de la condición más desfavorable se considera un instante ficticio en que todos los frentes de trabajo de la fase de construcción se encuentren operando simultáneamente, distribuidos conforme se señala en el siguiente apartado.

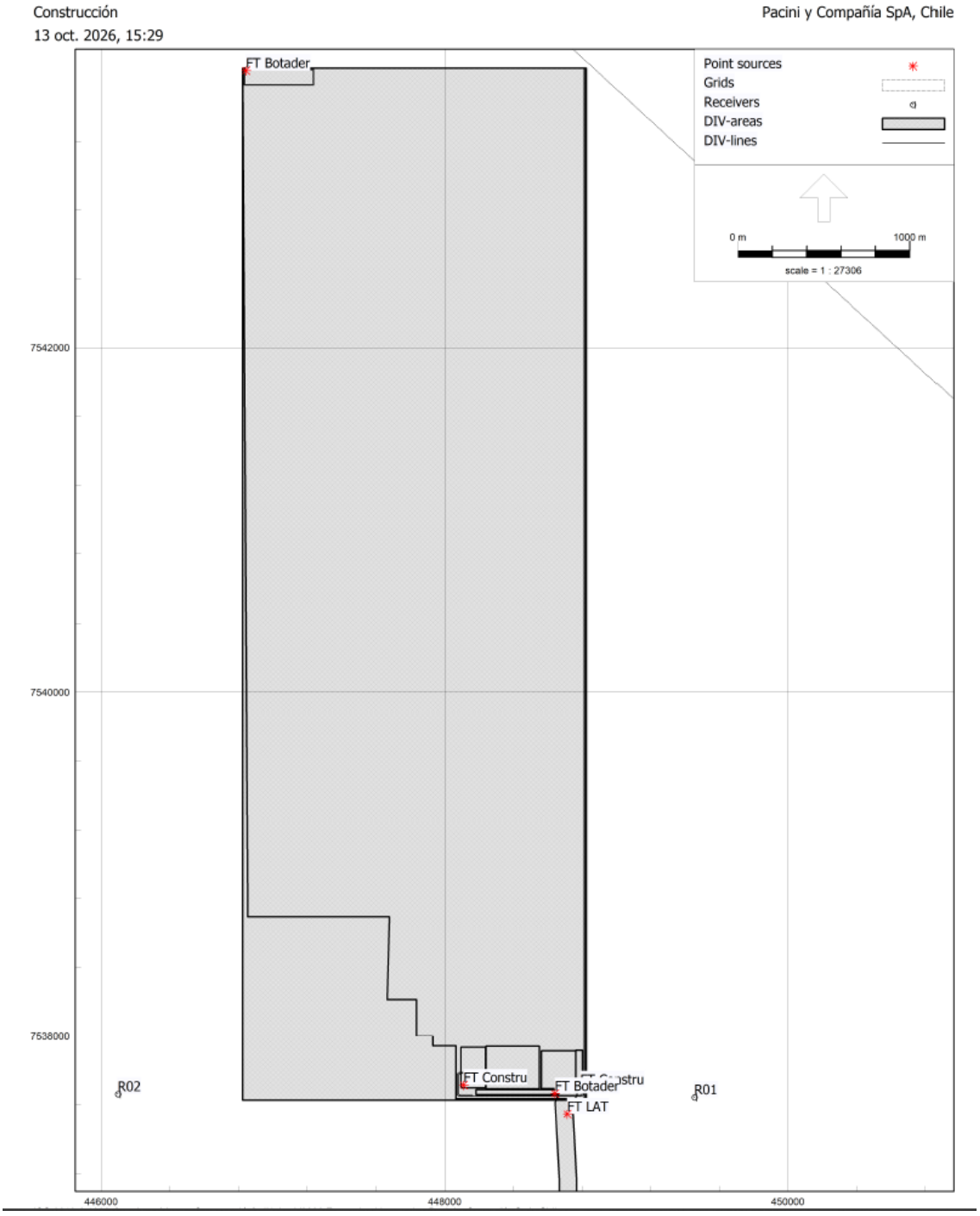
2.3.6.1.2.2 Escenario Espacial

Las faenas realizadas en fases de construcción y cierre del Proyecto se modelan como frentes de ruido representadas por fuentes puntuales, ubicadas en sus respectivos sectores de funcionamiento, según el layout, con especial interés en las zonas donde las faenas se aproximan hacia los receptores identificados, a modo de representar el escenario más desfavorable desde el punto de vista ambiental.

Para el desarrollo del Proyecto, los frentes de trabajo operan a nivel de suelo (1,5 metros de altura) y estarán distribuidos en las posiciones más desfavorables para la evaluación de los receptores cercanos. Es decir, existirán tantos frentes de trabajo como sea necesario para evaluar la peor condición de la construcción del Proyecto.

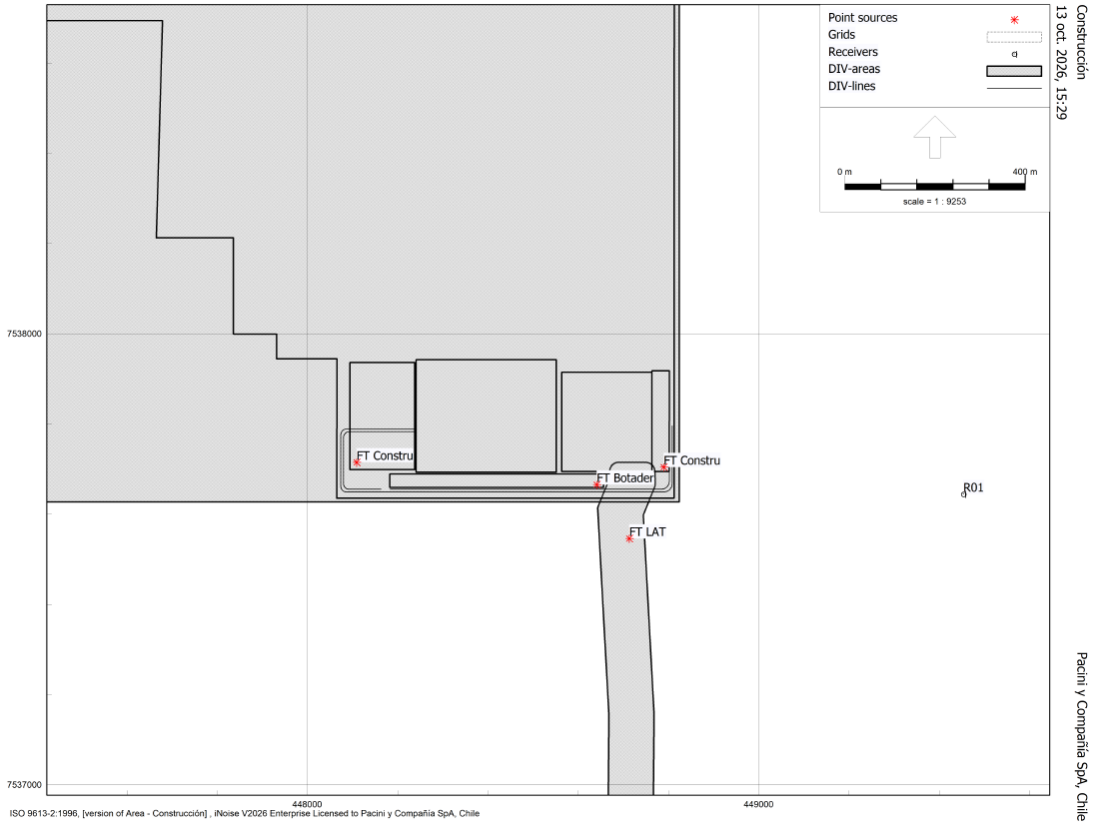
A continuación, se muestra el escenario de modelación, para la fase de construcción y cierre con la ubicación de los frentes de trabajo.

Figura 7. Escenario de modelación – fase de construcción.



Fuente: Elaboración Propia.

Figura 8. Escenario de Modelación, acercamiento – fase de construcción.



Fuente: Elaboración Propia.

2.3.6.1.3 Predicción - Fuentes de Ruido Reguladas por D.S. N°38/11 del MMA

En la siguiente tabla se presentan los Niveles de Presión Sonora (NPS) estimados en los receptores, asociados a las faenas de construcción. En rojo se destacan los niveles proyectados que preliminarmente se encontrarían sobre los límites máximos. Cabe destacar que dichas actividades se realizarán únicamente en período diurno, por lo que la evaluación se realiza exclusivamente en este periodo horario.

Tabla 15. Niveles de ruido estimados en receptores - fase de construcción.

