



Superintendencia del Medio Ambiente
Gobierno de Chile

INFORME TÉCNICO DE FISCALIZACIÓN AMBIENTAL

Fiscalización Ambiental

METRO LÍNEA 3

DFZ-2022-1536-XIII-RCA

	Nombre	Firma
Aprobado	Claudia Pastore Herrera	X _____ Claudia Pastore Herrera División de Fiscalización
Elaborado	Matías Tapia Riquelme	X _____ Matías Tapia Riquelme Fiscalizador DFZ



Contenido

1	RESUMEN.....	2
2	IDENTIFICACIÓN DE LA UNIDAD FISCALIZABLE	4
2.1	Antecedentes Generales	4
2.2	Ubicación y Layout.....	5
3	INSTRUMENTOS DE CARÁCTER AMBIENTAL FISCALIZADOS	6
4	ANTECEDENTES DE LA ACTIVIDAD DE FISCALIZACIÓN	6
4.1	Motivo de la Actividad de Fiscalización.....	6
4.2	Materia Específica Objeto de la Fiscalización Ambiental	6
4.3	Revisión Documental.....	7
4.3.1	Documentos Revisados.....	7
5	HECHOS CONSTATADOS.....	8
5.1	MANEJO DE EMISIONES ACÚSTICAS.....	8
6	CONCLUSIONES.....	50
7	ANEXOS.....	52



1 RESUMEN

El presente documento da cuenta de los resultados de la actividad de fiscalización ambiental realizada por la SMA a la unidad fiscalizable “Metro Línea 3”, en específico, el tramo ubicado entre estaciones Plaza Egaña y Fernando Castillo Velasco, producto de denuncias recibidas ante esta Superintendencia, las cuales señalan la existencia de “ruidos y vibraciones de ventanas cada 5 minutos más menos entre las 05:15 y 0:00 del próximo día. Es un ruido más molesto, constante (SIC)”. Dicha denuncia luego fue complementada con la información presente en el fallo sentencia ROL N°18.814-2019 de la Corte Suprema, en donde se indicó la existencia de molestia por vibraciones y ruido inducido.

El proyecto que compone la unidad fiscalizable y que fue fiscalizado durante el desarrollo corresponde a la operación de la Línea 3 de Metro, la cual tiene una extensión aproximada de 22 km que conectan las comunas de Quilicura, Conchalí, Independencia, Santiago, Ñuñoa y La Reina, calificado ambientalmente favorable a través de Resolución de Calificación Ambiental N°243/2014 SEA RM.

Es importante señalar que, aun cuando dicha resolución no regula los “ruidos molestos de vibraciones”, ni existe en la actualidad una norma en Chile que los regule, esta Superintendencia considera pertinente objetivar los niveles de los ruidos denunciados, utilizando como referencia la metodología de medición de informe N°1.364.955/2019 de IDIEM para medir el ruido transmitido por el suelo, esto es, la guía de la FTA N°0123:2018, dado que esta fue la metodología considerada por el fallo sentencia ROL N°18.814-2019 de la Corte Suprema. No obstante, se aplican todas las precisiones, definiciones y criterios que se han debido incorporar al análisis, en conjunto con profesionales expertos del Ministerio del Medio Ambiente, en vista de las deficiencias y errores de criterio constatados en el mencionado informe de IDIEM, detallados en Informe de Fiscalización Ambiental DFZ-2020-3692-XIII-NE.

Considerando lo anterior, en el marco del presente informe, las materias relevantes objeto de la fiscalización incluyeron el manejo de emisiones de vibraciones y el ruido inducido o ruido transmitido por el suelo (GBN).

Los antecedentes analizados incluyeron 308 mediciones, incorporadas en reportes provistos por Metro S.A, consistentes en informes de medición de ruido inducido (GBN) producido por el paso de Metro Línea 3, entre las estaciones Plaza Egaña y Fernando Castillo Velasco.

A partir de los resultados de las distintas actividades de fiscalización, asociadas a la evaluación de los criterios presentes en la Tabla 6-3 de la guía FTA N°0123:2018, se concluye que existe una condición de excedencia en el ruido inducido respecto a la guía de referencia mencionada, en los siguientes puntos receptores, generados por la operación de la Línea 3 entre las estaciones Plaza Egaña y Fernando Castillo Velasco:

Punto Receptor	N° de mediciones	N° mediciones con excedencia	Máxima superación diurna	Máxima superación nocturna
Almirante Gómez Carreño N°37, La Reina	45	31	4,2 dB	2,8 dB
San Lorenzo N°29, La Reina.	45	40	8,2 dB	7,1 dB
Julio Montebruno N°25, La Reina	45	9	1,7 dB	0,8 dB
Loreley N°17, La Reina	45	37	9,1 dB	7,6 dB

Tabla 1: Superaciones constatadas a la guía FTA N°0123:2018 por ruido inducido, en el sector tramo Plaza Egaña y Fernando Castillo Velasco.

Con vista en estas superaciones, se puede concluir además que el problema de ruido inducido ocurre en viviendas que se encuentran sobre la zona de contraboveda del túnel de metro (esto es, aquellas ubicadas al oriente de calle Lynch Norte), y que la condición de superación se agudiza en la medida que el túnel disminuye su profundidad con respecto al suelo.

Es importante señalar que, si bien la variable analizada en el presente informe, ruido inducido, no fue considerada en la evaluación ambiental de la Línea 3 de Metro a través de su Resolución de Calificación Ambiental N°243/2014 del SEA RM, posterior a dicho proceso sí ha sido considerada en el proceso de evaluación ambiental correspondiente a la línea 7 del Metro, a través de la Resolución de Calificación Ambiental que calificó ambientalmente favorable el proyecto: “Línea 7



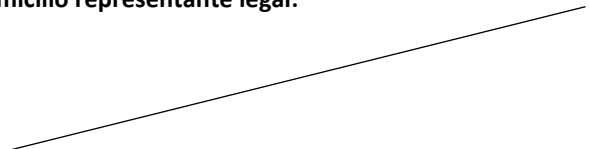
Metro de Santiago”, específicamente en el considerando 4.3.2.6 de la Emisiones y efluentes, en la variable “Vibraciones mecánicas y ruido inducido”, por lo que Metro está frente a una variable que debió ser considerada ante las denuncias e informada a la autoridad.

En este mismo sentido, el titular, Metro S.A., ha señalado textualmente en su carta SGMA N°45/2022 que *“no es posible aplicar la norma de referencia requerida, dado que la ingeniería estructural y de sistemas de origen del proyecto Línea 3, Etapa 2, no fue desarrollada atendiendo la necesidad de dar cumplimiento a la guía FTA 0123:2018, cuestión que imposibilita técnicamente hoy su plena observancia, debiendo reformularse aspectos tecnológicos sustantivos del diseño y construcción del Proyecto, en caso de que fuera necesario someterse al referido estándar”*. Sin perjuicio de lo anterior, el titular ha dado cuenta de la implementación de medidas de gestión, que han permitido mitigar el impacto en el sector en estudio, sin embargo, se mantienen excedencias como las presentadas en la Tabla 1.



2 IDENTIFICACIÓN DE LA UNIDAD FISCALIZABLE

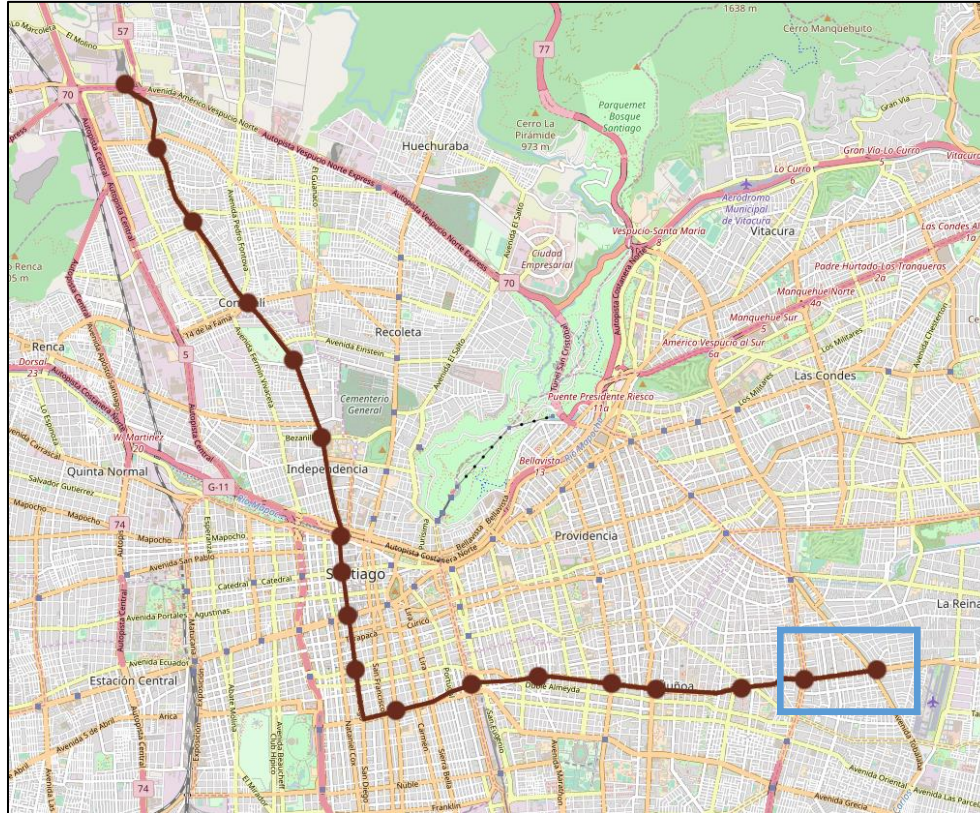
2.1 Antecedentes Generales

Identificación de la Unidad Fiscalizable: Metro S.A. Línea 3	Estado operacional de la Unidad Fiscalizable: En fase de operación (22-01-2019)
Región: Metropolitana	Ubicación específica de la unidad fiscalizable: La Línea 3 de Metro se extiende por seis comunas de la Región Metropolitana, las cuales son: Quilicura, Conchalí, Independencia, Santiago, Ñuñoa y La Reina. El trazado se inicia al poniente de Autopista Los Libertadores con Autopista Vespucio Norte Express, en la Estación Terminal Norte; y finaliza en Av. Larraín con Av. Tobalaba, en la futura Estación Larraín.
Provincia: Santiago	
Comuna: La Reina	
Titular de la unidad fiscalizable: Empresa de Transporte de Pasajeros Metro S.A.	RUT o RUN: 61.219.000-3
Domicilio titular: Avenida Libertador Bernardo O'Higgins N°1414, Santiago, Región Metropolitana.	Correo electrónico: cyanezc@metro.cl itoro@metro.cl lavarez@metro.cl gprodriguez@metro.cl
	Teléfono: 2 9373574 2 9372000 2 9378773 9373337
Identificación representante legal: Rubén Rodrigo Alvarado Vigar	RUT o RUN: 7.846.224-8
Domicilio representante legal: 	Correo electrónico:
	Teléfono: 2 9373574 6 8308431



2.2 Ubicación y Layout

Figura 1. Mapa de ubicación local (Fuente: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/eb/Linea_3_Metro_de_Santiago_mapa.png).



Ruta de acceso: La unidad fiscalizable recorre desde la comuna de Quilicura hasta la Reina, Región Metropolitana. El tramo de interés es aquel ubicado en el subsuelo de Av. Larraín, cuyos ingresos se encuentran en Plaza Egaña y en Av. Fernando Castillo Velasco con Tobaraba.



3 INSTRUMENTOS DE CARÁCTER AMBIENTAL FISCALIZADOS

Identificación de Instrumentos de Carácter Ambiental fiscalizados.					
N°	Tipo de instrumento	N°/ Descripción	Fecha	Comisión/ Institución	Título
1	RCA	243	2014	SEA RM	Califica Ambientalmente el proyecto "Línea 3 – Etapa 2: Túneles, Estaciones, Talleres y Cocheras"

4 ANTECEDENTES DE LA ACTIVIDAD DE FISCALIZACIÓN

4.1 Motivo de la Actividad de Fiscalización

Motivo		Descripción	
	Programada		
X	No programada		Denuncia
			Autodenuncia
			De Oficio
		X	Otro
		Detalles: La actividad se genera por mandato formulado por la Corte Suprema en su sentencia rol C.S. N°18.814-2019	

4.2 Materia Específica Objeto de la Fiscalización Ambiental

- Manejo de Emisiones Acústicas



4.3 Revisión Documental

4.3.1 Documentos Revisados

ID	Nombre del documento revisado	Origen/ Fuente	Organismo encomendado	Observaciones
1	Consideraciones Medición Ruido Inducido (GBN) según FTA 2018	Documentación entregada por el titular	--	--
2	Carta SGMA N°10/2021 del 05 de abril de 2021	Documentación entregada por el titular como respuesta a Resolución Exenta SMA N°483/2021	--	--
3	Carta SGMA N°29/2021 del 15 de julio de 2021	Documentación entregada por el titular como respuesta a Resolución Exenta SMA N°483/2021	--	--
4	Carta SGMA N°28/2021 del 19 de julio de 2021	Documentación entregada por el titular como respuesta a Resolución Exenta SMA N°1272/2021	--	--
5	Carta SGMA N°39/2021 del 05 de noviembre de 2021	Documentación entregada por el titular como respuesta a Resolución Exenta N°483/2021	--	--
6	Carta SGMA N°14/2022 del 14 de enero de 2022	Documentación comprometida por el titular en su carta SGMA N°39/2021.	--	--
7	Carta SGMA N°45/2022 del 17 de junio de 2022	Documentación entregada por el titular como respuesta a Resolución Exenta N°493/2022	--	--



5 HECHOS CONSTATADOS.

5.1 MANEJO DE EMISIONES ACÚSTICAS

Número de hecho constatado: 1	Estación N°:					
Documentación Revisada:						
<ol style="list-style-type: none"> 1. Consideraciones Medición Ruido Inducido (GBN) según FTA 2018. 2. Carta SGMA N°10/2021 del 05 de abril de 2021. 3. Carta SGMA N°29/2021 del 15 de julio de 2021. 4. Carta SGMA N°28/2021 del 19 de julio de 2021. 5. Carta SGMA N°39/2021 del 05 de noviembre de 2021. 6. Carta SGMA N°14/2022 del 14 de enero de 2022. 7. Carta SGMA N°45/2022 del 17 de junio de 2022. 						
Exigencias:						
FTA Report N°0123:2018						
<p>En vista que no existen exigencias asociadas al ruido inducido por las vibraciones en la RCA N°243/2014 que aprueba el proyecto, el cual es el componente ambiental evaluado en el presente informe, así como este componente tampoco es afecto a la Norma de Emisión, el D.S. N°38/2011 MMA, dado que es producto del tránsito a través de las redes de infraestructura (fuentes exentas a la norma en Artículo 5°, literal a), se decide utilizar referencialmente los criterios establecidos en la Tabla 6-3 de la guía de la Federal Transit Administration (FTA) de Estados Unidos, "Transit Noise and Vibration Impact Assessment Manual", en adelante, FTA Report N°0123:2018 o FTA N°0123:2018, que se presenta a continuación, dado que es el documento utilizado como guía en la sentencia rol C.S. N°18.814-2019 de la Corte Suprema.</p>						
<p><i>Tabla 6-3 Criterio de impacto de vibración inducida (GBV) y ruido inducido (GBN) en interiores, para evaluación general de vibraciones.¹</i></p>						
Categoría de Uso de Suelo	GBV Niveles de Impacto (VdB ref: 1 μ pulg/seg)			GBN Niveles de Impacto (dBA ref: 20 μ Pascales)		
	Eventos Frecuentes	Eventos Ocasionales	Eventos Infrecuentes	Eventos Frecuentes	Eventos Ocasionales	Eventos Infrecuentes
Categoría 1: Edificaciones donde la vibración afectaría las operaciones interiores.	65 VdB*	65 VdB*	65 VdB*	N/A**	N/A**	N/A**

¹ Tabla traducida de la FTA N°0123:2018 para efectos del presente informe.