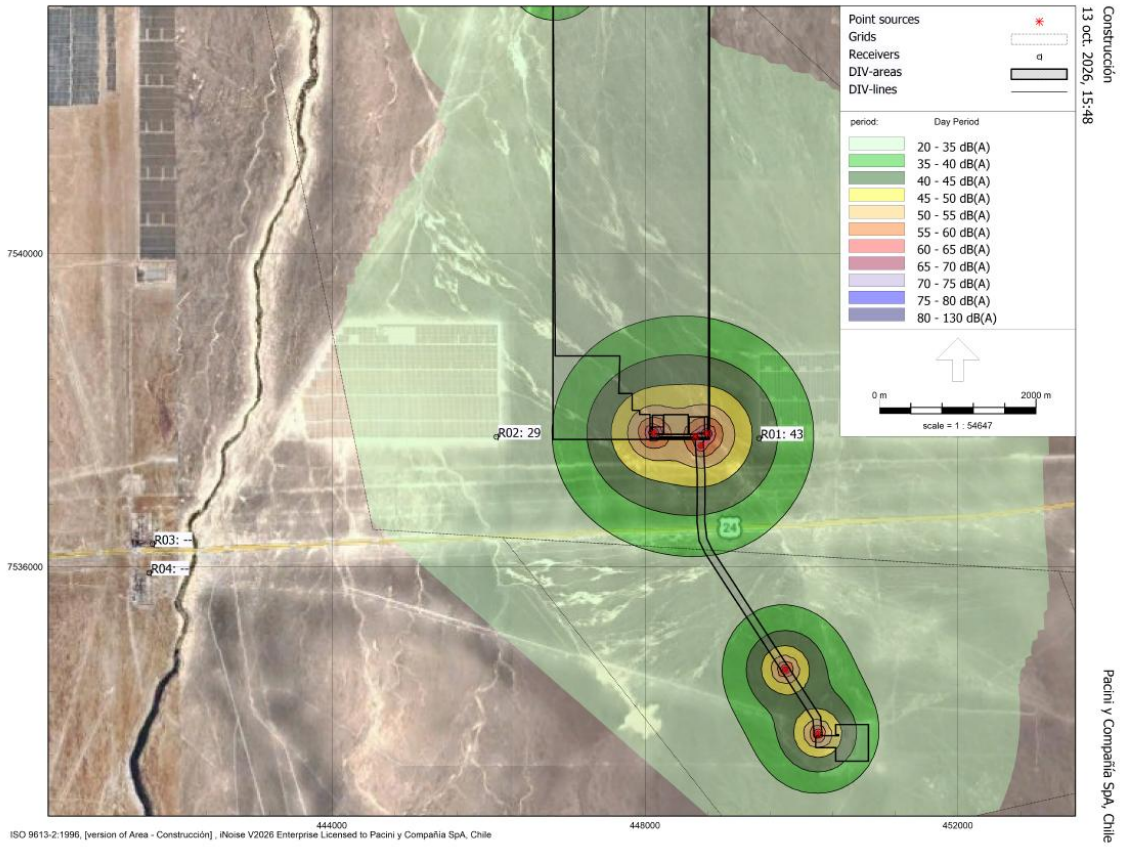
Receptor	Altura [m]	Nivel Proyectado dB(A)	Límite Máximo dB(A)
		Construcción	Diurno
R01	1,5	43	52
R02	1,5	29	56
R03	1,5	0	47
R04	1,5	0	47

Fuente: Elaboración Propia.

Como se observa en la tabla anterior, los valores estimados de Nivel de Presión sonora para el escenario de construcción, no supera los límites máximos permitidos en cuatro receptores.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos de la modelación de la fase de construcción del Proyecto.

Figura 9. Mapa de ruido y NPS estimados - fase de construcción.



Fuente: Elaboración propia con Software iNOISE V2026.

2.3.6.1.4 Datos de entrada Tránsito Vehicular

A partir de los flujos estimados por el Proyecto, a continuación, se presenta un resumen de los flujos vehiculares por hora considerados para la fase de construcción.

Tabla 16. Datos de entrada del flujo vehicular – fase de construcción/ cierre.

Ruta	Velocidad [km/h]	Vehículos por Hora
Vehículos Livianos	100	0
Vehículos pesados	100	14

Fuente: Descripción del Proyecto.

2.3.6.1.5 Predicción – Tránsito Vehicular

A partir de los niveles de ruido asociados al flujo actual presentado en el Apartado 2.3.4.3.2, en la siguiente tabla, se presentan los resultados asociados al aporte exclusivo de flujo vehicular en la fase de construcción del proyecto en los puntos de evaluación.

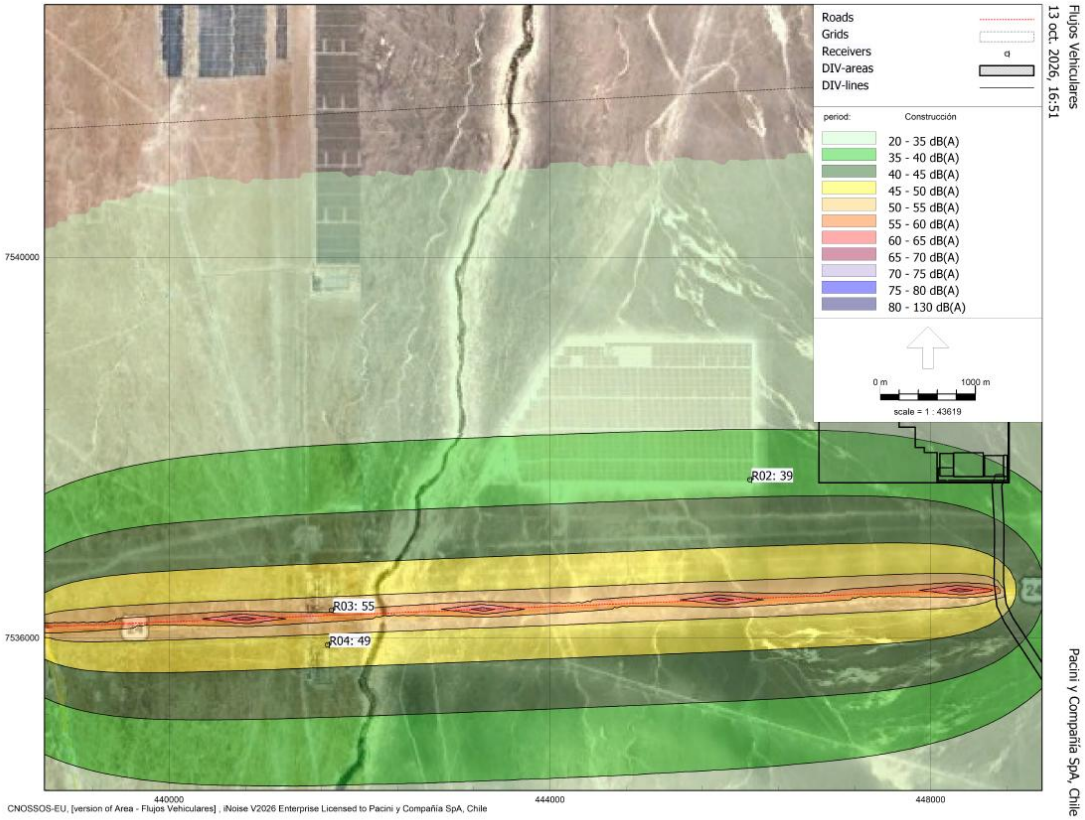
Tabla 17. Niveles de ruido estimados en puntos de evaluación – flujo vehicular. fase de construcción/ cierre.

Punto Evaluación	Exposición Existente LDN [dB(A)]	Leq (h) Exclusivo Proyecto Construcción [dB(A)]	Exposición Combinada (Actual + Proyecto) [dB(A)]	Incremento [dB]	Incremento permitido antes de "Impacto Moderado" [dB]
R02	49	39	49	**0**	5
R03	66	55	66	**0**	1
R04	59	49	59	**0**	2

Fuente: Elaboración propia.

En las siguientes figuras, se presentan los mapas de ruido asociados al aporte exclusivo de flujo vehicular en la fase de construcción del proyecto en los puntos de evaluación.

Figura 10. Mapa de ruido y niveles estimados asociados a flujo vehicular – fase de construcción/cierre.



Fuente: Elaboración propia con Software iNOISE V2026.

2.3.6.2 Fase de Operación

2.3.6.2.1 Fuentes de Ruido Reguladas por D.S. N°38/11 del MMA

Durante la fase de operación, las principales fuentes de ruido corresponden a los equipos propios del Proyecto: los contenedores de las baterías, los centros de transformación, inversores y el potencial efecto corona de la Línea de Transmisión (LTE). En las siguientes tablas se detalla la maquinaria y equipos que se utilizarán en la fase de operación, indicando los Niveles de Potencia (NWS) de los equipos a utilizar en el Sistema BESS y los transformadores de la Subestación Eléctrica.

Tabla 18. Nivel de emisión de ruido – equipos en sistema BESS y subestación.

Referencia	Maquinaria	Espectro NWS en dB, Frecuencia en [Hz]								Total NWS [dBA]
		63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	
Barron, 2002	Centros de transformación (Transformador de 10000 kVA)	88	92	86	82	82	76	71	65	**86**
Barron, 2002	Inversores 1900 kVA	79	83	77	73	73	67	62	56	**77**
Total CT + Inv.		89	93	87	83	83	77	72	66	**87**
Barron, 2002	Subestación Elevadora (Transformadores 240 MVA)	68	72	66	62	62	56	51	45	**66**

Fuente: Calculado en base a lo estipulado en el libro “Industrial Noise Control and Acoustics” de Randall F. Barron.