Categoría 2: Residencias y edificaciones donde la gente normalmente duerme.	72 VdB	75 VdB	80 VdB	35 dBA	38 dBA	43 dBA
Categoría 3: Terreno de uso institucional con operación primordialmente diurna.	75 VdB	78 VdB	83 VdB	40 dBA	43 dBA	48 dBA

* Este criterio límite está basado en niveles que son aceptables para la mayoría de los equipos moderadamente sensibles como microscopios ópticos. Para equipamiento que es más sensibles, se requiere una Análisis de Vibración Detallado.

** Equipamiento sensible a la vibración generalmente no es sensible al ruido inducido (groundborne noise); de todas formas, las especificaciones del fabricante deben ser revisadas para la sensibilidad acústicas y de vibración.

Con el objeto de determinar la categoría del suelo, se utilizan los criterios establecidos en Tabla 6-2 de la misma FTA N°0123:2018.

Tabla 6-2 Definiciones de frecuencia de eventos

Categoría	Definición	Tipos de proyecto típicos
Eventos frecuentes	Más de 70 al día	La mayoría del tránsito rápido.
Eventos ocasionales	30-70 eventos al día	La mayoría de las líneas troncales conmutadoras.
Eventos infrecuentes	Menos de 30 eventos al día	La mayoría de las ramificaciones de los trenes conmutadores.

Para efectos del presente informe, en consideración que los receptores se ubican en una zona principalmente residencial, se considera el criterio límite establecido para Categoría 2, eventos frecuentes.

Considerando 14 de RCA N°243/2014

Que, el titular del proyecto “Línea 3 – Etapa 2: Túneles, Estaciones, Talleres y Cocheras” deberá informar inmediatamente al Servicio de Evaluación Ambiental de la Región Metropolitana de Santiago, la ocurrencia de impactos ambientales no previstos en el Estudio de Impacto Ambiental, asumiendo acto seguido, las acciones necesarias para controlarlos y hacerse cargo de ellos.

Hechos:

i) Antecedentes Previos

En el marco de la sentencia rol C.S. N°18.814-2019 de la Corte Suprema, de fecha 08 de septiembre de 2020, que guarda relación con vibraciones, y los ruidos producidos de estas, emitidas por el paso de los trenes de Metro entre las estaciones Plaza Egaña y Fernando Castillo Velasco (en adelante, PZE y FCV respectivamente), esta Superintendencia del Medio Ambiente elaboró el Informe de Fiscalización Ambiental DFZ-2020-3692-XIII-NE, el cual concluyó, entre otras cosas, que los antecedentes provistos por el titular utilizaban criterios de proyección que no necesariamente representarían la condición más desfavorable de la emisión de ruidos, y que tampoco era posible establecer certezas ni la envergadura de la situación asociada al ruido transmitido por el suelo.



Cabe mencionar que, si bien el ruido inducido es un subproducto de las vibraciones mecánicas generadas por el paso de los trenes de metro, estos son dependientes de la estructura donde se produzcan, por lo que no existe una relación lineal entre las vibraciones y su ruido inducido. A su vez, resulta relevante señalar que los métodos de medición y evaluación son distintos para ambos casos, dado que se puede presentar molestia por los ruidos inducidos sin que necesariamente existan problemas asociados a la vibración.

A raíz de estas conclusiones, esta Superintendencia del Medio Ambiente realizó un requerimiento a Metro S.A, a través de Resolución Exenta N°483 del 08 de marzo de 2021, por medio de la cual se solicitó:

- I. Un cronograma para la realización de un estudio que incorpore un monitoreo de ruido transmitido por el suelo (Groundborne-Noise) según metodología y niveles de referencia establecidos en el capítulo 5 de guía FTA 0123:2018, en el sector ubicado entre las estaciones Plaza Egaña y estación Fernando Castillo Velasco, que permita caracterizar de mejor forma el comportamiento de dicho componente.
- II. El estudio tiene por objetivo obtener la mayor cantidad de datos que den cuenta del comportamiento de esta variable, en diferentes puntos del trazado, para diferentes condiciones de operación de la línea, tanto en horario punta, valle y bajo, y para diferentes niveles de carga.
- III. Desde el punto de vista técnico, las mediciones deberán considerar los siguientes elementos:
 - a) Por día de medición, deberán registrar ruidos emitidos por al menos 5 pasadas de tren, en cada uno de los horarios punta, valle y bajo.
 - b) Se deberá presentar un archivo .XLS, donde quede registrada cada medición, con el valor Nivel de Presión Sonora máximo (NPSmáx) ponderado en A; Nivel de Presión Sonora equivalente (NPSeq) ponderado en A; nivel por banda de 1/3 de octava entre los 20 y los 250 Hz, sin ponderar; además de la fecha, hora tiempo de integración y punto receptor respectivo.
 - c) Nivel de ruido de fondo en el sector, medido en el mismo punto del receptor evaluado, utilizando criterio de estabilización de NPSeq. A su vez, se debe definir el criterio para corrección por ruido de fondo.
 - d) En caso de efectuarse predicciones del ruido con base en ecuación 6-8 de FTA 0123:2018 (“Eq 6-8”, deberá presentar un anexo, el cálculo realizado para cada eje de vibración (este-oeste, norte-sur y arriba-abajo), señalando espectro de vibración en dBV en 1/3 de octava, entre los 20 y 250 Hz, espectro de vibración en A con sustracción de 5 dB, y espectro de ruido estimado en el mismo rango de frecuencias (20 a 250 Hz).}
 - e) Los resultados para la medición de ruido transmitido por el suelo se presentarán utilizando el formato de la siguiente tabla:

Receptor	Fecha	Hora	Tiempo de integración	NPSmáx (A)	NPSeq (A)	Ruido de fondo (A)	NPS a los 50 Hz	Resultado

Tabla 2: Formato de presentación de datos de ruido inducido por vibraciones, según lo indicado en R.E. SMA N°483/2021.

- f) Los resultados para la proyección de ruidos, utilizando ecuación 6-8 de FTA 0123:2018, se deberán presentar según la siguiente tabla:

Descripción	Frecuencia (Hz)											
	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160	200	250
Espectro de vibración eje vertical (dBV).												



Espectro de vibración de eje vertical ponderado en curva "A" (dBA), -5 dB. Eje vertical.														
Espectro GBN estimado según método FTA (dBA) eje vertical.														
Espectro de vibración eje este-oeste (dBV).														
Espectro GBN estimado según método FTA (dBA) eje este-oeste.														
Espectro de vibración eje norte-sur (dBV).														
Espectro de vibración de eje vertical ponderado en curva "A" (dBA), -5 dB. Eje norte-sur.														
Espectro GBN estimado según método FTA (dBA) eje norte-sur.														

Tabla 3: Formato de presentación de datos para la proyección de ruido a partir de vibraciones, según lo indicado en R.E. SMA N°483/2021.

IV. Luego de finalizado este estudio, el titular deberá entregar una propuesta de medidas a implementar, que se haga cargo de los efectos verificados con las mediciones.

Adicionalmente, se requirió al titular la mantención de las medidas reportadas a través de carta N° GG/427/2020, en respuesta a Resolución Exenta SMA N°1875/2020, las cuales corresponden a:

1. Reducción de velocidad
2. Seguimiento semanal de vibraciones
3. Implementar un monitoreo continuo de vibraciones
4. Control de geometría de rueda
5. Mantener la implementación Maniobra AD FCV
6. Relacionamiento Comunitario

Previo a la entrega de la respuesta al requerimiento de información, el titular presentó un documento de fecha 08 de marzo de 2021, el cual fue discutido en reuniones de fecha 10 de marzo de 2021 y fecha 25 de marzo de 2021, denominado "Consideraciones Medición Ruido Inducido (GBN) según FTA 2018" (ver Anexo 2). En este, se indica que se considerarían los siguientes criterios para las mediciones:

- Descriptor acústico: Considerando que la guía de la FTA 0123:2018 solo preceptúa que las mediciones deben ser ponderadas con curva A, el titular indica que complementará utilizando los criterios establecidos en la guía EPA (Australia) e ISO 14837:1, donde se opta por registrar el Nivel de Presión Sonora Máximo ponderado en A, y en respuesta Lenta. Ante esto, no existieron observaciones por parte de la SMA.
- Ruido de fondo: La FTA no menciona criterios de corrección por ruido de fondo para la medición "pass-by", por lo tanto, se opta por descartar las mediciones influenciadas por el ruido ambiente. Para determinar que mediciones se ven efectivamente influenciadas por fuentes externas, se analiza referencialmente



la envolvente en la frecuencia de 50 a 80 Hz, que corresponde al rango en donde predomina el tráfico ferroviario. Paralelamente, se registra y se escucha el audio respectivo a la pasada de tren en estudio, con el objeto de evidenciar la influencia de los ruidos del sector. Adicionalmente, se considera el criterio establecido en ISO 14837:31, esto es, si " $L_{pCSmax} - L_{pASmax} \geq 15 \text{ dB}$ " (o $NPS_{CSmax} - NPS_{ASmax}$), indicaría que el ruido es de baja frecuencia, y por lo tanto es asociable a ruido inducido y no a ruido aéreo. No existieron observaciones por parte de la SMA.

- Rango de frecuencias: Dado que la FTA no menciona un rango de frecuencias de interés para el cálculo de ruido, se utiliza el criterio establecido en la norma ISO 14837-1, este es, el rango de frecuencias de 16 a 250 Hz. Surge duda con respecto a si se considerará el nivel en la banda de frecuencia de mayor emisión (como se presentó en el informe previo al requerimiento) o se sumará el rango completo, aclarándose que es el rango completo el que se pondera, que lo anteriormente presentado contenía errores en este ámbito, y que en las próximas ocasiones se realizaría la suma energética de los niveles, lo que resultaría en un valor mayor al señalado anteriormente.
- Proyección de ruido GBN mediante niveles de vibración mecánica (GBV): Se propone utilizar la ecuación presente en guía en FTA, la cual extrapola los niveles medidos de vibración a niveles de ruido GBN, correspondiente a:

$$L_p (\text{Predicho}) = L_v (\text{Eje Vertical}) - \text{Ponderación A} - 5 \text{ dBA}$$

Ante esto, la SMA señala que la mayor emisión no siempre corresponde a aquella generada en el eje vertical, lo que se desarrolla con mayor profundidad en el siguiente punto.

- Mediciones en ejes distintos al vertical: En el marco de la predicción de ruidos con base en las mediciones de vibraciones, en reunión del 10 de marzo de 2021, el titular señala que la guía de la FTA propone ignorar las componentes transversales de vibraciones (eje norte-sur y eje este-oeste), ya que sería suficiente con medir en la dirección vertical, dado que este suele ser el componente dominante de vibración. Se refuerza el punto, señalando que en norma ISO 14837:31 se indica que las vibraciones deben ser llevadas a cabo en la dirección vertical, ya que probablemente esta es la dirección dominante, debido a la flexibilidad del piso. En cuanto a las componentes horizontales, señala que solo en algunos casos estas podrían ser dominantes, particularmente en pisos altos de edificios o en algunas estructuras de marcos de madera. Ante esto, la SMA pone reparos, dado que se han observado mediciones en que la componente horizontal ha sido la predominante. Posteriormente, en reunión de fecha 25 de marzo de 2021, Metro accede a proyectar el ruido a partir de mediciones de vibraciones sobre el eje transversal, y señala que tomara el mayor valor para la evaluación. Señalan que existen varias razones por las cuales pueden existir vibraciones que sean mayores en los ejes horizontales, entre estas, que la curva que toma el tren subterráneo genere emisiones en estos ejes, o que los transductores, al no ser anclados perfectamente en la plataforma, generen una emisión mayor por resonancia de estos.
- Concepto de evaluar la peor condición: Personal de la empresa consultora de Metro, Contador y Campos, señala que, según la teoría, la peor condición corresponde a aquella donde el ruido de fondo es menor, y, por ende, es más presente el ruido por el paso del tren. Argumentan que el ruido inducido no depende de la carga del tren, sino que de la suspendida (sistema ejes, rueda, frenos, entre otras partes del bogie) y del estado del contacto rueda – riel, que se controla con mantenimiento). La SMA no genera observaciones respecto a este punto, sin embargo, se refuerza que la evaluación deberá ser efectuada de todas maneras en horario valle, punta y bajo.

ii) Primera respuesta a Resolución Exenta N°483/2021

Se recibió carta SGMA N°010/2021 del 5 de abril de 2021, que da respuesta a Resolución Exenta N°483/2021 (Anexo 3), por medio de la cual el titular acompañó los siguientes documentos:



1. Plan de Acción Estudio de Ruido Inducido. Operación Línea 3. Tramo PZE-FCV: Documento de fecha 01 de abril de 2021, que corresponde al plan de acción para el desarrollo del estudio de ruido inducido (GBN) asociado a la etapa de operación de Línea 3, en la interestación Plaza Egaña (PZE) – Fernando Castillo Velasco (FCV). De este se observa que:
 - 1.1. Se definen 5 puntos receptores en esta interestación, con 1 receptor en el tramo Plaza Egaña – Calle Lynch y 4 receptores en el tramo calle Lynch – Fernando Castillo Velasco.
 - 1.2. Presenta cronograma para la ejecución del estudio, en formato carta Gantt, el cual se muestra en Tabla 4 a continuación, y que tiene como fecha de comienzo 29 de abril de 2021.

Hitos	Duración (días hábiles)	Semanas										
		S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11
Solicitud de acceso a viviendas o recintos	5	X										
Desarrollo mediciones en terreno	10		X	X								
Análisis de datos y postproceso de señales	25			X	X	X	X	X				
Generación de informe por consultor	15						X	X	X			
Revisión informe por Metro	10									X	X	
Entrega de resultados a SMA	1											X

Tabla 4: Tabla Gantt entregada a través de carta SGMA N°010/2021

- 1.3. Explican la metodología de medición a utilizar para registrar y evaluar los resultados:
 - Se utiliza como referencia el capítulo 5 de la guía de la FTA N°0123:2018.
 - Respecto a los aspectos que no son claros en la mencionada guía de la FTA, esto es, descriptor acústico, respuesta del instrumento de medición, rango de frecuencias, entre otros, se usa normativa internacional y complementaria, esto es: Criterio EPA Australia (2013), norma ISO 14837-1:2005 e ISO/TS 14837-31:2017.
 - Considera 5 circulaciones para cada tramo horario diurno, bajo, punta y valle; y 5 para cada tramo nocturno, bajo y fuera de horario.
 - Una vez se conozcan los resultados de las mediciones, se toman medidas acorde.
 - 1.4. Da cuenta del perfil del personal que deberá realizar las mediciones, lo cual no será analizado en el presente informe.
2. Protocolo de Medición Ruido Inducido y Postproceso de Señales – Circulación de Trenes Línea 3: Explica la metodología a desarrollar en el estudio de ruido solicitado.
 - 2.1. Explicita que se debe medir vibración y ruido a la vez.
 - 2.2. En cuanto a las consideraciones generales:
 - Los accesos a edificaciones o viviendas deben estar previamente coordinados por el mandante.
 - Se debe elegir el sector o habitación más susceptible al ruido inducido al interior, con base en lo indicado por el usuario o residente.



- Para la medición de ruido se debe instalar 1 sonómetro clase 1, debidamente calibrado, configurado con registro continuo cada 1 segundo, en 1/3 de octava. Se obtiene de este el NPS_{Aeq} , $NPS_{Amáx}$, ambos en respuesta rápida y lenta. $NPS_{máx}$ en C lento. Además, se registra el audio de la medición.
 - Para la medición de vibraciones se debe instalar acelerómetro (uniaxiales o triaxial) para registrar la velocidad en los ejes este-oeste, norte-sur y vertical. Complementan que las características con las que este instrumental debe contar deben ser:
 - Frecuencia de muestreo 1024 Hz.
 - Resolución de 24 bits.
 - Sensibilidad 1000 mV/g.
 - Frecuencia de muestreo 3200 Hz.
 - Rango frecuencias ruido inducido 16 Hz a 250 Hz.
 - Se evaluarán 15 circulaciones diurnas y 10 nocturnas.
 - Metro facilitará los registros de circulación de trenes para el tramo evaluado, en el horario de medición respectivo.
- 2.3. Consideraciones de montaje:** El sonómetro debe ir en un atril a 1,5 metros de altura aproximadamente, en ubicación definida en conjunto con el usuario, e incorporando pantalla anti viento.

- En caso de ser suelo de hormigón o cerámico, se debe adherir los acelerómetros a un cubo de acero de 50x50x50 mm, el cual se pega con cera de abeja o pasta de cera, evitando la interacción vibratoria del cable con el acelerómetro.

2.4. Medición directa ruido inducido sin influencia de ruido ambiente:

- Se analiza el registro completo de medición con el objeto de aislar las circulaciones de trenes por ambas vías en los horarios respectivos, y se escuchan los audios asociados para verificar que no existe influencia del ruido ambiente.
- Posteriormente, se grafica la variación en el tiempo del descriptor $L_{máx}$ (Lento).
- Se evalúa la variación relación $L_{Cmáx} - L_{Amáx} \geq 15$ dB, con ponderación Lenta, con el objeto de determinar si el ruido es predominante en baja frecuencia (según criterio ISO/TS 14837-31).
- Se cuantifica e indica el valor L_{Amax} en el momento de mayor valor asociado a la circulación del tren.
- Se cuantifican los otros descriptores presentes en la tabla de resultados.
- Se evalúa el descriptor L_{Amax} (Lento) respecto al criterio FTA para categoría 2 con eventos frecuentes (Esto es, un límite de 35 dBA, donde se producen molestias).

2.5. Predicción ruido inducido por influencia de ruido ambiente: En caso de que la medición sea afectada por el ruido ambiente, se efectúa predicción se los niveles utilizando la ecuación:

$$L_A \approx L_V + K_{A-wt} - 5$$

Posteriormente, se realiza la suma energética, con:

$$L_{Amáx} = 10 \text{Log}_{10} \left(\sum_i 10^{\frac{L_{Ai}}{10}} \right)$$



Donde:

L_{Ai} = Nivel de presión sonora con ponderación A (dBA) para la banda de tercio de octava i. La integración (sumatoria) se realiza hasta la banda de 250 Hz.

$L_{Am\acute{a}x}$ = Nivel de presión sonora máximo, con ponderación A y respuesta lenta (overall A-weighted sound level).

2.6. Criterios para determinar la influencia del ruido ambiente:

- Se debe identificar gráficamente la circulación de tren mediante los descriptores registrados entre los 50 y los 80 Hz. El nivel máximo alcanzado entre 50 y 80 Hz debe verse reflejado como valor máximo en el descriptor $NPS_{m\acute{a}x}$ (o $L_{m\acute{a}x}$).
- Se analizan los descriptores.
- Se escuchan los registros de audios correspondientes a las circulaciones seleccionadas.

2.7. Análisis de la señal de vibración mecánica:

- Se identifica la señal del tren “contaminada” en el eje triaxial, vibración versus tiempo. Se comprueba que los niveles corresponden a energía por circulación del tren, en el rango de 16 a 250 Hz.
- Se calcula la integral en el dominio del tiempo. Se aplica filtro pasaaltos de 0,5 Hz, para obtener así la velocidad vibratoria.
- Se calcula la ventana de velocidad RMS de 1 segundo, con referencia de 1 μ pulg/s, para visualizar la circulación del tren.
- Se identifica el instante de velocidad RMS 1 segundo por cada eje medido. En el momento de mayor velocidad RMS 1 segundo, se calcula el espectro de velocidad vibración en 1/3 de octava, sin ponderación alguna, indicando los niveles alcanzados en el espectro de 16 a 250 Hz.
- Se calcula el espectro de velocidad de vibración para cada eje ponderado en curva “A”, y se aplica una corrección por banda de -5 dB, para realizar la suma energética.
- Una vez estimado el nivel global, se compara el nivel global del eje de mayor valor, con el límite residencial para uso de suelo de Categoría 2 con eventos frecuentes, definido en guía de la FTA N°0123:2018 (35 dBA).

2.8. Presentación resultados: El valor resultante se presenta en tablas.

3. Dos informes de medición rectificadas, los cuales fueron entregados originalmente como respuesta a R.E. SMA N°235/2021, y analizados en el Informe de Fiscalización Ambiental DFZ-2020-3692-XIII-NE.

3.1. Presenta informe de medición para receptor ubicado en Av. Larraín N°6523, departamento N°203, piso 2, La Reina. De la revisión de este informe se puede señalar lo siguiente:

a) Antecedentes de medición:

- El punto de medición se ubica en Av. Larraín N°6523, depto. 203, La Reina. Exactamente en coordenadas WGS 84, Huso 19 sur, Norte: 6.297.404 m y Este: 354.753 m.
- El punto de medición se ubica a 25 metros perpendiculares del eje de la vía, aproximadamente en el PK 21+160, y se ubica en sector con amortiguación de 10 dB.
- Las mediciones se realizan los días 04 de febrero de 2021, de 18:00 a 22:00 horas, y 05 de febrero, de 07:00 a 10:00 horas para periodo diurno. Para periodo nocturno se mide el día 05 de febrero de 2021, de 05:00 a 07:00 horas.

b) Instrumental:

- 1 sonómetro NTI Audio, modelo XL2-TA, clase 1.
- 1 calibrador Larson Davis modelo CAL200.
- 3 sensores acelerómetros marca PCB, modelo 333B50 de 1000 mV/g de sensibilidad.



c) Metodología:

- La metodología de medición corresponde a aquella establecida en el “Protocolo de Medición Ruido Inducido y Postproceso de Señales”.

d) Resultados:

- Se presentan 23 mediciones en periodo diurno y 20 mediciones en periodo nocturno.
- Las mediciones realizadas a través de sonómetro, y que no fueron afectas al ruido de fondo, entregan resultados $NPS_{Am\acute{a}x}$ entre los 24,2 y los 33,4 dB(A) para periodo diurno, y entre 22,8 y 32,6 dB(A) para periodo nocturno.
- Para aquellas mediciones afectas al ruido de fondo, y que son proyectadas a partir de las mediciones de vibraciones, se obtienen valores entre los 24,7 dB(A) y los 29 dB(A) para periodo diurno, y entre 27,3 y 27,9 dB(A) para periodo nocturno.

3.2. Presenta informe de medición para receptor ubicado en Javiera Carrera Norte. De la revisión de este informe se puede señalar lo siguiente:

a) Antecedentes de medición:

- El punto de medición se ubica en calle Javiera Carrera Norte N°20A, La Reina. Exactamente en coordenadas WGS 84, Huso 19 sur, Norte: 6.297.412 m y Este: 354.344 m.
- El punto de medición se ubica a 40 metros perpendiculares del eje de la vía, aproximadamente en el PK 21+755, y se ubica en sector con amortiguación de 10 dB.
- Las mediciones diurnas se realizan el 04 de febrero de 2021, de 18:00 a 21:40 horas, y el 05 de febrero de 2021, de 07:00 a 09:30 horas. Las mediciones nocturnas se efectúan con fecha 05 de febrero de 2021, de 05:00 a 07:00 horas.

b) Instrumental:

- 1 sonómetro NTI Audio, modelo XL2-TA, clase 1.
- 1 calibrador Larson Davis modelo CAL200.
- 1 sensores acelerómetro marca PCB, modelo 393B04 de 1000 mV/g de sensibilidad.
- 2 sensores acelerómetros marca PCB, modelo 333B50 de 1000 mV/g de sensibilidad.

c) Metodología:

- La metodología de medición corresponde a aquella establecida en el “Protocolo de Medición Ruido Inducido y Postproceso de Señales”.

d) Resultados:

- Se presentan 25 mediciones en periodo diurno y 20 mediciones en periodo nocturno.
- Las mediciones realizadas a través de sonómetro, y que no fueron afectas al ruido de fondo, entregan resultados $NPS_{Am\acute{a}x}$ entre los 26,9 y los 32,8 dB(A) para periodo diurno, y entre 23,6 y 32,1 dB(A) para periodo nocturno.
- Para aquellas mediciones afectas al ruido de fondo, y que son proyectadas a partir de las mediciones de vibraciones, se obtienen valores entre los 27,5 dB(A) y los 33,4 dB(A) para periodo diurno, y entre 28,7 y 33,8 dB(A) para periodo nocturno.

Conclusiones respecto a la información analizada

De la información proporcionada por el titular, se concluye que no existe superación a los criterios establecidos para Categoría 2 para eventos frecuentes, de la guía FTA N°0123:2018. Sin embargo, se levantaron dos observaciones respecto a los resultados presentados:

1. Salvo la relación $LC_{m\acute{a}x}$ y $LA_{m\acute{a}x}$, se visualiza la necesidad de incorporar un análisis en frecuencia, que permita determinar en qué grado influye el ruido de fondo en la medición de ruido.
2. Los resultados de las proyecciones deben ser rectificadas a partir del valor de corrección K_{rad} de la formula Ecuación 6-6 de FTA N°0123:2018, factor que depende de la vivienda donde se ubica el receptor evaluado, de manera que este se ajuste al tipo de construcción desde donde se toman las mediciones.



Por lo tanto, con el objeto de tener mayor certeza respecto a los datos presentados, a través de la Resolución Exenta N°1272/2021 del 10 de junio de 2021, se requirió al titular la siguiente información:

- I. Análisis por frecuencia de los registros de ruido descartados por efectos de ruido de fondo, que justifiquen la decisión de utilizar un modelo de proyección por sobre los niveles obtenidos en medición con sonómetro.
- II. Determinación del factor de corrección Krad para las viviendas evaluadas, y cálculo de los niveles proyectados, utilizando este factor corregido.

iii) Respuesta Resolución Exenta N°1272/2021 del 10 de junio de 2021

Como respuesta a lo requerido a través de Resolución Exenta SMA N°1272/2021, el titular entregó la carta SGMA N°28/2021 de fecha 19 de julio de 2021 (ver Anexo 5), mediante la cual presenta nuevamente los informes de medición para receptores en Javiera Carrera Norte N°20A, La Reina; y en Av. Larraín N°6523, La Reina; con las rectificaciones solicitadas por esta SMA. Específicamente:

1. Correcciones Javiera Carrera Norte N°20A, La Reina
 - Se calcula que el valor de corrección Krad debe ser igual a 8,8 dBA, y no de 5 dBA.
 - Se invalidan las mismas mediciones por influencia del ruido de fondo.
 - Los valores proyectados a partir de vibraciones cambian debido a la corrección del factor Krad. Para periodo diurno, los niveles se proyectan entre los 23,7 y 29,6 dB(A); y para periodo nocturno, entre 25,0 y 29,7 dB(A). Menor al originalmente medido.
2. Correcciones Av. Larraín N°6523, La Reina.
 - Se calcula que el valor de corrección Krad debe ser igual a 9,1 dBA y no de 5 dBA.
 - Se invalidan las mismas mediciones por influencia del ruido de fondo.
 - Los valores obtenidos a partir de vibraciones cambian debido a la corrección del factor Krad. Para periodo diurno, los niveles se proyectan entre 20,6 y 24,9 dB(A); y para periodo nocturno entre 23,2 y 23,8 dB(A). Menor al originalmente medido.

A partir de estos datos, se concluye que no existe superación al criterio establecido para Categoría 2, eventos frecuentes, de la guía de la FTA 0123:2018, en los receptores presentados. Sin embargo, el titular aún debía presentar las mediciones requeridas en el estudio.

iv) Carta SGMA N°29 del 15 de julio de 2021

Con fecha 15 de julio de 2021, el titular Metro S.A. entregó la carta SGMA N°29/2021 (ver Anexo 6), donde solicita modificar el cronograma originalmente propuesto para entregar el estudio requerido por esta Superintendencia, que contaba con fecha inicial el 29 de abril de 2021, y presenta una nueva propuesta, que es aquella indicada en Tabla 5, y que tiene como nueva fecha inicial el día 15 de junio de 2021.

Hitos	Duración (días hábiles)	Semanas																			
		Junio			Julio				Agosto				Septiembre				Octubre				
		S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18	S19	S20
Análisis de otras variables influyentes	50	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X										



Implementación y desarrollo pruebas adicionales a sistema	45		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X										
Análisis de datos y postproceso de señales	25								X	X	X	X	X									
Desarrollo nuevas mediciones en terreno	15												X	X	X							
Análisis de datos y postproceso de señales	20													X	X	X	X					
Generación de informe por consultor	15															X	X	X				
Revisión informe por Metro	5																				X	
Entrega de resultados a SMA	1																					X

Tabla 5: Carta Gantt nuevo cronograma Metro

Metro señala en esta carta que en reunión de fecha 14 de abril de 2021 se aclaró a Metro que la finalidad de lo solicitado por medio de R.E. SMA N°483/2021 es un estudio integral del sector afectado, y no solo un monitoreo de ruido inducido por vibraciones (GBN).

Complementa con que Metro se encuentra desarrollando pruebas para la Línea 3, respecto al funcionamiento del sistema de control de vibraciones implementado, con maquetas 1:1 en talleres y cocheres Línea 3, y que las pruebas acabarían a mediados de agosto.

Señalan que, producto de la pandemia, no se han podido realizar ciertas actividades, y otras se han dificultado, como las pruebas en túneles con apoyo de consultor especializado y aquellas que implican el ingreso a viviendas particulares. A su vez, existen restricciones presupuestarias por la baja de pasajeros.