Tabla 19. Niveles de Emisión de Ruido Totales (NWS) – Sistema BESS.

Fuente de Ruido	Espectro NWS en dB, Frecuencia en [Hz]								Total NWS [dBA]
	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	
Contenedores Baterías BESS	91	86	80	80	79	74	71	59	**83**

Fuente: Ficha técnica, detalladas en apéndice 1, y espectro obtenido y calibrado a partir de la fuente detallada en la tabla C2 item 45 de la BS 5228-1:2009.

Por otro lado, el efecto corona corresponde al ruido generado por una línea de transmisión eléctrica (LTE) que se produce bajo situaciones climáticas específicas como alta humedad y nubosidad baja. Este fenómeno consiste en la ionización del aire que rodea a los conductores de alta tensión, y tiene lugar cuando el gradiente eléctrico supera la rigidez dieléctrica del aire, manifestándose en forma de pequeñas chispas o descargas a escasos centímetros de los cables, lo que tiene como consecuencia la emisión de energía acústica o “ruido audible” (RA).

Para el cálculo de RA, se utiliza la guía “Consideraciones para la predicción y evaluación de las emisiones de ruido audible asociado al efecto corona en proyectos de transmisión eléctrica”

(SEA 2023), utilizando el método propuesto por la FGH de Alemania[2], el cual puede aplicarse a líneas de transmisión que tengan igual o menos de 6 conductores por fase. La siguiente expresión permite calcular el nivel de RA para la fase i, bajo condiciones de mal tiempo:

$$\boldsymbol{RA_i = 2E_i + 45\ \log(d) + 18\log(N) - 0.3 - 10\log\ (R_i)}$$

Donde:

E_i : Gradiente de campo eléctrico en la superficie del conductor [kV/cm],

d : Diámetro del conductor [cm],

N : Número de subconductores por fase,

R_i : Distancia del conductor al punto de cálculo [m].

Luego, el nivel de ruido audible asociado a la LTE es:

$$RA = 10log \sum_{i=1}^{n} 10^{RA_i/10}$$

Donde:

n : Número de fases.

La siguiente tabla señala los datos asociados a la LTE y el nivel de ruido audible estimado inmediatamente bajo la línea, a 1.5 [m] sobre el suelo.

Tabla 20. Información LTE para estimación de ruido audible y nivel de ruido proyectado en la faja de seguridad.

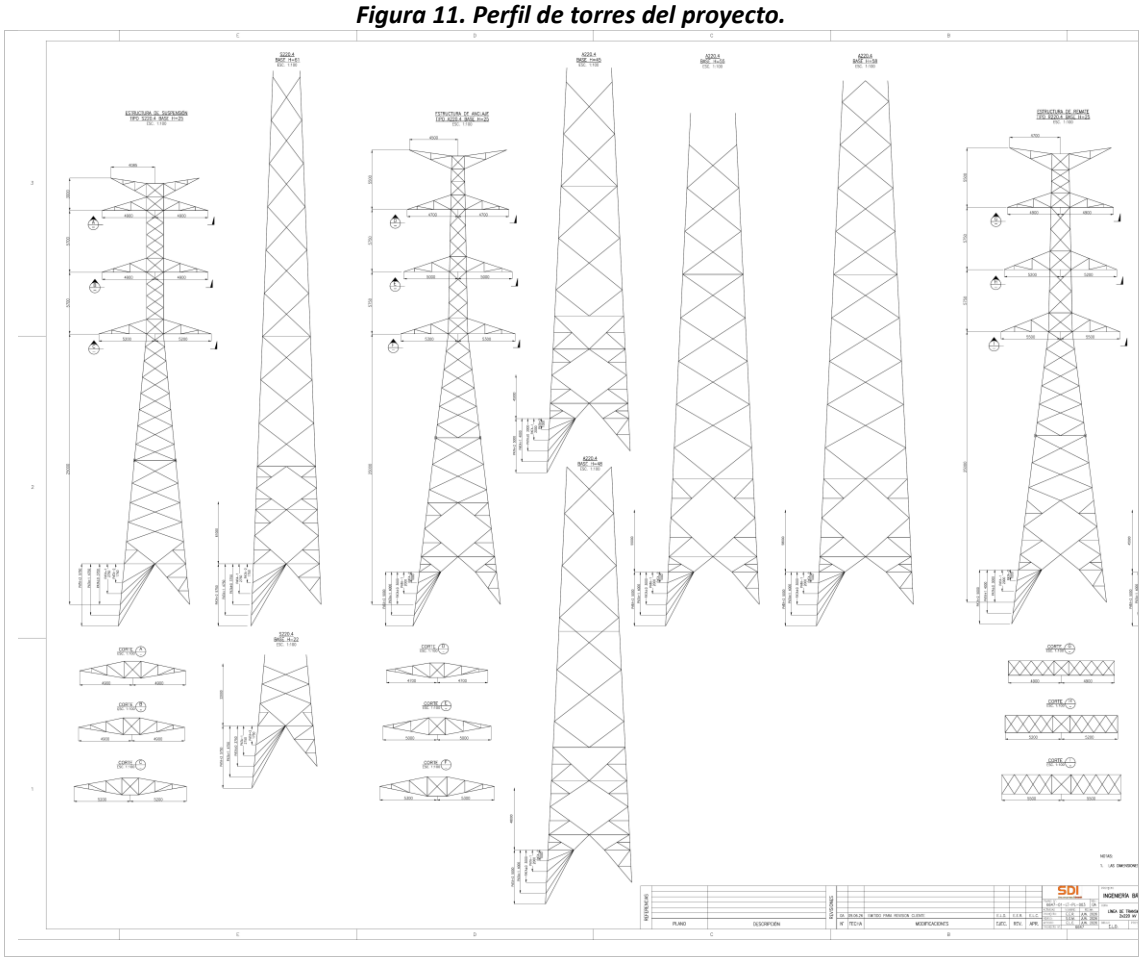
Datos	Valores	
Número de conductores por fase ***N***	1	
Gradiente de campo eléctrico ***Ei*** [Kv/cm]	12,7	
Diámetro del conductor ***d*** [cm]	2,4	
Número de fases ***n***	3	
Circuitos	2	
Alturas de conductores por circuito	1	2
Altura Fase 1 [m]	25	25
Altura Fase 2 [m]	30,7	30,7
Altura Fase 3 [m]	36,4	36,4

Fuente: Elaboración Propia.

[2] *Forschungsemeinschaft Für Hochspanmmge und Hochstromtechnik: E. V.*

El perfil de las estructuras de la LTE es ilustrado en la siguiente figura.

Figura 11. Perfil de torres del proyecto.



Fuente: Elaboración Propia.

En la siguiente tabla se muestran los receptores considerados para la evaluación de la LTE.

Tabla 21. Distancias de receptores a LTE.

Receptores	Distancia [m]
R01	761
R02	2608
R03	7029
R04	7118

Fuente: Elaboración Propia.

2.3.6.2.2 Escenarios de Modelación Fuentes de Ruido Reguladas por D.S. N°38/11 del MMA

2.3.6.2.2.1 Escenario Temporal

El escenario de modelación temporal corresponde a la fase de operación del Proyecto, donde para efectos de simulación de la condición más desfavorable se considera la operación

simultánea de la subestación eléctrica y del sistema BESS, distribuidos según el layout del Proyecto.

2.3.6.2.2.2 Escenario Espacial

Los transformadores de la subestación se modelan como fuentes puntuales y el sistema BESS, constituido por los contenedores de baterías y los centros de transformación, se modelan como fuentes de área.

A continuación, se muestra el escenario de modelación, para la fase de operación para período diurno y nocturno.

Figura 12. Escenario de modelación – fase de operación.



Fuente: Elaboración Propia

2.3.6.2.3 Predicción - Fuentes de Ruido Reguladas por D.S. N°38/11 del MMA

En la siguiente tabla se presentan los Niveles de Presión Sonora (NPS) estimados en los receptores, asociados a fase de operación, en período diurno y nocturno.

Tabla 22. Niveles de ruido estimados en receptores - fase de operación.