La SMA respondió al titular a través de Oficio N°2771 del 27 de julio de 2021, en donde aclara que debe ser este quien maneje los plazos, e informe a esta autoridad en la medida que estos se requieran modificar.

v) Segunda respuesta a Resolución Exenta N°483/2021

El titular envía una segunda respuesta a lo solicitado en Resolución Exenta N°483/2021, referente al estudio de vibraciones y ruidos en el sector ubicado entre estaciones PZE y FCV, a través de Carta SGMA N°39/2021 de fecha 05 de noviembre de 2021 (ver Anexo 8). En esta, indica que:

1. Respecto a la solicitud de mantener las medidas de control informadas en carta N°GG/427/2020 del 30 de septiembre de 2020, Metro responde que las medidas que mantienen vigentes son: Reducción de velocidad, seguimiento semanal de vibraciones, control de geometría de rueda, mantención de la implementación maniobra AD FCV y relacionamiento comunitario.
2. Señalan que la medida de monitoreo continuo de vibraciones no fue comprometida en carta N°GG/427/2020, y que se considera innecesaria, dado que se cumple mediante la implementación del seguimiento semanal de vibraciones que Metro S.A. realiza entre Plaza Egaña y Fernando Castillo Velasco, desde abril de 2019. Que dicha medida se relaciona con un conjunto activo de acciones de mantenimiento de control de geometría de ruedas.
3. Señala que se requeriría un receptor donde medir, y que ellos no cuentan con un edificio para ello. Que los vecinos han presentado dificultades para permitir el acceso, y que se requiere de electricidad permanente. Esto último no se considera un impedimento para realizar las mediciones, ya que se puede utilizar una fuente de energía externa a la red.
4. Indican que Metro permanentemente tiene disposición para adoptar medidas para el control de vibraciones, detallando las respuestas que han dado a la fecha:



- 4.1. Respuesta a R.E. SMA N°46/2019, con fecha 28 de enero de 2019.
- 4.2. Respuesta a R.E. SMA N°1875/2020, sobre medición de transferencia de movilidad. Cabe mencionar que esta es una medición comprometida en la RCA, y que Metro no había implementado hasta que fue solicitado por la SMA.
- 4.3. Respuesta a R.E. SMA N°235/2021, carta SGMA/03/2021 del 17 de febrero de 2021, sobre medición de ruido.
- 4.4. Respuesta a R.E. SMA N°483/2021, que solicita estudio de vibraciones.
- 4.5. Respuesta a R.E. SMA N°857/2021, que solicita medición a tramo entre estaciones Monseñor Eyzaguirre e Irarrázaval.
- 4.6. Respuesta a R.E. SMA N°1272 y N°1273/2021, que solicita corregir el factor Krad.
5. Que se han realizado 6 requerimientos sobre las nuevas líneas.
6. Señalan que Metro ha tomado medidas adicionales, como:
 - a) Campañas de medición de vibraciones (asociadas a los 6 y 18 primeros meses de iniciada la operación de Línea 3), que arrojan resultados positivos.
 - b) Se han reducido los niveles vibratorios.
 - c) Han reducido los reclamos, presentándose 3 con relación a la línea 3, en comparación con los 9 reclamos en 2020 y los 328 reclamos en 2019.
7. Indican que se mantendrán las medidas de control.
8. Metro se compromete a realizar un informe anual que incluya la información relevante respecto a las medidas establecidas en GG/427/2020 del 30 de septiembre de 2020, esto es: Reducción de velocidad, seguimiento semanal de vibraciones, control de geometría de rueda, implementación maniobra AD FCV, y relacionamiento comunitario. Este se realizaría el primer mes del año siguiente a la ejecución de las medidas, empezando en enero de 2022.
9. Presentan el documento estudio para el tramo en cuestión, el cual cuenta con las características de vibraciones y ruido inducido. Además, reúne las mediciones de ruido inducido. Este es analizado a continuación.

Estudio Ruido Inducido, de fecha 04 de noviembre de 2021

1. Antecedentes normativos

El titular presenta las normas que utiliza para evaluar las vibraciones y el ruido inducido por estas, tanto aquellas que definen la metodología y límites, como aquellas que complementan estas, con el objeto de una medición más precisa.

1.1. Normativa de vibración mecánica, ISO 2631-2:89, que corresponde a la normativa a cumplir comprometida en la RCA N°243/2014. Se toman las siguientes consideraciones:

- Se mide un total de 20 pasadas a velocidad comercial, en horario diurno y nocturno.
- Se registra el valor RMS integrado en 10 segundos, con referencia de $1 \mu\text{m/s}^2$, convirtiendo el resultado en dBa (dB aceleración).
- El valor final es multiplicado por un factor de 1,4 para todos los puntos, correspondiente a la corrección para receptores tipo residencial en periodo nocturno.
- El límite es definido por curva base establecida en ISO 2631-2.

1.2. Normativa ruido inducido por vibraciones, FTA Report N°0123:2018. Para la medición de esta norma, se toman las consideraciones mencionadas anteriormente, en los puntos i), ii) y iii) del presente informe.

1.3. Normativa complementaria para ruido inducido por vibraciones, correspondientes a norma EPA-Australia (2013), EPA-Australia (2013), Guía general ISO 14837-1 y Guía General ISO/TS 14837-1, con criterios que se mencionan en el punto i) del presente informe.

2. Parámetros asociados a la fuente



2.1. Situación operacional.

- Los trenes circulan a una velocidad de 45 km/h en todo horario, por ambas vías.
- A la fecha de elaboración del documento, y dada la situación por pandemia por COVID-19, existe cierre anticipado de las operaciones de Metro a las 21:00 horas.

2.2. Independencia del nivel vibratorio producto de la carga del tren: El ruido inducido no depende de la carga del tren, sino de la masa no suspendida (ejes y ruedas del "bogie"), y del estado del contacto rueda-riel, debido a las 2 suspensiones que cuenta el material rodante. Por ende, se espera una radiación similar en cualquier hora del día (más detalles en Anexo 8).

2.3. Niveles de vibración generados por los trenes en superficie.

- Desde la semana 17 del 2019 se realiza seguimiento semanal en el tramo PZE-FCV, con el objeto de para verificar el estado rueda-riel y que se tomen medidas correctivas si amerita.
- Presenta gráfico desde semana 17 del año 2019, a la semana 40 del año 2021, donde se observa una disminución de las vibraciones.
- Los niveles de aceleración mecánica fluctúan entre los 65 y los 87 dB(a) en el eje vertical, mientras que, para el año 2021, varían entre 60 y 75 dB(a) para el mismo eje, valores que son comparados con ISO 2631-2.

3. Parámetros asociados al medio de transmisión

3.1. Sistema de fijación de vías.

Los tramos de la vía cuentan con las siguientes características:

- Vías paralelas con trochas 1435 mm
- Inclinación riel 1/20
- Riel UIC 60
- Distanciamiento sillas entre sí por 90 cm en vía recta y 65 cm en clotoides y curvas.
- Torque de apriete de silla 250 +/- 50 Nm

El sistema de control de vibraciones ferroviarias implementado en la superestructura de vías de Línea 3 del Metro de Santiago:

- Sistema control tipo -10 dB
- Fijación riel marca Railtech modelo SEE-SD, que cuenta con pad suave (soft rail pad) para la base del riel, de 12 mm de espesor del tipo estriado (studded), ubicado a lo largo de toda la vía que alcanza un grado de mitigación del tipo -10 dB.
- Rigidez de los PAD 38 KN/mm, ubicado entre los PK 20+260 y 20+550 y entre 20+650 a 21+972.
- Sistema control tipo -20 dB
- Manta bajo la losa de vías más el subsistema vía-silla anterior, formando una losa flotante que abarca a ambas vías existentes, sin discontinuidades, retornando por la canaleta de cable, con base en manta de la marca Pandrol CDM Track modelo FSM-L13 (Floating Slab Mats). La manta se implementó en 2 capas de 30 mm cada una, con densidad de 710 Kg/m³ y peso de 15,6 Kg/m². El pad para la base del riel en esta zona es de 9 mm de espesor, del tipo ranurado (grooved) y tiene mayor dureza (hard rail pad) para compensar la deflexión máxima de la vía por seguridad. Ambos sistemas en conjunto alcanzan un grado de mitigación del tipo -20 dB.
- La rigidez de los PAD de 150 KN/mm, los cuales se ubican entre los PK 20+550 a 20+650 (Ilustración 1)



3.2. Aislamiento vibratorio del sistema de manta

- El 07 de octubre de 2020 se desarrolló ensayo de transmisibilidad en vías y pérdidas por transmisión entre riel y losa en el PK 20+260 Línea 3 entre PZE-FCV. Cabe mencionar que este ensayo se llevó a cabo a raíz de solicitud formulada por esta Superintendencia a través de Resolución Exenta SMA N°1875/2020, dado que esta medida, comprometida originalmente la RCA que aprueba el proyecto, no se había cumplido en la fecha agendada.
- El valor obtenido de TL (pérdida por transmisión o Transmission Loss) oscila entre los 53 a 57 dB.
- La frecuencia de desacoplamiento f_0 se obtuvo para la vía 1 en 27 Hz y para la vía 2 en 32 Hz, que corresponde al sistema losa flotante/pad caucho.
- Se estiman los valores de pérdida por IL (pérdida por inserción o Insertion Loss) a partir de un modelo simple de masa, más la consideración de una masa no suspendida, calibrada a partir de las curvas de admitancia del sistema. De los resultados, se observa que el valor de la banda ferroviaria de 63 Hz alcanza 27 dB de atenuación IL.

3.3. Transmisibilidad túnel-exterior

- Se realizan mediciones simultáneas y sincronizadas de transmisibilidad túnel – exterior, con sensores de vibración ubicados en el riel de la vía 1, losa de vías y muro de túnel, considerando la circulación de trenes de excitación.
- La ubicación de las mediciones se realizó en el pk 21+400 del tramo Plaza Egaña – Fernando Castillo Velasco.
- En superficie, la ubicación de la medición corresponde a Larraín N°6323, esquina Julio Montebruno, a 14,4 metros horizontales del eje del túnel y a 19 metros de profundidad en diferencia de cotas (cota de riel/cota de superficie) (Ver Ilustración 2).

3.3.1. Metodología de medición transmisibilidad túnel – exterior.

- Consta de la instalación de tres acelerómetros, uno de baja sensibilidad 10 mV/g en la parte baja del riel de acero, un segundo acelerómetro de 100 mV/g en los rieles de la vía 1, y el tercer acelerómetro de 1000 mV/g se ancla en el muro del túnel a 1,5 m de altura, adherido magnéticamente a un soporte de acero macizo pre anclado al muro con adhesivo de cemento epóxico (ver Ilustración 3).
- Esta medición permite cuantificar y analizar los datos para obtener curvas en exterior (dirección horizontal y vertical), riel, losa y muro de túnel.
- Presenta los gráficos de curvas espectrales de velocidad vibratoria para señales superficiales horizontales, superficiales verticales, muro de túnel (horizontal), señal de losa en vías y señal de vía 1, para 23 pasadas de tren. De estos, se observa que la mayor emisión de vibraciones se produce alrededor de los 50 Hz y 63 Hz.
- Del análisis de la señal de vía 1, se observan las frecuencias de desacoplamiento modal. Existe una entre los 53 y los 67 Hz, que identifica el sistema de rieles y soporte con la masa no suspendida del tren oscilando, y el sistema de silla cargado por la masa del tren que se desplaza. En el mismo gráfico están los valores espectrales para el paso del tren por vía 2, y este representa la respuesta del riel de la vía 1 para el paso de un tren por la otra vía, y la vibración de la losa de sistema. En este caso, se observan las frecuencias de desacoplamiento de un riel vacío sin carga, que se reflejan en la frecuencia de 200 Hz, y la alta transmisibilidad desde la vía 2 con carga (53 a 63 Hz).

3.3.2. Cálculo TL

- Se realiza sustrayendo directamente el VdB entre la medición en la fuente (ya sea riel, la losa de sistema o el muro del túnel) y las mediciones de campo lejano en superficie en exterior.
- Del análisis de los gráficos obtenidos, se puede señalar lo indicado en las siguientes Tabla 6, Tabla 7 y Tabla 8. Se aclara que el menor valor de TL corresponde a la frecuencia en que el sistema es menos eficiente en cuanto a la atenuación de los ruidos.

Entre muro de túnel y superficie



Horizontal	Vertical
Global: El menor valor de TL es -8,5 dB en 20 Hz.	Global: El menor valor de TL es -11,5 dB en 20 Hz.
En las frecuencias de interés los valores son: 5,6 dB en 50 Hz 8,6 dB en 63 Hz 9,6 dB en 80 Hz	En las frecuencias de interés los valores son: 2,2 dB en 50 Hz 3,0 dB en 63 Hz 1,6 dB en 80 Hz

Tabla 6

Entre losa de sistemas y superficie	
Horizontal	Vertical
Global: El menor valor de TL es de 2,6 dB en 20 Hz.	Global: El menor valor de TL es de -0,5 dB en 20 Hz.
En las frecuencias de interés los valores son: 16,1 dB en 50 Hz 18,4 dB en 63 Hz 19,9 dB en 80 Hz	En las frecuencias de interés los valores son: 12,6 dB en 50 Hz 12,8 dB en 63 Hz 11,8 dB en 80 Hz

Tabla 7

Entre riel y superficie	
Horizontal	Vertical
Global: El menor valor de TL es de 29,7 dB en 20 Hz.	Global: El menor valor de TL es de 27,2 dB en 25 Hz.
En las frecuencias de interés los valores son: 40,3 dB en 50 Hz 45,8 dB en 63 Hz 46,1 dB en 80 Hz	En las frecuencias de interés los valores son: 36,0 dB en 50 Hz 39,1 dB en 63 Hz 37,9 dB en 80 Hz

Tabla 8

- A partir de las curvas promedio de TL, se concluye que existe aislación entre los muros del túnel y la superficie de 8,6 dB en la componente vertical, valor que tiene relación con el tipo de la zona de pie de monte con alto sedimento blando.
- Al mismo tiempo, el TL entre la losa de sistema del túnel y su componente vertical aumenta a 18,5 dB, lo que muestra un desacoplamiento estructural de esta losa del muro del túnel, con un incremento de TL de 9,9 dB respecto del muro de túnel, y un valor general de 19 dB para las bandas entre 63 a 80 Hz.
- Si se considera el sistema completo, el TL entre riel y la superficie es de 45,8 dB cuando el sistema está cargado por el paso del tren.

3.4. Forma y profundidad de túnel

- Presentan plano con secciones de bóveda (entre Plaza Egaña y Lynch norte) y contra bóveda (entre Lynch Norte y Loreley), además de plano de perfil con las profundidades (ver esta última imagen en Ilustración 4). De este último plano, se observa la existencia de una pendiente ascendente hasta FCV, con la estación Plaza Egaña a 30,4 m de profundidad, mientras que la estación Fernando Castillo Velasco se encuentra a 21,6 m.



- Se correlaciona que la zona de contrabóveda y pendiente es un factor que favorece la transmisión de vibraciones. Esto implica que la zona entre Lynch Norte y Loreley, al encontrarse sobre una zona de contraboveda y con el túnel de metro a menor profundidad, se encontraría en una peor condición en cuanto al ruido inducido. Por otra parte, se indica que las mediciones ejecutadas en Javiera Carrera 20A, La Reina, se realizan en zona de bóveda, según el mapa presentado (ver Ilustración 5), por lo que no representaría la peor condición.