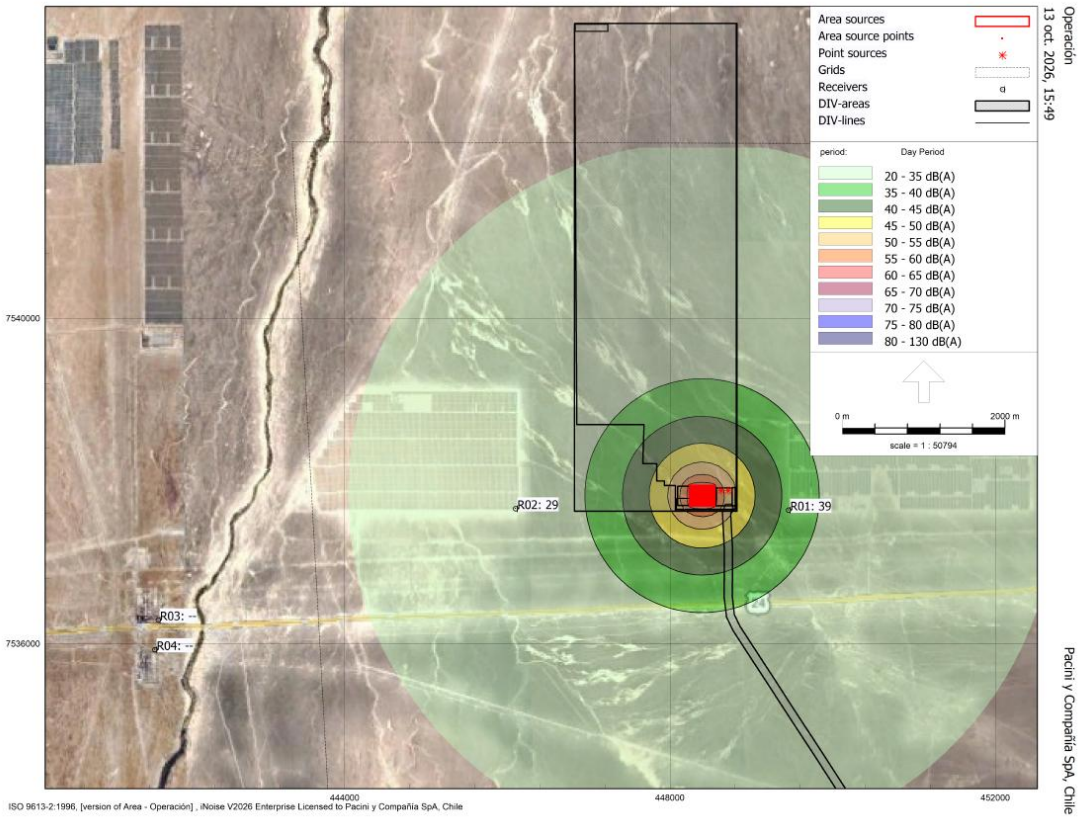
Receptor	Altura [m]	Nivel Proyectado [dB(A)]		Nivel Proyectado Total [dB(A)]	Límites máximos permisibles [dB(A)]	
		Operación Instalaciones	Efecto Corona		Diurno	Nocturno
R01	1.5	39	21	**39**	52	46
R02	1.5	29	16	**29**	56	45
R03	1.5	0	11	**11**	47	44
R04	1.5	0	11	**11**	47	44

Fuente: Elaboración Propia.

Como se observa en la tabla anterior, los valores estimados de Nivel de Presión sonora para el escenario de la fase de operación, no supera los límites máximos permitidos en los receptores, tanto en período diurno como nocturno.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos de la modelación de la fase de operación del Proyecto, en período diurno y nocturno.

Figura 13. Mapa de ruido y NPS estimados - fase de operación.



Fuente: Elaboración propia con Software iNOISE V2026.

2.3.6.2.4 Tránsito Vehicular

A continuación, se presentan los flujos vehiculares que contempla el proyecto en su fase de operación.

Tabla 23. Datos de entrada de flujo vehicular – fase de operación.

Ruta	Velocidad [km/h]	Vehículos por Hora
Vehículos Livianos	100	0
Vehículos pesados	100	2

Fuente: Descripción del Proyecto.

2.3.6.2.5 Predicción – Tránsito Vehicular

A partir de los niveles de ruido asociados al flujo actual presentado en el Apartado 2.3.4.3.2, en la siguiente tabla, se presentan los resultados asociados al aporte exclusivo de flujo vehicular en la fase de operación del proyecto en los puntos de evaluación.

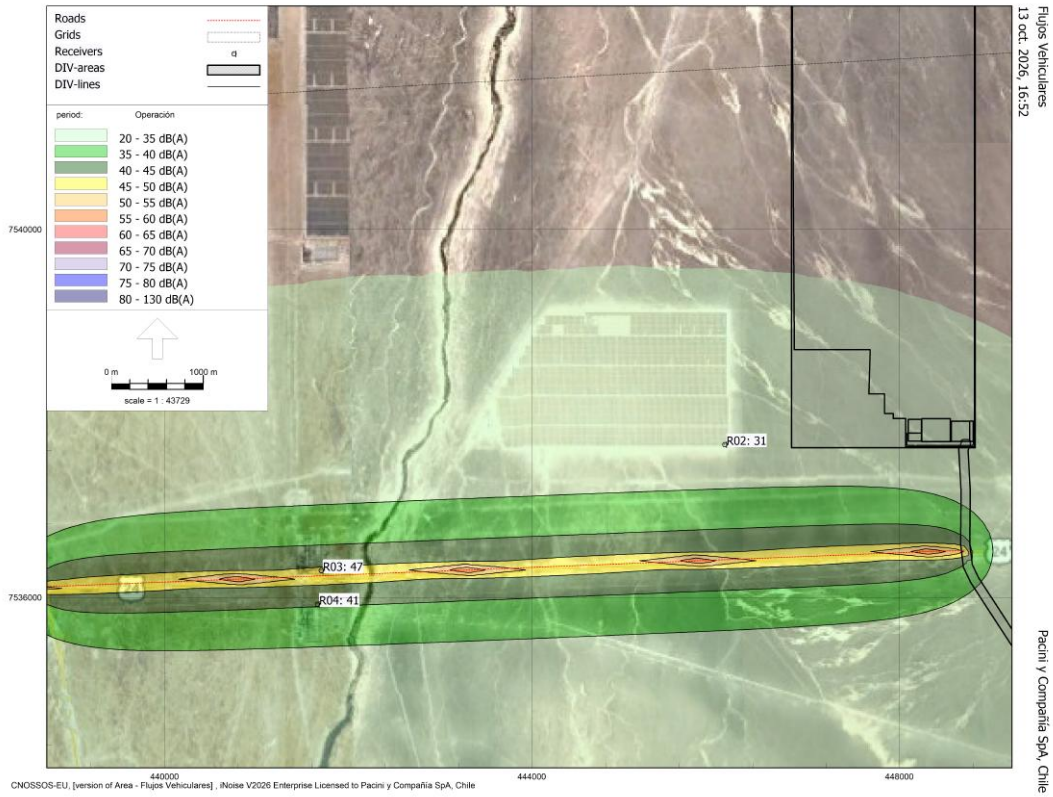
Tabla 24. Niveles de ruido estimados en puntos de evaluación – flujo vehicular. fase de operación.

Punto Evaluación	Exposición Existente LDN [dB(A)]	Ldn Exclusivo Proyecto Operación [dB(A)]	Exposición Combinada (Actual + Proyecto) [dB(A)]	Incremento [dB]	Incremento permitido antes de "Impacto Moderado" [dB]
R02	49	31	49	0	**5**
R03	66	47	66	0	**1**
R04	59	41	59	0	**2**

Fuente: Elaboración propia.

En las siguientes figuras, se presentan los mapas de ruido asociados al aporte exclusivo de flujo vehicular en la fase de construcción del proyecto en los puntos de evaluación.

Figura 14. Mapa de ruido y niveles estimados asociados al flujo vehicular – fase de operación.



Fuente: Elaboración propia con Software iNOISE V2026.

2.3.7 COMPONENTE VIBRACIONES

2.3.7.1 Fase de Construcción

2.3.7.1.1 Fuentes Emisoras

La estimación del impacto de vibración del Proyecto se efectúa en base a la maquinaria y actividades significativas en términos de vibraciones y su potencial riesgo de impacto sobre la comunidad.

Para efectos de la evaluación de la condición más desfavorable, se considera el Lv a 25 **pies asociado a la maquinaria con mayor emisión de vibraciones del frente de trabajo**. En la siguiente tabla se presenta la Velocidad Peak de partículas asociado a las principales maquinarias utilizadas para la fase de construcción del proyecto.

Tabla 25. Niveles de vibración de maquinaria en faenas de construcción.

Maquinaria / Equipo	PPV medido a 25 pies [pulgadas/s]	Lv [VdB] (ref. 10^{-6} pulgadas/s)
Excavadora con martillo percutor	0,089	87
Miniexcavadora	0,003	58
Retroexcavadora	0,003	58
Minicargador	0,003	58

Maquinaria / Equipo	PPV medido a 25 pies [pulgadas/s]	Lv [VdB] (ref. 10^{-6} pulgadas/s)
Placa Compactadora	0,003	58
Motoniveladora	0,089	87
Rodillo Compactador	0,21	94
Grúa de Montaje/ Camión Grúa	0,076	86
Camión Rampa/cama baja (Camión Dumper)	0,076	86
Camión Aljibe / Camión Cisterna	0,076	86
Camión 3/4	0,003	58
Camión Mixer	0,076	86
Camión Tolva	0,076	86
Bus	0,076	86
Camioneta	0,003	58

Fuente: Elaboración Propia en base a la Transit Noise and Vibration Impact Assessment Manual.

Para efectos de estimación, y como se señala en el estándar de referencia FTA "Transit Noise And Vibration Impact Assessment Manual", se consideró la maquinaria que genera mayores emisiones hacia los receptores, con la finalidad de representar y evaluar un escenario desfavorable. En este caso, para la estimación de la fase de construcción se considera el rodillo compactador como maquinaria de mayor emisión.

En la siguiente tabla se presentan las distancias entre la edificación de cada receptor y el frente de trabajo más cercano.

Tabla 26: Distancias entre Receptor y Frente de Trabajo más Cercano

Receptor	Distancia [m]
R01	653
R02	2000
R03	6560
R04	6689

Fuente: Elaboración Propia

Se considera que la fase de cierre tendrá emisiones iguales o menores a la de construcción, por lo que se considera que sus emisiones se encuentran contendidas dentro de ésta. De esta forma se estima la fase de construcción considerando que su cumplimiento normativo, medidas de control, entre otras, son válidas también para la fase de Cierre.

2.3.7.1.2 Estimación

En la siguiente tabla se presentan las Velocidades Peak de Partículas (PPV) y los Niveles de Vibración (Lv) estimados en los receptores para el funcionamiento de la maquinaria con mayor emisión (escenario más desfavorable).

Tabla 27. PPV y Lv Estimados en receptores – fase de construcción / cierre.

Receptor	PPV Estimado [pulgadas/s]	PPV Límite [pulgadas/s]	Lv Estimado [VdB]	Lv Límite [VdB]
R01	0,000	0,5	36	75
R02	0,000	0,5	22	75
R03	0,000	0,5	6	75
R04	0,000	0,5	6	75

Fuente: Elaboración Propia.

Se puede observar que los Lv alcanzan niveles de 36 [VdB] en el receptor R01, a partir de lo cual se desprende que las faenas en la fase de construcción (válido también para la fase de cierre), no superarían los límites permisibles.

2.3.7.2 Fase de Operación

Para la fase de operación, no se contemplan fuentes emisoras de vibración significativas.

2.3.8 EVALUACIÓN

2.3.8.1 Ruido Fase de Construcción/ Cierre

2.3.8.1.1 Fuentes de Ruido Reguladas por D.S. N°38/11 del MMA

En la siguiente tabla se evalúan los niveles de ruido estimados para la fase de construcción y cierre. Cabe destacar que dichas actividades se realizarán únicamente en período diurno, por lo que la evaluación se realiza exclusivamente en este periodo horario.

Tabla 28. Evaluación de Niveles de Ruido en Receptores - Fase de Construcción y Cierre.

Receptor	Altura [m]	Nivel Proyectado dB(A)	Límite Máximo dB(A)	Evaluación D. S. N°38/11 MMA
		Construcción	Diurno	
R01	1,5	43	52	Cumple
R02	1,5	29	56	Cumple
R03	1,5	0	47	Cumple
R04	1,5	0	47	Cumple

Fuente: Elaboración Propia

Como se aprecia en la tabla anterior, los niveles de presión sonora de la fase de construcción y cierre en los receptores cercanos se encuentran bajo los límites máximos permisibles.

2.3.8.1.2 Tránsito Vehicular

En la siguiente tabla se presenta la evaluación de los niveles de ruido asociados al flujo vehicular del Proyecto en la fase de construcción.

Tabla 29. Niveles de ruido estimados en puntos de evaluación – flujo vehicular fase de construcción/ cierre.

Punto Evaluación	Exposición Existente LDN [dB(A)]	Leq (h) Exclusivo Proyecto Construcción [dB(A)]	Exposición Combinada (Actual + Proyecto) [dB(A)]	Incremento [dB]	Incremento permitido antes de "Impacto Moderado"	Evaluación FTA
R02	49	39	49	**0**	5	Sin Impacto
R03	66	55	66	**0**	1	Sin Impacto
R04	59	49	59	**0**	2	Sin Impacto

Fuente: Elaboración Propia.

Se puede observar que los niveles de ruido estimados por flujo vehicular, para las fases de construcción y cierre del proyecto, se clasifican como Sin Impacto, según lo establecido en la norma de referencia FTA.

2.3.8.2 Ruido Fase de Operación

2.3.8.2.1 Fuentes de Ruido Reguladas por D.S. N°38/11 del MMA

En la siguiente tabla se evalúan los niveles de ruido estimados para la fase de operación en período diurno y nocturno.

Tabla 30. Evaluación de niveles de ruido en receptores - fase de operación.

Receptor	Altura [m]	Nivel Proyectado Total dB(A)	Límite Máximo dB(A)		Evaluación D. S. N°38/11 MMA	
			Diurno	Nocturno	Diurno	Nocturno
R01	1.5	39	52	46	Cumple	Cumple
R02	1.5	29	56	45	Cumple	Cumple
R03	1.5	11	47	44	Cumple	Cumple
R04	1.5	11	47	44	Cumple	Cumple

Fuente: Elaboración Propia.

Como se aprecia en la tabla anterior, los niveles de presión sonora de la operación en los receptores cercanos se encuentran bajo los límites máximos permisibles, tanto en período diurno como nocturno.

2.3.8.2.2 Tránsito Vehicular

En la siguiente tabla se presenta la evaluación de los niveles de ruido asociados al flujo vehicular del Proyecto en la fase de operación.

Tabla 31. Niveles de ruido estimados en puntos de evaluación – flujo vehicular fase de operación.

Punto Evaluación	Exposición Existente LDN [dB(A)]	Leq (h) Exclusivo Proyecto Construcción [dB(A)]	Exposición Combinada (Actual + Proyecto) [dB(A)]	Incremento [dB]	Incremento permitido antes de "Impacto Moderado" [dB]	Evaluación FTA
R02	49	31	49	0	5	Sin Impacto
R03	66	47	66	0	1	Sin Impacto
R04	59	41	59	0	2	Sin Impacto

Fuente: Elaboración Propia.

Se puede observar que los niveles de ruido estimados por flujo vehicular, para la fase de operación del proyecto, se clasifican como Sin Impacto, según lo establecido en la norma de referencia FTA.

2.3.8.3 Vibraciones

2.3.8.3.1 Fase de Construcción/Cierre

En la siguiente tabla se presentan las Velocidades Peak de Partículas (PPV) y los Niveles de Vibración (Lv) estimados en los receptores y su evaluación, considerando el escenario más desfavorable.

Tabla 32. Evaluación de daño estructural y molestia por vibraciones – fase de construcción.

Punto Receptor	PPV Estimado [pulgadas/s]	Lv Estimado [VdB]	PPV Límite [pulgadas/s]	Lv Límite [VdB]	Evaluación
R01	0,000	36	0,5	75	No Supera
R02	0,000	22	0,5	75	No Supera
R03	0,000	6	0,5	75	No Supera
R04	0,000	6	0,5	75	No Supera

Fuente: Elaboración Propia.

Como se puede apreciar, los niveles de vibración cumplen los correspondientes criterios de la FTA en todos los receptores.

2.3.8.3.2 Fase de Operación

Para la fase de operación, no se contemplan fuentes emisoras de vibración significativas.

2.3.9 ANÁLISIS EFECTO ACUMULATIVO

Dado que el presente Proyecto corresponde a la modificación del proyecto Alfa Solar, se debe realizar la evaluación del efecto acumulativo de ambos Proyectos. Si bien, el proyecto original aún no se encuentra construido y abarca parte del área donde se desarrollará este Proyecto, para efectos de evaluación de la peor condición, a continuación, se presenta el análisis y sumatoria de los niveles de ruido producto de la ejecución de ambos proyectos, asumiendo un escenario en que se construirán simultáneamente, de manera independiente.

Dado que los receptores evaluados en el proyecto original se encuentran fuera del Área de Estudio de este Proyecto, a continuación, se presenta el detalle con su ubicación y la estimación de niveles de ruido producto de las obras asociadas a este Proyecto:

Tabla 33. Ubicación de receptores y su distancia al proyecto original.

Receptor	Coordenadas Ubicación WGS84 19s		Distancia proyecto Parque Fotovoltaico Alfa Solar [m](*)
	UTM E	UTM N	
1	438673	7536201	2.600
2	440705	7550826	7.600
3	438769	7558102	15.000
4	438046	7559533	16.630
5	438131	7559571	16.650

(*) Según tabla 24 de la fuente referenciada. Fuente: ESTUDIO DE IMPACTO ACÚSTICO Y VIBRATORIO, FOTOVOLTAICO ALFA SOLAR, marzo 2020.

Figura 15. Mapa de ruido y niveles estimados en receptores originales, fase construcción.