4. Parámetros asociados a la recepción

4.1. Tipos edificaciones en el tramo

- Las edificaciones son del tipo colectiva y de albañilería y hormigón, a una distancia de 20 metros del eje del túnel aproximadamente. Algunas viviendas presentan segundos pisos, con ampliaciones de material ligero.
- No se visualiza presencia de subterráneos, estando estos en el primero piso de los recintos.

4.2. Ampliación o atenuación de viviendas

- El procedimiento establecido en la RCA N°243/2014 considera el registro simultáneo al interior y exterior del recinto evaluado, por lo que es posible determinar si la vivienda amplifica o atenúa niveles vibratorios, generado por una circulación de tren.
- Los acelerómetros instalados en exterior son adheridos mediante imanes a una estaca de acero enterrada en la tierra, para evitar resonancia de la estaca.
- Para mediciones interiores, los acelerómetros son adheridos mediante imanes a un cubo de acero, la que a su vez será adherida al piso mediante uso de adhesivo epóxico o cera de abeja.
- Se muestran los resultados para receptor ubicado en Javiera Carrera 20A, 1er piso, oficina A, La Reina, concluyéndose que existe amplificación leve al interior del recinto, que se concentra en el rango de frecuencias de 1 Hz a 1,6 Hz, de 8 Hz a 16 Hz, y de 31,5 Hz a 80 Hz, principalmente en el eje vertical

5. Resultados mediciones en terreno

5.1. Análisis de resultados vibraciones mecánicas según ISO 2631-2:1989

- Se presentan los valores obtenidos para 20 circulaciones de trenes para horario diurno y nocturno, en un (1) receptor entre estaciones PZE- FCV, ubicado en Javiera Carrera Norte N°20A, con fecha 18 de mayo de 2021, con metro operando a velocidad comercial.
- Los resultados se reflejan en curvas espectrales de vibración para los ejes E-O, N-S y vertical, y en espectro para el promedio energético de todas las pasadas de tren registradas en ambos horarios.
- En ningún espectro individual, y por consiguiente tampoco en el promedio energético, se constata superación al límite.
- En periodo diurno se observa que la mayor emisión ocurre en el eje vertical, a los 50 Hz. No obstante, el mayor valor alcanzado es 16,4 dB menor al nivel permitido. Asimismo, para los valores promedio, el mayor nivel ocurre igualmente a los 50 Hz en el eje vertical, con un valor igual a 73,3 dBV, lo que es 19,5 dB menor al límite permitido.
- En el mismo sentido, en periodo nocturno la mayor emisión ocurre en el eje vertical, a los 50 Hz, con un valor que es 14,6 dB menor al nivel máximo permitido. Respecto a los valores promedio, el mayor nivel es igual a 74,0 dBV a los 50 Hz en el eje vertical, lo que es 18,8 dB menor al límite permitido.
- Con base en los resultados, no existe superación el límite establecido en ISO 2631-2:1989.

5.2. Análisis de resultados ruido inducido según FTA Report N°0123-2018

- Se realiza medición el 18 de mayo de 2021, misma fecha que para medición de vibraciones según ISO 2631-2:1989.



- El instrumental utilizado corresponde a:
 - Acelerómetro PCB, modelo 393B04, N° de serie 40870, calibrado el 18 de enero de 2021.
 - Acelerómetro PCB, modelo 333B50, N° de serie LW49529, calibrado el 18 de enero de 2021.
 - Acelerómetro PCB, modelo 333B50, N° de serie LW49530, calibrado el 29 de enero de 2021.
 - Acelerómetro PCB, modelo 333B50, N° de serie LW62197, calibrado el 29 de enero de 2021.
 - Acelerómetro PCB, modelo 333B50, N° de serie LW62198, calibrado el 18 de enero de 2021.
 - Acelerómetro PCB, modelo 333B50, N° de serie LW64466, calibrado el 29 de enero de 2021.
 - Sonómetro NTI Audio, modelo XL2-TA, N° de serie A2A-13727-E0, calibrado el 05 de diciembre de 2019.
 - Calibrador Larson Davis, modelo CAL200, N° de serie 11831, calibrado el 11 de diciembre de 2019.
- Presentan tabla con los valores obtenidos según número de circulación, en donde se indica la vía de circulación, en ID de tren, $NPS_{Aeq} (L_{Aeq})$ 1 seg, $NPS_{Amáx} (L_{Amáx})$, $NPS_{Cmáx} (L_{Cmáx})$ en Lento. Luego, la diferencia entre $L_{Cmáx} - L_{Amáx}$ determina si el nivel registrado es influenciado por el ruido ambiente.
- Para período diurno, los niveles $NPS_{máx}$ obtenidos a partir de medición con sonómetro fluctúan entre los 30,6 y 33,7 dBA. En cuanto a los niveles calculados a partir de mediciones de las vibraciones RMS de 1 segundo, se indica que los mayores valores se encuentran en el eje vertical, proyectándose niveles entre los 24,3 y los 31,5 dBA. Por lo tanto, no superan el criterio establecido por la FTA, para uso de suelo de Categoría 2 con eventos frecuentes.
- Por su parte, para período nocturno, los niveles medidos con sonómetro se encuentran entre los 24,2 y los 31,2 dBA. Los niveles calculados a partir de mediciones de vibraciones RMS de 1 segundo, presentan los mayores valores en el eje vertical, proyectándose niveles entre los 26 y los 30,5 dBA. Se concluye entonces que no existe superación al límite establecido por la FTA, para uso de suelo de Categoría 2 con eventos frecuentes.

Observaciones adicionales

Respecto de estas mediciones, se debe indicar que el número de muestras incluye únicamente 1 receptor de los 5 comprometidos en carta SGMA N°10/2021, y que la medición se efectúa sobre sector de bóveda, el cual representa una condición de menor emisión respecto a la zona de contraboveda. Por lo tanto, se indica que esta medición no entrega información adicional relevante, que dé cuenta sobre el funcionamiento de la actividad ni de sus emisiones. En dicho sentido, no se justifica el tiempo adicional requerido por el titular, dado que las únicas mediciones adicionales son aquellas realizadas el 18 de mayo de 2021, y que el estudio no complementa con información que explique el problema de vibraciones percibido y denunciado por vecinos del sector. Sin perjuicio de lo anterior, en vista que el titular propone entregar un informe anual durante el mes de enero, se opta por esperar la información presente en este previo requerir nuevos antecedentes.

vi) Tercera respuesta a Resolución Exenta N°483/2021

A través de carta SGMA N°14 del 27 de enero de 2022 (ver Anexo 9), el titular envía información en el marco del compromiso consignado en su carta N°39 del 05 de noviembre de 2021. En esta carta, se indica que:

- Las medidas de control implementadas en el tramo PZE-FCV, corresponden a reducción de velocidad, seguimiento semanal de vibraciones, control de geometría de rueda y relacionamiento comunitario.
- Adjuntan informe gestión vibraciones – Op. Línea 3 – Año 2021, el que se analiza a continuación.

Informe de Gestión de Vibraciones – Operación Línea 3 – Año 2021.



1. Este informe da cuenta de las medidas de control comprometidas a por Metro para principios del año 2022. Según reporta, estas corresponden a las siguientes:
 - 1.1. Reducción de velocidad
 - Se tiene un tope de velocidad en 45 km/h, programado en el sistema de pilotaje de los trenes, aplicado entre las estaciones PZE y FCV. Esta restricción operativa desde el año 2021, durante las 24 horas del día, verificada desde el Centro de Control de Línea Automáticas (CCO).
 - 1.2. Seguimiento semanal de vibraciones
 - Se realiza monitoreo en un solo punto.
 - Se inicia el día 22 de abril de 2019 en el PK 20+760, en acera de calle Javiera Carrera Norte. Durante la semana 32 del año 2021 (13 de agosto), por motivos de seguridad, se trasladó el punto al PK 20+990 al interior del pique de ventilación forzada Lynch, donde se mantiene a la fecha.
 - Se presenta gráfico donde se constata un aumento de los valores respecto al inicio del año 2021. El titular aclara que se observa una mayor dispersión de datos debido al traslado del punto de medición. En ese sentido, se indica que la presentación de los datos obtenidos en un único gráfico llama a la confusión, ya que se presume que existe un aumento en los niveles, y por lo tanto, se indica que este gráfico debería comenzar de 0 al cambiar de punto de evaluación.
 - 1.3. Control de geometría de rueda
 - Se ejecuta un plan de mantenimiento, con base en tabla que indica cuando se deben realizar correcciones.

Criterios Niveles de vibración (dBa) en superficie (eje vertical)		Acción de Mantenimiento
Nivel bajo	La <= 72 dBa	Ninguna
Nivel moderado	72 dBA < La <= 80 dBa	Monitoreo del tren
Nivel alto	La > 80 dBa	Reperfilado de ruedas

- Presentan en Tabla 2 del documento, el monitoreo del tren mediante mediciones con equipo calipri durante el año 2021 para la flota de trenes de Línea 3. A su vez, en Tabla 3 del mismo documento, se presentan las acciones de reperfilado de trenes para la Línea 3, durante el año 2021.
- 1.4. Implementación maniobra antes de antes (AD) en estación FCV.
 - Consiste en el cambio de vía por la que circula el tren, entre la estación PZE y FCV.
 - Evita la necesidad de utilizar la cola de maniobras, eliminando la vibración durante estos periodos en este tramo, y permitiendo, a su vez, controlar el cruce de trenes en la interestación, reduciendo el nivel de vibración, ya que no se duplica la fuente vibratoria.
 - La maniobra se aplica de lunes a viernes, desde inicio de la operación hasta las 6:15 horas, luego desde las 10:00 a las 17:00 horas, y finalmente desde las 20:15 horas hasta el término de la operación, incluyendo cualquier maniobra nocturna. Los días sábado, domingo y festivos, esta maniobra se realiza durante todo el periodo de operación, incluyendo las maniobras nocturnas.
 - Esta medida inició el día 18 de febrero de 2020, y se mantiene vigente en la actualidad.
 - 1.5. Relacionamiento comunitario
 - Indican que durante el año 2021 han recibido una cantidad de tres (3) reclamos por Línea 3, uno (1) en la comuna de Ñuñoa, específicamente en calle Seminario N°1030, y dos en la comuna de Independencia, y que estos fueron gestionados por Metro.

Al respecto, del análisis de la documentación entregada, se concluye que no existen antecedentes adicionales respecto al ruido inducido, y se observa que Metro no reportó las mediciones comprometidas en su carta SGMA N°010/2021, por lo que fue necesario formular un nuevo requerimiento de información por medio de Resolución Exenta N°493/2022, en donde se requirió al titular entregar lo requerido en Resolución Exenta N°493 del 30 de marzo de 2022.



vii) Respuesta a Resolución Exenta N°493/2022

Como respuesta a lo requerido, el titular ingresó carta N°36 del 29 de abril de 2022 (ver Anexo 11), en la cual reitera que la guía FTA 0123:2018 no es una normativa ambiental aplicable al proyecto, así como tampoco es una exigencia o condición establecida en la RCA N°243/2014, y con respecto a las mediciones en los receptores definidos en la carta SGMA N°010/2021, estas no pudieron ser realizadas de manera representativa dentro de los plazos otorgados, principalmente por la falta de autorización de los vecinos. Señalan que, debido a que la solicitud implica nuevas acciones, más que información existente y exigida dentro del proceso de evaluación ambiental, y solicitan un aumento de plazo por un máximo de 60 días hábiles. Dicha solicitud fue rechazada por esta SMA, otorgándose, en cambio, 20 días hábiles adicionales para entregar lo solicitado en la Resolución Exenta N°493/2022.

Consecuentemente, se recibió la información requerida mediante carta N°45 del 17 de junio de 2022 (ver Anexo 13). En esta, se indica que:

- a. El día 10 de junio de 2022 fue concluido el trabajo en terreno relativo al desarrollo de mediciones de ruido inducido para el tramo PZE-FCV. Se hizo entrega de la versión final 17 de junio de 2022.
 - b. Se incorporan los informes, los cuales son analizados más adelante, en el presente informe:
 - Evaluación de Ruido Inducido según FTA 0123-2018 – Receptor ubicado en Almirante Gómez Carreño N°37, La Reina.
 - Evaluación de Ruido Inducido según FTA 0123-2018 – Receptor ubicado en San Lorenzo N°29, La Reina.
 - Evaluación de Ruido Inducido según FTA 0123-2018 – Receptor ubicado en Julio Montebruno N°25, La Reina.
 - Evaluación de Ruido Inducido según FTA 0123-2018 – Receptor ubicado en Loreley N°17, La Reina.
 - c. Reiteran que la guía FTA N°0123:2018 no es normativa ambiental aplicable al Proyecto.
 - d. A su vez, señalan que no es posible aplicar la norma de referencia requerida, dado que **“la ingeniería estructural y de sistemas de origen del proyecto Línea 3, Etapa 2, no fue desarrollada atendiendo la necesidad de dar cumplimiento a la guía FTA 0123:2018, cuestión que imposibilita técnicamente hoy su plena observancia”**.
 - e. Que Metro a seguido implementando las medidas de control de vibraciones.
 - f. Metro se encuentra evaluando la implementación de medidas adicionales. En concreto, se diseña actualmente una medida de gestión operacional que permitiría reducir el paso de los trenes aproximadamente a la mitad en el tramo PZE-FCV mediante un “bucle”, y que adicionalmente evitará el cruce de trenes en el sector. La medida se aplicará cuando su diseño entregue certeza y garantice que no se comprometerá la operación de la línea, manteniendo la viabilidad y seguridad del servicio.
1. Se revisaron los documentos adjuntos, correspondientes a las mediciones realizadas por el titular, de cuyo análisis se puede mencionar que:
 - 1.1 Evaluación de ruido inducido según FTA N°0123-2018, Receptor ubicado en Almirante Gómez Carreño N°37, La Reina.
 - a) Antecedentes de medición:
 - Punto de medición ubicado en Almirante Gómez Carreño N°37, La Reina. Exactamente en coordenadas WGS 84, Huso 19 sur, Norte: 6.297.479 m y Este: 354.738 m. Corresponde a una vivienda de 2 pisos.
 - El punto de medición se ubica a 4,7 m perpendiculares del eje de la vía, aproximadamente en el PK 21+150 por el costado norte, y se encuentra en el sector de amortiguación de 10 dB.
 - Las mediciones en periodo diurno se realizan los días 02 de junio de 2022, de 12:00 a 15:45 horas y de 20:50 a 21:55 horas; y 03 de junio de 2022, de 07:40 a 08:25 horas. Para periodo nocturno se mide el día 03 de junio de 2022, de 05:25 a 06:55 horas.



-
- b) Instrumental
 - 1 sonómetro marca NTI Audio modelo XT2-TA, clase 1.
 - 1 calibrador acústico Larson Davis modelo CAL 200.
 - 3 acelerómetros marca PCB, modelo 333B50 de 1000 mV/g de sensibilidad.
- c) Metodología
 - La metodología de medición corresponde a aquella establecida en el “Protocolo de Medición Ruido Inducido y Postproceso de Señales”.
 - Se presentan 25 mediciones en periodo diurno y 20 mediciones en periodo nocturno.
 - Se observa que se instala el equipo de medición en un costado de la habitación, no en el centro, por lo que los niveles medidos pueden ser subestimados.
- d) Resultados
 - Las mediciones realizadas a través de sonómetro, y que no fueron afectas al ruido de fondo, entregan resultados $NPS_{Amáx}$ entre los 32,7 y los 38,6 dB(A) para periodo diurno, y entre 31 y 37,8 dB(A) para periodo nocturno.
 - Para aquellas mediciones afectas al ruido de fondo, y que son proyectadas a partir de las mediciones de vibraciones, se obtienen valores entre los 31,8 dB(A) y los 39,4 dB(A) para periodo diurno, mientras que en periodo nocturno no se proyectan mediciones.