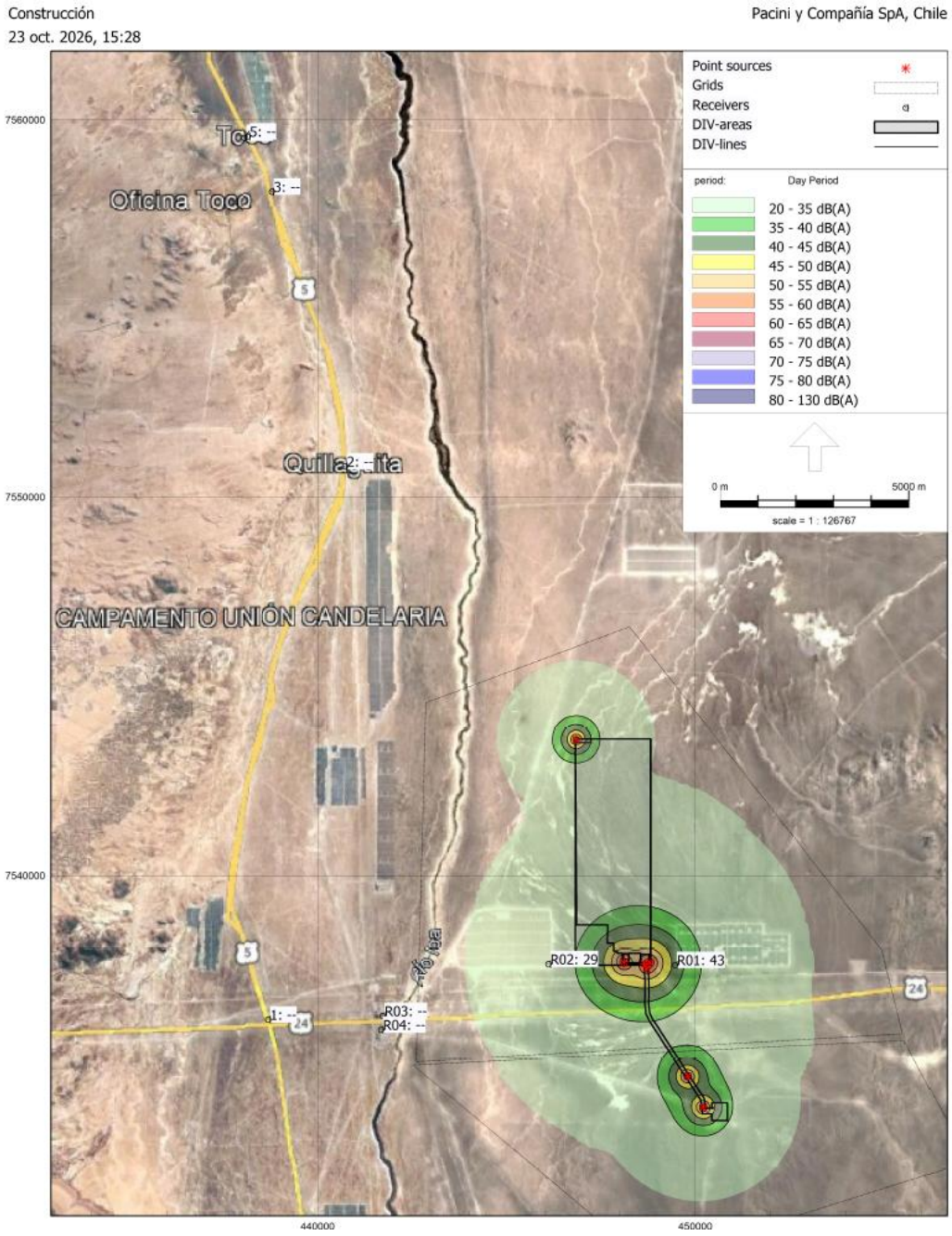
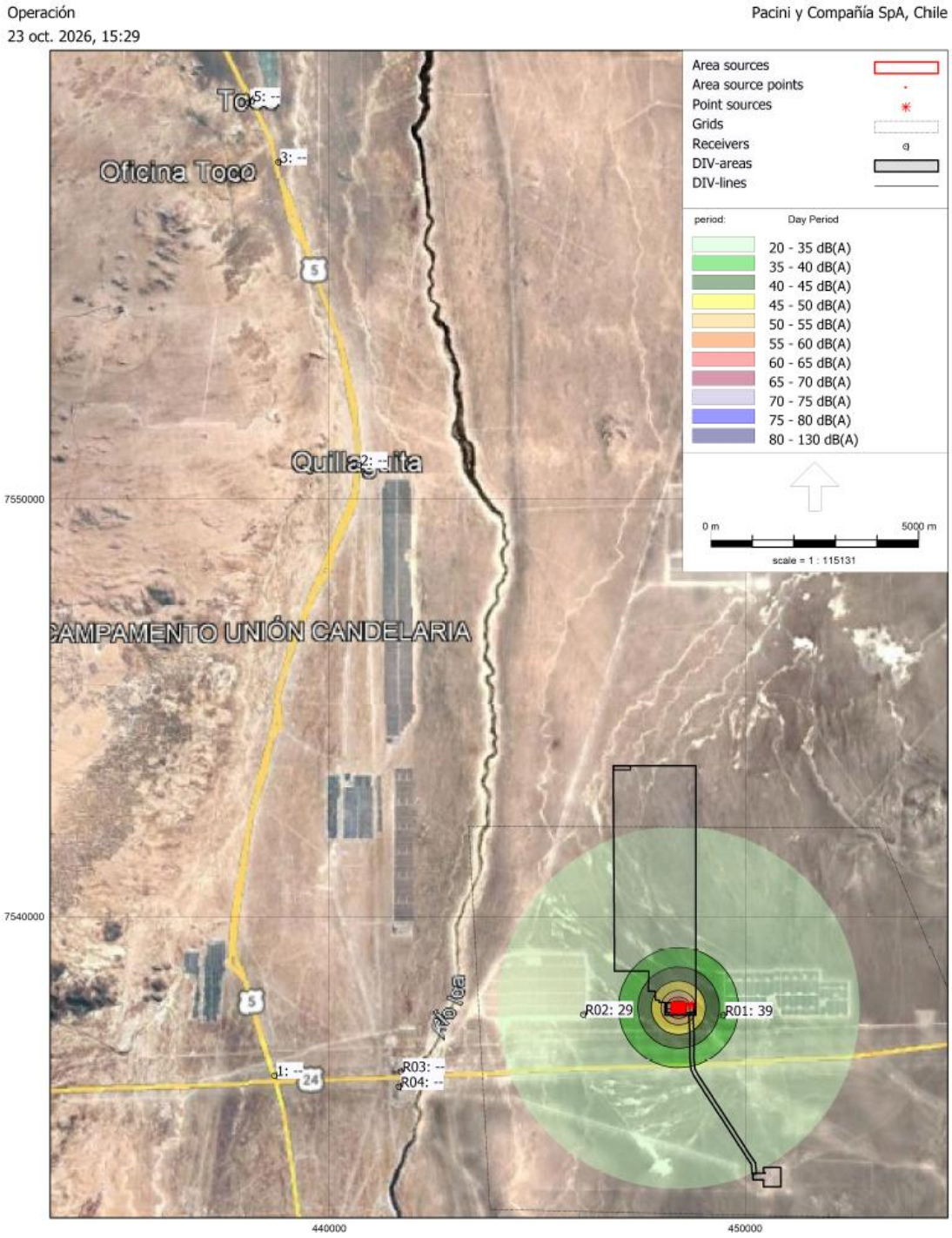


Figura 16. Mapa de ruido y niveles estimados en receptores originales, fase operación.



Se puede observar que la modificación no genera aporte de ruido en los receptores del proyecto original, producto de la ejecución de este Proyecto son 0, por lo que el efecto acumulativo asociado a la ejecución simultánea de ambos proyectos no altera los niveles de ruido estimados por el proyecto original, tanto para la fase de construcción como de operación, tal como se muestra en las siguientes tablas:

Tabla 34. Cálculo de efecto acumulativo en receptores originales, fase construcción.

Punto	NPS Construcción		NPS Total Acumulado Construcción [dB(A)]	Límite diurno (*) [dBA]	Exceso de nivel [dB]	¿Cumple norma?
	Parque Alfa Solar (*)	Modificación Py				
1	24	0	**24**	62	0	Sí
2	11	0	**11**	59	0	Sí
3	2	0	**2**	58	0	Sí
4	1	0	**1**	59	0	Sí
5	1	0	**1**	64	0	Sí

(*) Fuente: ESTUDIO DE IMPACTO ACÚSTICO Y VIBRATORIO, FOTOVOLTAICO ALFA SOLAR, marzo 2020.

Tabla 35. Cálculo de efecto acumulativo en receptores originales, fase operación.

Punto	NPS Operación		NPS Total Acumulado Operación [dB(A)]	Límite nocturno (*) [dBA]	Exceso de nivel [dB]	¿Cumple norma?
	Parque Alfa Solar (*)	Modificación Py				
1	3	0	**5**	45	0	Sí
2	0	0	**3**	48	0	Sí
3	0	0	**3**	48	0	Sí
4	0	0	**3**	46	0	Sí
5	0	0	**3**	48	0	Sí

(*) Fuente: ESTUDIO DE IMPACTO ACÚSTICO Y VIBRATORIO, FOTOVOLTAICO ALFA SOLAR, marzo 2020.