1.2 Evaluación de ruido inducido según FTA N°0123-2018, Receptor ubicado en San Lorenzo N°29, La Reina.

- a) Antecedentes de medición:
 - Punto de medición ubicado en San Lorenzo N°29, La Reina. Exactamente en coordenadas WGS 84, Huso 19 sur, Norte: 6.297.504 m y Este: 354.960 m. Corresponde a una vivienda de 2 pisos.
 - El punto de medición se ubica a 35 m perpendiculares al eje de la vía, aproximadamente en el PK 21+380 por el costado norte, y se encuentra en el sector de amortiguación de 10 dB.
 - Las mediciones en periodo diurno se realizan los días 02 de junio de 2022, de 11:50 a 21:45; y 03 de junio de 2022, de 07:40 a 08:25 horas. Para periodo nocturno se mide el día 03 de junio de 2022, de 05:10 a 07:00 horas.
- b) Instrumental
 - 1 sonómetro marca NTI Audio modelo XT2-TA, clase 1.
 - 1 calibrador acústico Larson Davis modelo CAL 200.
 - 3 acelerómetros marca PCB, modelo 333B50 de 1000 mV/g de sensibilidad.
- c) Metodología
 - La metodología de medición corresponde a aquella establecida en el “Protocolo de Medición Ruido Inducido y Postproceso de Señales”.
 - Se presentan 25 mediciones en periodo diurno y 20 mediciones en periodo nocturno.
 - Se observa que se instala el equipo de medición en un costado de la habitación, no en el centro, por lo que los niveles medidos pueden ser subestimados.
- d) Resultados



- Las mediciones realizadas a través de sonómetro, y que no fueron afectas al ruido de fondo, entregan resultados $NPS_{Am\acute{a}x}$ entre los 43,2 y los 35,7 dB(A) para periodo diurno, y entre 42,1 y 27,7 dB(A) para periodo nocturno.
- Para aquellas mediciones afectas al ruido de fondo, y que son proyectadas a partir de las mediciones de vibraciones, se obtienen valores entre los 43,2 dB(A) y los 32,7 dB(A) para periodo diurno, mientras que en periodo nocturno no se proyectan mediciones.

1.3 Evaluación de ruido inducido según FTA N°0123:2018, Receptor ubicado en Julio Montebruno N°25, La Reina.

a) Antecedentes de medición:

- Punto de medición ubicado en Julio Montebruno N°25, La Reina. Exactamente en coordenadas WGS 84, Huso 19 sur, Norte: 6.297.439 m y Este: 354.968 m. Corresponde a una vivienda de 2 pisos.
- El punto de medición se ubica a 32,6 m perpendiculares al eje de la vía, aproximadamente en el PK 21+380 por el costado sur, y se encuentra en el sector de amortiguación de 10 dB.
- Las mediciones en periodo diurno se realizan los días 08 de junio de 2022, de 14:10 a 19:35 horas, y de 21:10 a 21:55 horas. Para periodo nocturno se mide el día 09 de junio de 2022, de 05:25 a 06:55 horas.

b) Instrumental

- 1 sonómetro marca NTI Audio modelo XT2-TA, clase 1.
- 1 calibrador acústico Larson Davis modelo CAL 200.
- 3 acelerómetros marca PCB, modelo 333B50 de 1000 mV/g de sensibilidad.

c) Metodología

- La metodología de medición corresponde a aquella establecida en el “Protocolo de Medición Ruido Inducido y Postproceso de Señales”.
- Se presentan 25 mediciones en periodo diurno y 20 mediciones en periodo nocturno.
- Se observa que se instala el equipo de medición en un costado de la habitación, no en el centro, por lo que los niveles medidos pueden ser subestimados.

d) Resultados

- Las mediciones realizadas a través de sonómetro, y que no fueron afectas al ruido de fondo, entregan resultados $NPS_{Am\acute{a}x}$ entre los 36,7 y los 27,6 dB(A) para periodo diurno, y entre 35,8 y los 28,7 dB(A) para periodo nocturno.
- No se proyectan mediciones de vibraciones para ambos proyectos.

1.4 Evaluación de ruido inducido según FTA N°0123:2018, Receptor ubicado en Loreley N°17, La Reina.

a) Antecedentes de medición:

- Punto de medición ubicado en Loreley N°17, La Reina. Exactamente en coordenadas WGS 84, Huso 19 sur, Norte: 6.297.555 m y Este: 355.246 m. Corresponde a una vivienda de 2 pisos.
- El punto de medición se ubica a 35 m perpendiculares al eje de la vía, aproximadamente en el PK 21+680 por el costado norte, y se encuentra en el sector de amortiguación de 10 dB.



- Las mediciones en periodo diurno se realizan los días 09 de junio de 2022, de 15:35 a 16:25 horas, de 21:20 a 21:50; y el 10 de junio de 2022 de 07:00 a 10:05 horas. Para periodo nocturno se mide el día 09 de junio de 2022, de 23:00 a 23:50 horas; y el 10 de junio de 5:35 a 6:55 horas.
- b) Instrumental
- 1 sonómetro marca NTI Audio modelo XT2-TA, clase 1.
 - 1 calibrador acústico Larson Davis modelo CAL 200.
 - 3 acelerómetros marca PCB, modelo 333B50 de 1000 mV/g de sensibilidad.
- c) Metodología
- La metodología de medición corresponde a aquella establecida en el “Protocolo de Medición Ruido Inducido y Postproceso de Señales”.
 - Se presentan 25 mediciones en periodo diurno y 20 mediciones en periodo nocturno.
 - Se observa que se instala el equipo de medición en un costado de la habitación, no en el centro, por lo que los niveles medidos pueden ser subestimados.
- d) Resultados
- Las mediciones realizadas a través de sonómetro, y que no fueron afectas al ruido de fondo, entregan resultados NPS_{Amáx} entre los 44,1 y los 29,7 dB(A) para periodo diurno, y entre 43,6 y los 34,4 dB(A) para periodo nocturno.
 - No se proyectan mediciones de vibraciones para ambos proyectos.

A modo de resumen de la información entregada por el titular, se concluye que existe superación a la guía de referencia FTA N°0123:2018 según lo siguiente:

- Almirante Gómez Carreño N°37, La Reina: 25 mediciones en **periodo diurno**, superando en 20 de ellas, con la **máxima excedencia igual a +4,2**; y 20 mediciones en **periodo nocturno**, superando en 11 de ellas, con la **máxima excedencia igual a +2,8**.
- San Lorenzo N°29, La Reina: 25 mediciones en **periodo diurno**, superando en 24 de ellas, con la **máxima excedencia igual a +8,2**; y 20 mediciones en **periodo nocturno**, superando en 16 de ellas, con la **máxima excedencia igual a +7,1**.
- Julio Montebruno N°25, La Reina: 25 mediciones en periodo diurno, superando en 7 de ellas, con la **máxima excedencia igual a +1,7**; y 20 mediciones en periodo nocturno, superando en 2 de ellas, con la **máxima excedencia igual a +0,8**.
- Loreley N°17, La Reina: 25 mediciones en periodo diurno, superando en 21 de ellas, con la **máxima excedencia igual a +9,1**; y 20 mediciones en periodo nocturno, superando en 16 de ellas, con la **máxima excedencia igual a +7,6**.

Con vista en estas superaciones, se puede concluir además que el problema de ruido inducido ocurre en viviendas que se encuentran sobre la zona de contraboveda del túnel de metro (esto es, aquellas ubicadas al oriente de calle Lynch Norte), y que la condición de superación se agudiza en la medida que el túnel disminuye su profundidad con respecto al suelo.



Registros



Ilustración 1

Fecha: 04 de noviembre de 2021

Descripción del medio de prueba: Ubicación del sistema de control tipo -20 dB (en celeste) y sistema de control -10 dB (en azul) en el tramo por Av. Larraín de Línea 3.



Registros

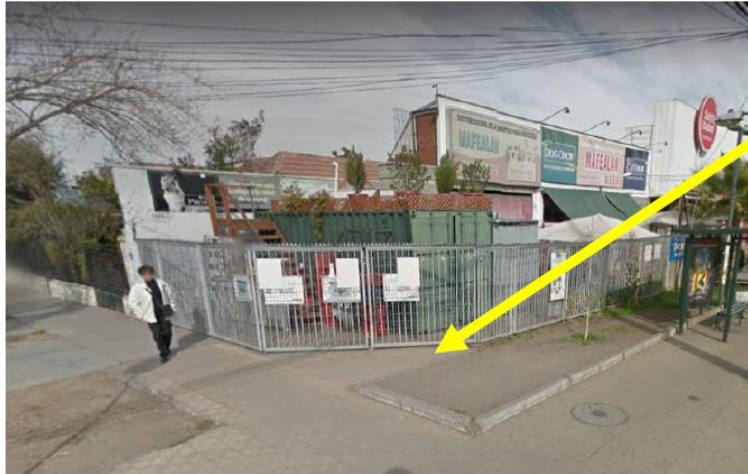


Ilustración 2	Fecha: n/a	
Coordenadas UTM DATUM WGS84 HUSO 19s	Norte: 6.297.458 mS	Este: 354.976 mE
Descripción del medio de prueba: Ubicación de acelerómetros para medición de transmisibilidad túnel-exterior. Tramo PK 21+400.		



Registros



Acelerómetro 3 en muro de túnel

Acelerómetro 1 en base de riel

Acelerómetro 2 en losa de sistemas

Ilustración 3

Fecha: n/a

Descripción del medio de prueba: Ubicación de los acelerómetros en túnel para medición de transmisibilidad.



Registros

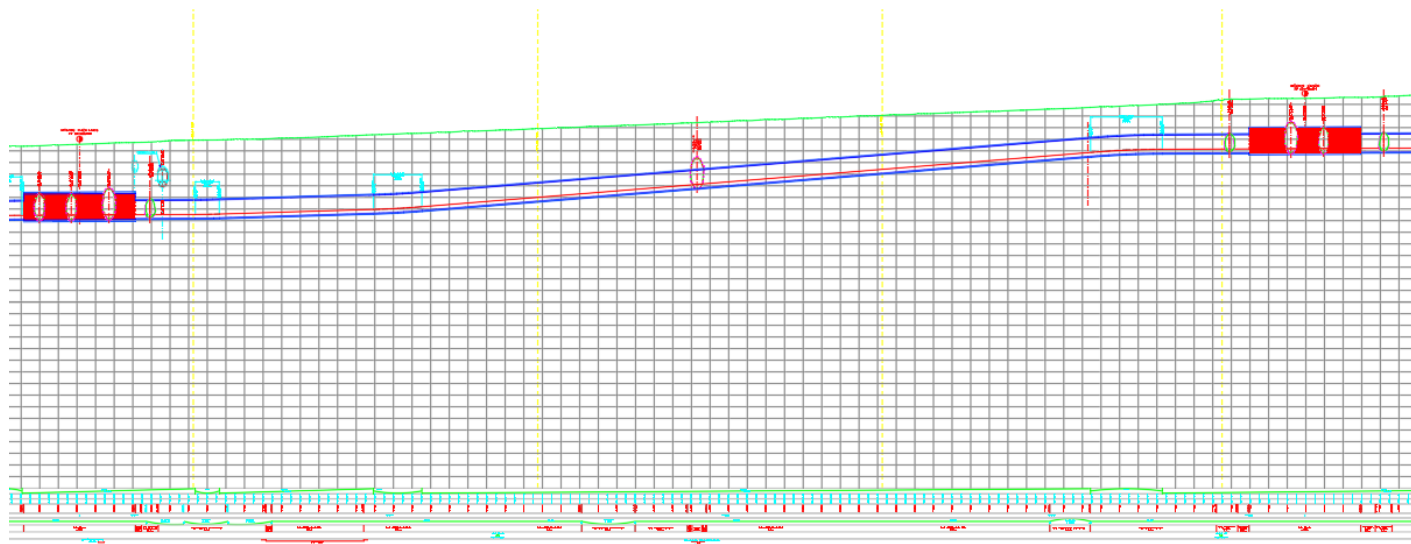


Ilustración 4

Fecha: n/a

Descripción del medio de prueba: Plano de corte, donde se visualiza la elevación del túnel de metro entre las estaciones Plaza Egaña y Fernando Castillo Velasco.



Registros

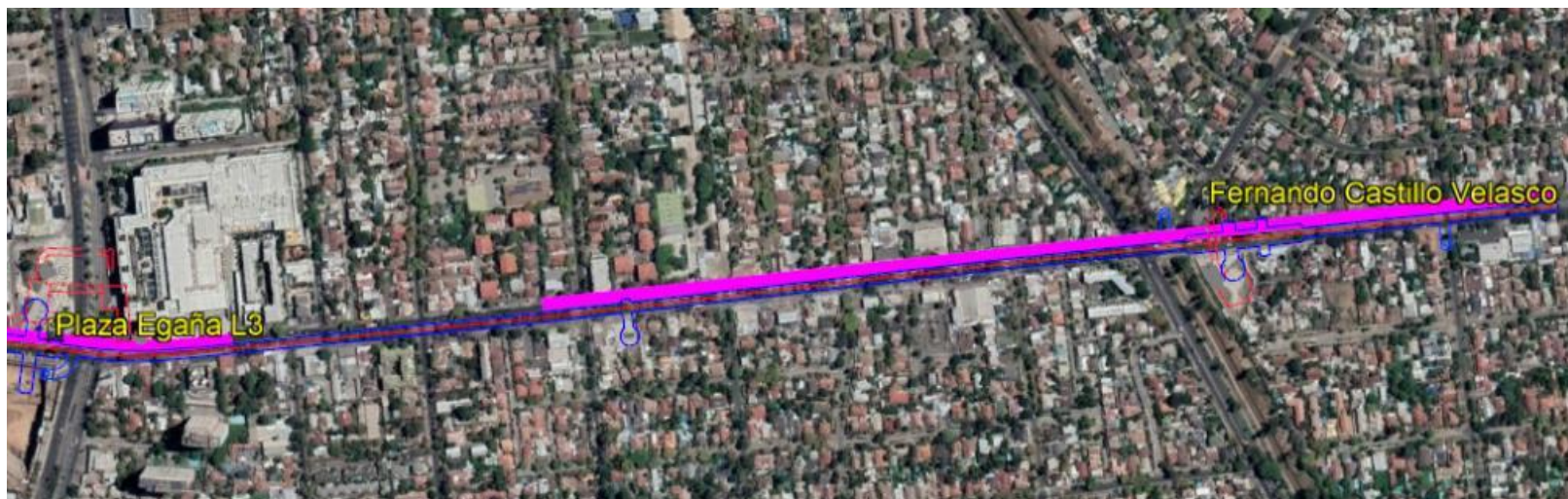


Ilustración 5

Fecha: n/a

Descripción del medio de prueba: Zona de bóvedas (sin destacado) y contrabovedas (con destacado rosado).