Por otro lado, este Proyecto evalúa sus emisiones de ruido sobre receptores nuevos, que no existían al momento de la evaluación del proyecto original, y por tanto no fueron evaluados en el estudio de marzo de 2020. Para evaluar el efecto acumulativo en ellos, se adopta como supuesto conservador asignar al Parque Fotovoltaico Alfa Solar, en todos los receptores nuevos, el mismo nivel que la Modificación genera en el receptor más cercano (R1, ubicado a 655 m del Proyecto): 43 dB(A) en fase de construcción y 39 dB(A) en fase de operación. Este supuesto sobreestima el aporte del proyecto original, cuyo nivel máximo estimado en el estudio de 2020 fue de 24 dB(A) en construcción y 3 dB(A) en operación, en un receptor ubicado a 2.600 m. Cabe destacar que R1 se ubica a una menor distancia que los demás receptores del proyecto original, tal como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 36. Distancias de receptores respecto del proyecto original.

Receptor	Distancia proyecto Parque Fotovoltaico Alfa Solar (m)
R1	655
R2	700
R3	5700
R4	6000
1	2.600
2	7.600
3	15.000
4	16.630
5	16.650

A partir de lo anterior, en las siguientes tablas se presenta la evaluación hipotética de este escenario desfavorable:

Tabla 37. Cálculo de efecto acumulativo en receptores nuevos, fase construcción.

Punto	NPS Construcción		NPS Total Acumulado Construcción [dB(A)]	Límite diurno (*) [dBA]	Exceso de nivel [dB]	¿Cumple norma?
	Parque Alfa Solar (*)	Modificación Py				
R1	43	43	**46**	52	0	**Sí**
R2	43	29	**43**	56	0	**Sí**
R3	43	0	**43**	47	0	**Sí**
R4	43	0	**43**	47	0	**Sí**

(*) Niveles de ruido replicados del receptor más cercano R1. Fuente: ESTUDIO DE IMPACTO ACÚSTICO Y VIBRATORIO, FOTOVOLTAICO ALFA SOLAR, marzo 2020.

Tabla 38. Cálculo de efecto acumulativo en receptores nuevos, fase operación.

Punto	NPS Operación		NPS Total Acumulado Operación [dB(A)]	Límite nocturno (*) [dBA]	Exceso de nivel [dB]	¿Cumple norma?
	Parque Alfa Solar (*)	Modificación Py				
R1	39	39	42	**46**	0	**Sí**
R2	39	29	39	**45**	0	**Sí**
R3	39	11	39	**44**	0	**Sí**
R4	39	11	39	**44**	0	**Sí**

(*) Fuente: ESTUDIO DE IMPACTO ACÚSTICO Y VIBRATORIO, FOTOVOLTAICO ALFA SOLAR, marzo 2020.

Se puede observar que los niveles de ruido asociados al efecto acumulativo producto de la ejecución simultánea del Proyecto en evaluación en conjunto con el proyecto original, no superan los límites máximos permisibles, del D.S. N°38/2011 del MMA en ninguno de los receptores, tanto para la fase de construcción como para operación, aún bajo un escenario muy desfavorable de evaluación supuesto.

2.3.10 CONCLUSIONES

- Se identificaron cuatro (4) receptores humanos, que se encuentran emplazados en zona rural del D.S. Nº38/11 del MMA, según el Instrumento de Planificación Territorial correspondiente.
- Se estimaron los niveles de ruido asociados a la ejecución del Proyecto en escenarios desfavorables, cuyos valores se encuentran bajo los límites permisibles, para todas las fases del Proyecto.
- Por otra parte, se estimaron y evaluaron las Velocidades Peak de Partículas (PPV) y los Niveles de Vibración (Lv) asociados a la ejecución del Proyecto, cuyos valores cumplen con el criterio de referencia internacional para la evaluación de daño estructural y de molestia.
- Los incrementos de nivel de ruido producto del flujo vehicular asociado a las distintas fases del Proyecto se encuentran bajo los límites permitidos, por lo que éstos se clasifican como SIN IMPACTO según el criterio de la FTA.
- Cabe destacar que, según lo indicado por el especialista, y lo presentado en el informe de Línea Base, no se identificaron hábitats relevantes de fauna dentro del Área de Estudio por lo que se descarta el riesgo de afectación de ruido sobre la fauna nativa.
- En consecuencia, si bien el Proyecto tiene asociada la emisión de Ruido y Vibraciones, de acuerdo con los antecedentes presentados en este estudio y los resultados obtenidos, es posible concluir que dichas emisiones, bajo las condiciones más desfavorables, no superarán los valores establecidos por la normativa vigente o normativas de referencia según corresponda y **por lo tanto no generan riesgo para la salud de la población en virtud de lo definido en la letra b) el Artículo 5 del Reglamento del SEIA (D.S Nº40/2012 del MMA).**

2.3.11 BIBLIOGRAFÍA

- Guía Áreas de Influencia en el SEIA, SEA (febrero de 2026).
- D.S N°38/2011 MMA "Norma de Emisión de Ruido Generado por Fuentes Que Indica", Ministerio del Medio Ambiente, Chile
- "Transit Noise and Vibration Impact Assessment Manual", 2018, Federal Transit Administration (FTA) de Estados Unidos.
- "Guía para la Predicción y Evaluación de Impactos por Ruido y Vibración en el SEIA", 2019, Servicio de Evaluación Ambiental (SEA), Chile.
- "Industrial Noise Control and Acoustics", 2003. Randall F. Barron. Louisiana Tech University Ruston, Louisiana, U.S.A.
- Criterio de Evaluación en el SEIA: Evaluación de impactos por ruido sobre fauna nativa" publicado por el Servicio de Evaluación Ambiental (SEA), en diciembre de 2022.
- Guía "Uso de Normas de Referencia" publicada por el SEA, diciembre de 2024.
- Guía "Consideraciones para la predicción y evaluación de las emisiones de ruido audible asociado al efecto corona en proyectos de transmisión eléctrica" (SEA 2023).

2.3.12 APÉNDICES

Apéndice 1 Fichas Técnicas y de Medición de Referencia

CARACTERIZACIÓN ACÚSTICA: MOTONIVELADORA.

Características fuente:	Marca: Volvo Modelo: G940
Condición operativa fuente:	Fija en aceleración.
Descriptor acústico:	NPSeq
Tiempo de medición:	3 minutos por punto.
Distancia Fuente-Sonómetro:	5 metros a cada punto.



Medición realizada en la parte frontal de la motoniveladora de manera de registrar el ruido de la maquinaria.

Niveles de presión sonora:

Frecuencia en Hz, niveles en dB								
63	125	250	500	1K	2K	4K	8K	dBA
78	74	69	61	61	58	54	48	67



Medición realizada en la parte trasera de la motoniveladora de manera de registrar el ruido del motor acelerado y el tubo de escape.

Niveles de presión sonora:

Frecuencia en Hz, niveles en dB								
63	125	250	500	1K	2K	4K	8K	dBA
78	81	73	65	66	62	55	50	71



Medición realizada en la parte lateral de la motoniveladora de manera de registrar el ruido en general del funcionamiento de la maquinaria acelerada.

Niveles de presión sonora:

Frecuencia en Hz, niveles en dB								
63	125	250	500	1K	2K	4K	8K	dBA
84	72	66	55	56	54	48	44	64

Condiciones meteorológicas **Temperatura:** 16C° **Velocidad del viento:** 4km/h **Humedad:** 54%	**Fecha de medición:** 23-06-2015	**Equipo de medición:** Larson Davis Lxt2, Tipo 2, año fabricación 2013.
Notas: medición normal, con motoniveladora acelerada sobre superficie de tierra. Fuente de ruido de características estables.		Ruido Ambiental Servicios de acústica & vibraciones www.ruidoambiental.cl (56 2) 2891 0280

CARACTERIZACIÓN ACÚSTICA: Huinche y Freno

Características fuente:	Marca: TE.M.A Modelo:
Condición operativa fuente:	En operación.
Descriptor acústico:	NPSeq
Tiempo de medición:	3 minutos por punto.



Medición realizada en la parte frontal del huinche.

Niveles de presión sonora:

125	250	500	1K	2K	4K	8K	dBA	d(m)
64	60	58	52	48	40	40	59	15



Medición realizada en la parte lateral del huinche de manera de registrar el ruido asociado al despliegue del tendido.

Niveles de presión sonora:

125	250	500	1K	2K	4K	8K	dBA	d(m)
65	62	59	51	47	44	45	59	8



Medición realizada en la parte lateral de la camioneta de manera de registrar el ruido en general del funcionamiento del huinche en operación.

Niveles de presión sonora:

125	250	500	1K	2K	4K	8K	dBA	d(m)
61	58	54	52	49	43	44	59	25

Condiciones meteorológicas **Temperatura:** 17 C° **Velocidad del viento:** 1.5m/s **Humedad:** 33%	**Fecha de medición:** 27-05-2015	**Equipo de medición:** Larson Davis 831, Tipo 1, año fabricación 2014.
Notas: medición normal, con el winche en operación sobre superficie de tierra. Fuente de ruido de características estables.		Ruido Ambiental Servicios de acústica & vibraciones www.ruidoambiental.cl (56 2) 209 1 0250

CARACTERIZACIÓN ACÚSTICA

CAMIÓN TOLVA

Características fuente:	CAMIÓN TOLVA
Condición operativa fuente:	En movimiento
Descriptor acústico:	NPSeq
Tiempo de medición:	15 segundos (durante el paso)
Distancia Fuente-Sonómetro:	3 metros





Medición realizada perpendicular a la trayectoria en pista de aproximadamente 100 m durante diversos pasos a una velocidad de 20 a 30 Km/h. Se reporta nivel promedio

Niveles de presión sonora:

Nivel de Presión Sonora [dB] por banda de Frecuencia [Hz]								NPS [dB(A)]
63	125	250	500	1K	2K	4K	8K	
52	59	61	67	70	70	64	56	**75**

Condiciones meteorológicas **Temperatura:** 21C° **Velocidad del viento:** 3km/h **Humedad:** 45%	**Fecha de medición:** Agosto 2020	**Equipo de medición:** Larson Davis Lxt2, Tipo 2, año fabricación 2013.
Notas: Medición normal en Planta ENAMI. Fuente de ruido de características estables.		Ruido Ambiental servicios de acústica & vibraciones

Baterías BESS

TrinaStorage Elementa 3

Preliminary

6.25MWh

587Ah Battery Cell



Enhanced Efficiency

- High-performance 587Ah cells with an industry-leading 415Wh/L energy density
- Optimized space efficiency,featuring top-mounted cooling chillers that increase site energy density by 24.7%, maximizing land utilization
- Advanced intelligent temperature control maintains cell ΔT ≤ 2.5℃, ensuring thermal stability and efficient operation
- Active balancing technology, optimizing State of Charge (SOC) management to eliminate the bucket effect,improving overall system efficiency and lifespan

Smart Design

- Millisecond-level early warning system with 1:1 NTC monitoring,enabling proactive risk detection and enhanced safety
- Independent O&M window and two-way stop valve streamline maintenance procedures, improving efficiency and reducing downtime
- One-click upgrades enable seamless system optimization, minimizing operational disruptions and maintenance costs

Improved Flexibility

- Advanced high-temperature refrigerant technology ensures peak performance in extreme heat up to 55℃,enhancing system reliability
- Engineered for extreme conditions,withstanding dust storms, extreme temperatures,salt mist,high humidity,and earthquakes for uninterrupted operation
- Multiple system configurations for diverse applications, with dual DC outputs that enhance operational flexibility and integration options

Comprehensive Safety

- EV-grade battery cells undergo rigorous abuse testing, ensuring intrinsic safety and long-term reliability
- Top-tier UL94-5VA flammability-rated modules provide rapid hazard suppression,effectively preventing thermal propagation
- Electrical protection with an emergency stop button enables millisecond-level fusing,offering robust electrical defense
- Sandwich-type composite wall with 2-hour fire resistance delivers ultimate protection in critical scenarios

Elementa

TrinaStorage Elementa 3

Preliminary

Technical Data

Battery Parameters	
Cell Type	3.2V,587Ah
Battery Configuration	416S8P
Nominal Capacity	6250kWh
Typical Operational Duration	2-4hours
Nominal Voltage Range	1123.2V-1497.6V
System Parameters	
Dimensions (W*H*D)	6058*2896*2438mm (Standard 20ft High Cube Container)
Weight	50T
Degree of Protection	IP55-Excl.TMS (Temperature Management System) IP67-Module
Operating Ambient Temperature	-35°C-55°C
Altitude	≤4000m
Cooling Mode	Liquid Cooling
Fire Safety	Dry pipe, heat and smoke sensors, gas sensor and active ventilation system, automatic aerosol-based fire suppression system, fire resistant enclosure (2h Optional), deflagration panel (Optional)
Anti-corrosion Design	C4 (C5 Optional)
Noise	≤75dB (35°C) ≤65dB (Optional with noise mitigation kit)
Communication Protocols	CAN/RS485/Ethernet
Standard	IEC61000-6-2/4, IEC62477-1, IEC62619, IEC62933-5-2, UL1973, UL9540,UL9540A.

www.trinasolar.com

Note: Please read the safety and installation instructions before using this product.

© 2025 Trina Solar Co., Ltd. All rights reserved. The performance specifications of this data are subject to change without prior notice.

Version number:2025_A

TrinaStorage

Centros de Transformación

PCS-9567MV-10000-V2.2
Integrated Medium Voltage Skid



Designed for Grid Reliability and Resilience

- Full four-quadrant operation with bidirectional power conversion system
- State of the art three-level technology with high conversion efficiency.
- Full power operation at 1500V and wide DC voltage operation range.
- Suitable for most local standards and severe environmental conditions.
- Endured extensive quality, safety and reliability.

Investment with Higher Returns

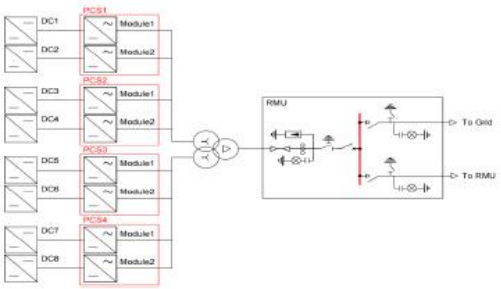
- Compressed construction lead-times through factory integrated solution.
- Reduced off-loading, on-site labor expense and transportation cost.
- Enhanced system reliability owing to reliable and qualified designs.

Easy to Install and Service

- Fully monitored solution for online analysis and fast troubleshooting.
- Convenient modular design provides easy access to all components for maintenance purposes.
- Standard size container for ease of shipment and installation worldwide.
- Pre-assembled solution, configured & tested to reduce on-site labor and project duration.

Product Applications

- Typical applications - energy shifting, frequency regulation, peak shaving
- Grid forming control, reactive power control, L/HVRT, L/HFRT, soft start/stop, and specified power factor control.
- Compliant with international standard, CE, VDE, ISO, EN etc..
- Multiple communication interfaces such as CAN, RS485 and Ethernet



INVERSOR

PCS-9567TU-1000/1250/1375/1575/1750

1500V series outdoor Power Conversion System



Features

High efficiency and low losses

- Air-cooled heat dissipation, low system losses
- PCS three-level topology, maximum efficiency 99%

Safe and reliable

- Separate primary and secondary compartment, high security
- IP 65, high degree of protection
- Separate circulating heat dissipation design, high efficiency and reliability

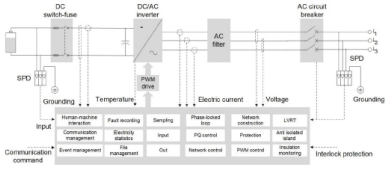
Grid friendly

- Various control modes such as PQ and grid-forming, suitable for different application scenarios
- Support IEC61850 protocol and fast communication interface, with millisecond response
- Support fault recording to facilitate fault analysis and location

High integration

- Modular design, convenience for operation and maintenance
- Unit building block function, support parallel connection of multiple cabinets on the AC side
- Power and energy density increased by > 50%

Schematic diagram



Technical specifications

The product series covers 1000kW~1750kW, some typical model specifications are as follows:

Model	PCS-9567TU-1000	PCS-9567TU-1250	PCS-9567TU-1375	PCS-9567TU-1575	PCS-9567TU-1750
DC side					
DC voltage range（V）	600~1500	780~1500	850~1500	970~1500	1050~1500
Maximum DC input current（A）	1833	1833	1833	1833	1833
DC voltage ripple	< 1%				
DC current ripple	< 3%				
AC side					
Nominal output power（kW）	1000	1250	1375	1575	1750
Maximum AC power（kVA）	1100	1375	1513	1733	1900
Nominal operating voltage（V）	400	500	550	630	690
Operating voltage range（V）	360~440	450~550	500~600	567~690	630~760
Maximum AC output current（A）	1588				
Nominal operating frequency（Hz）	50 / 60				
Operating frequency range（Hz）	45~55 / 55~65				
Maximum THD of current	< 3%				
Nominal power factor	> 0.99				
Adjustable power factor	0.9（leading）~ 0.9（lagging）				
AC connection	Three phase three wire				
System					
Weight（kg）	1600				
Dimension（W×H×D）（mm）	1200×2350×1400				
Cooling method	Forced air cooled				
Maximum working altitude（m）	6000（> 3000 derating）				
Isolation method	Transformer less				
Operating temperature range（℃）	-35~60（>45 derating）				
Relative humidity	0~95%，no condensation				
Degree of protection	IP65				
Communication interface	CAN / RS-485 / RJ45 / optical fiber port				
Communication protocol	CAN / Modbus / IEC 61850 / IEC 60870-5-103，etc				

Este informe ha sido elaborado bajo los controles establecidos por el Sistema de Gestión de Calidad de Ruido Ambiental SpA., certificado por Bureau Veritas Certification conforme con la norma ISO 9001:2015. Número de Certificado Serie: BVCSG9620.