Registros

N° Circulación	Fecha	Hora	Sonómetro	Proyectado U-D	Proyectado U-D
			LAmáx	Krad = -5 dB	Krad = -8,8
1	04-02-2021	18:05:36	30,1		
2	04-02-2021	18:15:05	28,7		
3	04-02-2021	18:15:33	31,2		
4	04-02-2021	19:05:07	29,4		
5	04-02-2021	20:03:34	38,8	28,4	24,6
6	04-02-2021	20:10:13	28,8		
7	04-02-2021	20:23:31	28,6		
8	04-02-2021	20:27:16	32,5		
9	04-02-2021	21:00:32	34,5	27,5	23,7
10	04-02-2021	21:16:46	29,1	28,4	24,7
11	04-02-2021	21:20:31	28,9		
12	04-02-2021	21:27:11	38,1	28,6	24,9
13	04-02-2021	21:40:45	32,8		
14	05-02-2021	7:09:06	26,9		
15	05-02-2021	7:13:48	36,4	30,6	26,8
16	05-02-2021	7:19:11	33,9	33,4	29,6
17	05-02-2021	7:23:46	37,5	30,5	26,7
18	05-02-2021	7:24:16	35,4	31,7	27,9
19	05-02-2021	7:29:14	32,7		
20	05-02-2021	7:33:34	32,7	28,2	24,5
21	05-02-2021	7:38:16	42,3	29,8	26
22	05-02-2021	8:01:51	31,1		
23	05-02-2021	8:54:32	42,2	30,6	26,9
24	05-02-2021	8:59:27	34,8	30,8	27,1
25	05-02-2021	9:04:08	35,2	28,2	24,5

Tabla 9

Fecha: 04 al 05 de febrero de 2021

Coordenadas UTM DATUM WGS84 HUSO 19s

Norte: 6.297.412 m

Este: 354.344 m

Descripción del medio de prueba: Resultados de medición en receptor ubicado en Javiera Carrera Norte 20 A, La Reina, en periodo diurno. En rojo, mediciones afectadas por el ruido de fondo.



Registros

N° Circulación	Fecha	Hora	Sonómetro	Proyectado U-D	Proyectado U-D
			LAmáx	Krad = -5 dB	Krad = -8,8
1	05-02-2021	5:14:56	26,8		
2	05-02-2021	5:18:21	24,6		
3	05-02-2021	5:23:01	23,6		
4	05-02-2021	5:27:36	26,5		
5	05-02-2021	5:28:20	24		
6	05-02-2021	5:32:16	25		
7	05-02-2021	5:33:01	32,8	33,8	30,1
8	05-02-2021	5:35:53	24,1		
9	05-02-2021	5:41:32	27		
10	05-02-2021	5:42:21	32,1		
11	05-02-2021	5:46:46	24,1		
12	05-02-2021	5:47:01	26,7		
13	05-02-2021	5:56:46	31,1		
14	05-02-2021	5:57:48	25		
15	05-02-2021	6:13:31	28,6		
16	05-02-2021	6:18:12	34,1	33,5	29,7
17	05-02-2021	6:22:52	33,6	28,7	25
18	05-02-2021	6:26:52	32,1		
19	05-02-2021	6:27:32	26,6		
20	05-02-2021	6:41:05	31,9		

Tabla 10

Fecha: 04 al 05 de febrero de 2021

Coordenadas UTM DATUM WGS84 HUSO 19s

Norte: 6.297.412 m

Este: 354.344 m

Descripción del medio de prueba: Resultados de medición en receptor ubicado en Javiera Carrera Norte 20 A, La Reina, en periodo nocturno. En rojo, mediciones afectadas por el ruido de fondo.



Registros

N° Circulación	Fecha	Hora	Sonómetro	Proyectado U-D	Proyectado U-D
			LAmáx	Krad = -5 dB	Krad = -9.1
1	04-02-2021	18:05:47	37,2	25,1	21
2	04-02-2021	18:15:12	35,4	26,9	22,8
3	04-02-2021	18:30:46	34,5	24,7	20,6
4	04-02-2021	19:10:51	34,1	28,2	24,2
5	04-02-2021	19:40:21	32,4		
6	04-02-2021	20:10:54	33,4		
7	04-02-2021	20:33:34	34,7	29,0	24,9
8	04-02-2021	20:44:09	34	26,4	22,3
9	04-02-2021	20:57:29	31,8		
10	04-02-2021	21:06:52	31,7		
11	04-02-2021	21:13:30	32,5		
12	04-02-2021	21:20:10	35,1	25,5	21,4
13	04-02-2021	21:36:34	37,3	25,8	21,8
14	05-02-2021	7:00:26	26,4		
15	05-02-2021	7:04:46	26		
16	05-02-2021	7:18:50	24,3		
17	05-02-2021	7:28:53	24,3		
18	05-02-2021	7:33:35	27,6		
19	05-02-2021	8:11:56	24,2		
20	05-02-2021	8:31:26	24,6		
21	05-02-2021	8:55:13	32,4		
22	05-02-2021	9:27:56	34,1	27,7	23,6
23	05-02-2021	9:32:40	34,4	27,8	23,7

Tabla 11

Fecha: 04 al 05 de febrero de 2021

Coordenadas UTM DATUM WGS84 HUSO 19s

Norte: 6.297.404 m

Este: 354.753 m

Descripción del medio de prueba: Resultados de medición en receptor ubicado en Av. Larraín 6523, La Reina, en periodo diurno. En rojo, mediciones afectadas por el ruido de fondo.



Registros

N° Circulación	Fecha	Hora	Sonómetro	Proyectado U-D	Proyectado U-D
			LAmáx	Krad = -5 dB	Krad = -9,1
1	05-02-2021	5:13:50	23,8		
2	05-02-2021	5:14:35	25,8		
3	05-02-2021	5:19:02	23,5		
4	05-02-2021	5:28:17	24,7		
5	05-02-2021	5:32:57	23,4		
6	05-02-2021	5:42:13	25,1		
7	05-02-2021	5:46:40	26,7		
8	05-02-2021	5:47:27	23,4		
9	05-02-2021	5:51:43	31,7		
10	05-02-2021	5:52:07	23,4		
11	05-02-2021	5:58:29	28,6		
12	05-02-2021	6:03:38	34,2	27,9	23,8
13	05-02-2021	6:07:52	30		
14	05-02-2021	6:08:53	31,6		
15	05-02-2021	6:22:53	32,6		
16	05-02-2021	6:41:46	22,8		
17	05-02-2021	6:46:26	26,8		
18	05-02-2021	6:51:06	25,1		
19	05-02-2021	6:55:26	34	27,3	23,2
20	05-02-2021	6:55:46	24,3		

Tabla 12

Fecha: 05 de febrero de 2021

Coordenadas UTM DATUM WGS84 HUSO 19s

Norte: 6.297.404 m

Este: 354.753 m

Descripción del medio de prueba: Resultados de medición en receptor ubicado en Av. Larraín 6523, La Reina, en periodo nocturno. En rojo, mediciones afectadas por el ruido de fondo.



Registros

N° Circulación	Fecha	Hora	Sonómetro	Proyectado U-D
			LAmáx	Krad = -5,2
1	18-05-2021	11:15:10	36,7	29,4
2	18-05-2021	11:27:57	37,6	29,1
3	18-05-2021	11:41:50	40,4	30,1
4	18-05-2021	12:06:00	37,6	30,8
5	18-05-2021	12:14:18	34,8	27,8
6	18-05-2021	12:24:00	33,8	31,9
7	18-05-2021	12:30:02	31,2	
8	18-05-2021	12:36:02	33,5	
9	18-05-2021	12:42:04	33,1	
10	18-05-2021	13:13:21	35,9	35,9
11	18-05-2021	18:05:40	33,7	
12	18-05-2021	18:19:08	32,2	
13	18-05-2021	18:33:13	41,1	41,1
14	18-05-2021	18:33:54	41,1	41,1
15	18-05-2021	18:47:16	37,2	37,2
16	18-05-2021	18:47:55	35,5	35,5
17	18-05-2021	18:52:35	36,5	36,5
18	18-05-2021	19:01:26	34,9	34,9
19	18-05-2021	19:20:21	39,7	39,7
20	18-05-2021	19:30:15	30,6	

Tabla 13

Fecha: 18 de mayo de 2021

Coordenadas UTM DATUM WGS84 HUSO 19s

Norte: n/a

Este: n/a

Descripción del medio de prueba: Resultados de medición en receptor ubicado en Javiera Carrera Norte 20 A, La Reina, en periodo diurno. En rojo, mediciones afectadas por el ruido de fondo.



Registros

N° Circulación	Fecha	Hora	Sonómetro	Proyectado U-D
			LAmáx	Krad = -5,2
1	19-05-2021	5:31:43	25,8	
2	19-05-2021	5:32:18	25,2	
3	19-05-2021	5:36:04	35,1	26,6
4	19-05-2021	5:36:26	36	26,9
5	19-05-2021	5:40:14	27,1	
6	19-05-2021	5:41:06	24,2	
7	19-05-2021	5:45:46	25	
8	19-05-2021	5:54:09	32,4	29,6
9	19-05-2021	5:55:37	28,9	
10	19-05-2021	6:00:37	26,6	
11	19-05-2021	6:04:18	27,9	
12	19-05-2021	6:06:42	28,5	
13	19-05-2021	6:15:29	37,7	27
14	19-05-2021	6:21:54	31,2	
15	19-05-2021	6:25:10	33,5	26
16	19-05-2021	6:33:19	35,9	28
17	19-05-2021	6:34:48	35,1	27,5
18	19-05-2021	6:39:29	29,4	
19	19-05-2021	6:41:49	33,5	30,5
20	19-05-2021	6:55:31	38,6	26,6

Tabla 14

Fecha: 19 de mayo de 2021

Coordenadas UTM DATUM WGS84 HUSO 19s

Norte: n/a

Este: n/a

Descripción del medio de prueba: Resultados de medición en receptor ubicado en Javiera Carrera Norte 20 A, La Reina, en periodo nocturno. En rojo, mediciones afectadas por el ruido de fondo.



Registros

N° Circulación	Fecha	Hora	Sonómetro	Proyectado U-D
			LAmáx	Krad = -0,4
1	02-06-2022	12:03:26	37,6	
2	02-06-2022	12:15:33	38,6	
3	02-06-2022	12:16:18	38,2	
4	02-06-2022	12:24:32	35,9	
5	02-06-2022	12:28:02	34,8	
6	02-06-2022	12:32:23	35,3	
7	02-06-2022	13:37:30	36,1	
8	02-06-2022	13:05:12	36,9	
9	02-06-2022	13:09:17	37,9	
10	02-06-2022	13:13:20	38,6	
11	02-06-2022	13:18:18	38,4	
12	02-06-2022	14:33:48	37,8	
13	02-06-2022	14:43:01	35,8	
14	02-06-2022	14:53:30	35,6	
15	02-06-2022	15:42:35	37,5	
16	02-06-2022	20:53:44	40,2	39,2
17	02-06-2022	20:54:49	39,4	38,8
18	02-06-2022	21:20:02	39,8	31,8
19	02-06-2022	21:29:08	41	39,4
20	02-06-2022	21:53:32	39,3	38,1
21	03-06-2022	7:43:31	35	
22	03-06-2022	7:46:06	37,9	
23	03-06-2022	8:00:39	35,3	
24	03-06-2022	8:17:47	34,3	
25	03-06-2022	8:22:06	32,7	

Tabla 15

Fecha: 02 al 03 de junio de 2022

Coordenadas UTM DATUM WGS84 HUSO 19s

Norte: 6.297.479 m

Este: 354.738 m

Descripción del medio de prueba: Resultados de medición en receptor ubicado en Almirante Gómez Carreño N°37, La Reina, en periodo diurno. En amarillo, las superaciones a los criterios establecidos en la FTA N°0123:2018 para Categoría 2, eventos frecuentes. En rojo, mediciones afectadas por el ruido de fondo.



Registros

N° Circulación	Fecha	Hora	Sonómetro	Proyectado U-D
			LAmáx	Krad = -0,4
1	03-06-2022	5:27:04	36,1	
2	03-06-2022	5:31:11	36,1	
3	03-06-2022	5:34:56	33,1	
4	03-06-2022	5:39:05	33,1	
5	03-06-2022	5:40:03	32,5	
6	03-06-2022	5:44:13	33,1	
7	03-06-2022	5:48:31	31,3	
8	03-06-2022	5:56:56	36,2	
9	03-06-2022	5:58:23	36	
10	03-06-2022	6:01:15	34	
11	03-06-2022	6:05:27	35,6	
12	03-06-2022	6:15:53	35,8	
13	03-06-2022	6:18:16	31	
14	03-06-2022	6:20:04	35,3	
15	03-06-2022	6:24:15	36	
16	03-06-2022	6:28:36	37,8	
17	03-06-2022	6:31:00	35,8	
18	03-06-2022	6:37:01	34	
19	03-06-2022	6:41:19	37	
20	03-06-2022	6:52:13	31,4	

Tabla 16

Fecha: 03 de junio de 2022

Coordenadas UTM DATUM WGS84 HUSO 19s

Norte: 6.297.479 m

Este: 354.738 m

Descripción del medio de prueba: Resultados de medición en receptor ubicado en Almirante Gómez Carreño N°37, La Reina, en periodo nocturno. En amarillo, las superaciones a los criterios establecidos en la FTA N°0123:2018 para Categoría 2, eventos frecuentes.



Registros

N° Circulación	Fecha	Hora	Sonómetro	Proyectado U-D
			LAmáx	Krad = -0,4
1	01-06-2022	11:50:49	37,1	
2	01-06-2022	13:33:58	42,2	
3	01-06-2022	15:03:13	35,7	
4	01-06-2022	16:34:34	40,9	
5	01-06-2022	16:52:21	38,5	
6	01-06-2022	17:00:51	39	
7	01-06-2022	17:25:41	41,3	
8	01-06-2022	17:29:30	42,5	
9	01-06-2022	17:33:48	37,1	
10	01-06-2022	17:42:21	37,3	
11	01-06-2022	17:50:54	40,6	
12	01-06-2022	18:04:20	40,9	
13	01-06-2022	18:09:08	38,1	
14	01-06-2022	18:22:53	40,9	
15	01-06-2022	18:39:52	40,8	
16	01-06-2022	18:43:22	43,2	
17	01-06-2022	18:47:12	41,4	
18	01-06-2022	18:51:43	40,1	
19	01-06-2022	18:57:14	40,5	
20	01-06-2022	19:36:28	39,1	
21	01-06-2022	20:55:15	39	35,6
22	01-06-2022	20:57:38	46,6	32,7
23	01-06-2022	21:22:31	58,8	43,2
24	01-06-2022	21:42:19	54,2	41,8
25	01-06-2022	21:44:19	55,4	43,1

Tabla 17

Fecha: 01 de junio de 2022

Coordenadas UTM DATUM WGS84 HUSO 19s

Norte: 6.297.504 m

Este: 354.960

Descripción del medio de prueba: Resultados de medición en receptor ubicado en San Lorenzo N°29, La Reina, en periodo diurno. En amarillo, las superaciones a los criterios establecidos en la FTA N°0123:2018 para Categoría 2, eventos frecuentes. En rojo, mediciones afectadas por el ruido de fondo.



Registros

N° Circulación	Fecha	Hora	Sonómetro
			LAmáx
1	02-06-2022	5:10:50	40,5
2	02-06-2022	5:16:47	38,7
3	02-06-2022	5:18:36	35,4
4	02-06-2022	5:22:55	34,1
5	02-06-2022	5:28:01	35,7
6	02-06-2022	5:29:53	40,8
7	02-06-2022	5:33:31	36,7
8	02-06-2022	5:34:40	40
9	02-06-2022	5:38:22	39
10	02-06-2022	5:40:09	28,9
11	02-06-2022	5:43:50	27,7
12	02-06-2022	5:48:39	30,7
13	02-06-2022	5:54:46	37,2
14	02-06-2022	5:58:29	36,7
15	02-06-2022	5:59:50	42,1
16	02-06-2022	6:03:28	40,6
17	02-06-2022	6:04:09	39,7
18	02-06-2022	6:07:46	38,3
19	02-06-2022	6:08:27	35,1
20	02-06-2022	6:58:09	39

Tabla 18

Fecha: 02 de junio de 2022

Coordenadas UTM DATUM WGS84 HUSO 19s

Norte: 6.297.504 m

Este: 354.960

Descripción del medio de prueba: Resultados de medición en receptor ubicado en San Lorenzo N°29, La Reina, en periodo nocturno. En amarillo, las superaciones a los criterios establecidos en la FTA N°0123:2018 para Categoría 2, eventos frecuentes.



Registros

N° Circulación	Fecha	Hora	Sonómetro
			LAmáx
1	08-06-2022	14:13:17	36,7
2	08-06-2022	14:15:56	36,3
3	08-06-2022	14:21:25	28,5
4	08-06-2022	14:32:11	34,8
5	08-06-2022	14:45:38	36
6	08-06-2022	14:59:10	34,4
7	08-06-2022	15:22:48	31,3
8	08-06-2022	15:32:34	34,7
9	08-06-2022	15:33:11	30,1
10	08-06-2022	15:41:54	31,8
11	08-06-2022	15:42:24	33,2
12	08-06-2022	15:54:52	34,2
13	08-06-2022	16:48:21	36,3
14	08-06-2022	17:09:52	36,2
15	08-06-2022	19:05:55	27,6
16	08-06-2022	19:15:14	32,8
17	08-06-2022	19:18:45	35,9
18	08-06-2022	19:23:46	34,9
19	08-06-2022	19:27:12	32,3
20	08-06-2022	19:31:24	33,7
21	08-06-2022	21:11:44	35,3
22	08-06-2022	21:15:36	34,2
23	08-06-2022	21:21:04	33,4
24	08-06-2022	21:46:50	31,2
25	08-06-2022	21:50:38	30,8

Tabla 19

Fecha: 08 de junio de 2022

Coordenadas UTM DATUM WGS84 HUSO 19s

Norte: 6.297.439 m

Este: 354.968 m

Descripción del medio de prueba: Resultados de medición en receptor ubicado en Julio Montebruno N°25, La Reina, en periodo diurno. En amarillo, las superaciones a los criterios establecidos en la FTA N°0123:2018 para Categoría 2, eventos frecuentes.



Registros

N° Circulación	Fecha	Hora	Sonómetro
			LAmáx
1	09-06-2022	5:28:30	34,8
2	09-06-2022	5:30:30	34,4
3	09-06-2022	5:36:00	34,8
4	09-06-2022	5:38:55	33,1
5	09-06-2022	5:40:43	32,6
6	09-06-2022	5:42:30	32,3
7	09-06-2022	5:44:02	34,6
8	09-06-2022	5:46:35	31,4
9	09-06-2022	5:48:05	34,1
10	09-06-2022	5:52:11	33,1
11	09-06-2022	5:57:33	31,9
12	09-06-2022	6:13:04	31,2
13	09-06-2022	6:16:43	28,7
14	09-06-2022	6:17:14	29,6
15	09-06-2022	6:25:27	32,2
16	09-06-2022	6:29:10	34,5
17	09-06-2022	6:45:37	34,3
18	09-06-2022	6:46:18	35,6
19	09-06-2022	6:49:59	35,8
20	09-06-2022	6:54:06	34,3

Tabla 20

Fecha: 08 de junio de 2022

Coordenadas UTM DATUM WGS84 HUSO 19s

Norte: 6.297.439 m

Norte: 6.297.439 m

Descripción del medio de prueba: Resultados de medición en receptor ubicado en Julio Montebruno N°25, La Reina, en periodo nocturno. En amarillo, las superaciones a los criterios establecidos en la FTA N°0123:2018 para Categoría 2, eventos frecuentes.



Registros

N° Circulación	Fecha	Hora	Sonómetro
			LAmáx
1	09-06-2022	15:36:57	38,4
2	09-06-2022	15:40:46	43,8
3	09-06-2022	15:45:05	42
4	09-06-2022	15:50:17	42,8
5	09-06-2022	15:55:21	43,8
6	09-06-2022	16:05:52	43,3
7	09-06-2022	16:11:06	38,6
8	09-06-2022	16:16:05	40
9	09-06-2022	16:21:04	41
10	09-06-2022	21:25:55	33,2
11	09-06-2022	21:32:30	31,8
12	09-06-2022	21:38:29	29,7
13	09-06-2022	21:42:35	36,4
14	09-06-2022	21:48:00	34,4
15	10-06-2022	7:02:36	38,5
16	10-06-2022	7:10:46	40,3
17	10-06-2022	7:14:57	44,1
18	10-06-2022	7:19:05	39,3
19	10-06-2022	7:31:26	40,8
20	10-06-2022	7:35:30	39,6
21	10-06-2022	7:52:15	42,5
22	10-06-2022	8:17:25	38,8
23	10-06-2022	8:25:42	40,6
24	10-06-2022	8:50:42	40,1
25	10-06-2022	10:01:05	40,3

Tabla 21

Fecha: 09 al 10 de junio de 2022

Coordenadas UTM DATUM WGS84 HUSO 19s

Norte: 6.297.555 m

Este: 355.246 m

Descripción del medio de prueba: Resultados de medición en receptor ubicado en Loreley N°17, La Reina, en periodo diurno. En amarillo, las superaciones a los criterios establecidos en la FTA N°0123:2018 para Categoría 2, eventos frecuentes.



Registros

N° Circulación	Fecha	Hora	Sonómetro
			LAmáx
1	09-06-2022	23:02:44	39
2	09-06-2022	23:28:16	34,9
3	09-06-2022	23:37:35	36,6
4	09-06-2022	23:49:12	40,5
5	10-06-2022	5:36:20	36,2
6	10-06-2022	5:44:07	34,8
7	10-06-2022	5:46:53	34,4
8	10-06-2022	5:51:05	35,2
9	10-06-2022	5:57:17	40,1
10	10-06-2022	6:01:41	38,7
11	10-06-2022	6:07:01	42,6
12	10-06-2022	6:10:46	36,7
13	10-06-2022	6:11:59	38,8
14	10-06-2022	6:15:42	34,5
15	10-06-2022	6:16:34	40,3
16	10-06-2022	6:21:08	39,2
17	10-06-2022	6:25:28	40,8
18	10-06-2022	6:33:48	40,6
19	10-06-2022	6:44:59	39,4
20	10-06-2022	6:54:20	41,4

Tabla 22

Fecha: 09 al 10 de junio de 2022

Coordenadas UTM DATUM WGS84 HUSO 19s

Norte: 6.297.555 m

Este: 355.246 m

Descripción del medio de prueba: Resultados de medición en receptor ubicado en Loreley N°17, La Reina, en periodo nocturno. En amarillo, las superaciones a los criterios establecidos en la FTA N°0123:2018 para Categoría 2, eventos frecuentes.



Registros

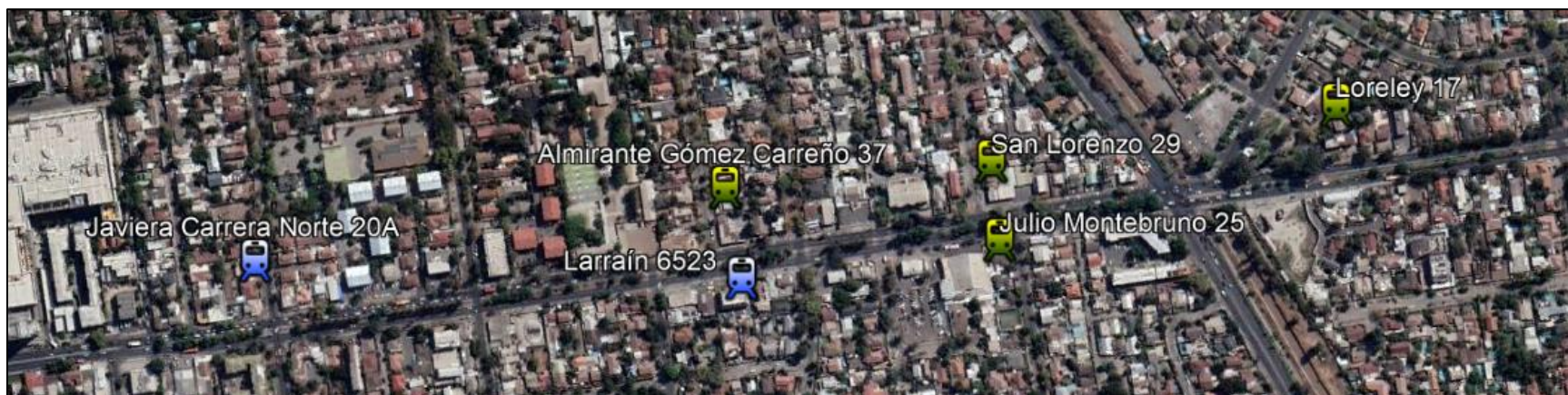


Ilustración 6

Fecha: --

Descripción del medio de prueba: Ubicación de los receptores evaluados. En azul, aquellos donde no existe superación a los criterios para Categoría 2, eventos frecuentes, de FTA N°0123:2018. En amarillo, receptores donde existe superación a los criterios para Categoría 2, eventos frecuentes, de FTA N°0123:2018.



6 CONCLUSIONES

Se realizó examen de información, la cual consiste en 308 mediciones de ruido inducido (GBN) incorporadas en reportes provistos por Metro, que dan cuenta de la emisión de este componente entre las estaciones Plaza Egaña y Fernando Castillo Velasco.

Cabe mencionar que la RCA N°243/2014, que aprueba el proyecto, no contempla entre sus elementos evaluados la emisión de ruido inducido por las vibraciones generadas por el paso de Metro, ya que la normativa con la que se evalúan las vibraciones, la ISO 2631-2:1989, no considera los efectos del ruido inducido; así como tampoco existe normativa en Chile que regule estos ruidos, por lo que se utiliza como referencia la Guía FTA N°0123:2018, dado que es la metodología considerada por el fallo sentencia ROL N°18.814-2019 de la Corte Suprema. No obstante, se aplican todas las precisiones, definiciones y criterios que se han debido incorporar al análisis, en conjunto con profesionales expertos del Ministerio del Medio Ambiente, en vista de las deficiencias y errores de criterio constatados en el mencionado informe de IDIEM, detallados en Informe de Fiscalización Ambiental DFZ-2020-3692-XIII-NE.

Los antecedentes analizados incluyeron 308 mediciones, incorporadas en reportes provistos por Metro S.A, consistentes en informes de medición de ruido inducido (GBN) producido por el paso de Metro Línea 3, entre las estaciones Plaza Egaña y Fernando Castillo Velasco.

A partir de los resultados de las distintas actividades de fiscalización, asociadas a la evaluación de los criterios presentes en la Tabla 6-3 de la guía FTA N°0123:2018, se concluye que existe una condición de excedencia en el ruido inducido respecto a la guía de referencia mencionada, en los siguientes puntos receptores, generados por la operación de la Línea 3 entre las estaciones Plaza Egaña y Fernando Castillo Velasco:

Punto Receptor	N° de mediciones	N° mediciones con excedencia	Máxima superación diurna	Máxima superación nocturna
Almirante Gómez Carreño N°37, La Reina	45	31	4,2 dB	2,8 dB
San Lorenzo N°29, La Reina.	45	40	8,2 dB	7,1 dB
Julio Montebruno N°25, La Reina	45	9	1,7 dB	0,8 dB
Loreley N°17, La Reina	45	37	9,1 dB	7,6 dB

Tabla 23: Superaciones constatadas a la guía FTA N°0123:2018 por ruido inducido, en el sector tramo Plaza Egaña y Fernando Castillo Velasco.

Con vista en estas superaciones, se puede concluir además que el problema de ruido inducido ocurre en viviendas que se encuentran sobre la zona de contraboveda del túnel de metro (esto es, aquellas ubicadas al oriente de calle Lynch Norte), y que la condición de superación se agudiza en la medida que el túnel disminuye su profundidad con respecto al suelo.

Es importante señalar que, si bien la variable analizada en el presente informe, ruido inducido, no fue considerada en la evaluación ambiental de la Línea 3 de Metro a través de su Resolución de Calificación Ambiental N°243/2014 del SEA RM, posterior a dicho proceso sí ha sido considerada en el proceso de evaluación ambiental correspondiente a la línea 7 del Metro, a través de la Resolución de Calificación Ambiental que calificó ambientalmente favorable el proyecto: “Línea 7 Metro de Santiago”, específicamente en el considerando 4.3.2.6 de la Emisiones y efluentes, en la variable “Vibraciones mecánicas y ruido inducido”, por lo que Metro está frente a una variable que debió ser considerada ante las denuncias e informada a la autoridad.



En este mismo sentido, el titular, Metro S.A., ha señalado textualmente en su carta SGMA N°45/2022 que *“no es posible aplicar la norma de referencia requerida, dado que la ingeniería estructural y de sistemas de origen del proyecto Línea 3, Etapa 2, no fue desarrollada atendiendo la necesidad de dar cumplimiento a la guía FTA 0123:2018, cuestión que imposibilita técnicamente hoy su plena observancia, debiendo reformularse aspectos tecnológicos sustantivos del diseño y construcción del Proyecto, en caso de que fuera necesario someterse al referido estándar”*. Sin perjuicio de lo anterior, el titular ha dado cuenta de la implementación de medidas de gestión, que han permitido mitigar el impacto en el sector en estudio, sin embargo, se mantienen excedencias como las presentadas en la Tabla 23. Por ende, si bien el titular está en conocimiento del problema que produce el ruido inducido en la comunidad de vecinos ubicados próximos a calle Larraín, no ha informado de esto como un impacto no previsto al Servicio de Evaluación Ambiental, según preceptúa el Considerando 14 de la RCA N°243/2014, que aprueba el proyecto.



7 ANEXOS

N° Anexo	Nombre Anexo
1	Resolución Exenta N°483/2021
2	Consideraciones Medición Ruido Inducido (GBN) según FTA 2018
3	Carta SGMA N°10/2021 de Metro S.A.
4	Resolución Exenta N°1272/2021
5	Carta SGMA N°28/2021 de Metro S.A.
6	Carta SGMA N°29/2021 de Metro S.A.
7	Ordinario N°2771/2021
8	Carta SGMA N°39/2021 de Metro S.A.
9	Carta SGMA N°14/2022 de Metro S.A.
10	Resolución Exenta N°493/2022
11	Carta SGMA N°36/2022 de Metro S.A.
12	Resolución Exenta N°739/2022
13	Carta SGMA N°45/2022 de Metro S.A.

