

U.2 MODELO DE RUIDO Y VIBRACIONES

ESTUDIO DE IMPACTO ACÚSTICO Y VIBRATORIO

PREDICCIÓN Y EVALUACIÓN DE RUIDO Y VIBRACIONES

PROYECTO II MEIA YANACocha REPÚBLICA DEL PERÚ

PREPARADO PARA:



PROYECTO N°: 4642					
VERSIÓN	FECHA	DESCRIPCIÓN	ELABORACIÓN	REVISIÓN	APROBACIÓN
A	04.09.2019	Elaboración inicial	PPS		
B	05.11.2019	Observaciones mandante	PPS		
C	06.11.2019	Observaciones mandante	PPS		
D	08.11.2019	Observaciones mandante	PPS		
E	21.11.2019	Observaciones mandante	PPS		
F	25.11.2019	Correcciones	PPS		

SANTIAGO, NOVIEMBRE DE 2019

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1	Introducción.....	5
2	Objetivos	5
2.1	Objetivo general.....	5
2.2	Objetivos específicos.....	5
3	Ubicación y descripción del Proyecto	6
4	Normativa	7
4.1	Ruido	7
4.1.1	Maquinarias e instalaciones	7
4.1.2	Flujo vehicular	9
4.1.3	Voladuras	11
4.2	Vibraciones.....	12
4.2.1	Generadas por maquinarias e instalaciones	12
4.2.2	Generadas por voladuras.....	13
5	Puntos de evaluación	14
5.1	Ubicación de los puntos de evaluación.....	14
5.2	Datos de medición de ruido en estaciones de monitoreo	16
5.3	Zonificación y máximos permisibles	16
5.3.1	Ruido.....	16
5.3.1.1	D.S N°085-2003 PCM.....	16
5.3.1.2	Evaluación de ruido flujo vehicular FTA-VA—90-1003-06	17
5.3.1.3	Evaluación de ruido de tronaduras según Normativa AS 2187.2-2006	19
5.3.2	Vibraciones	19
5.3.2.1	Evaluación vibraciones maquinarias FTA-VA—90-1003-06.....	19
5.3.2.2	Evaluación de vibraciones generadas por tronaduras DIN 4150-3:2015	20
6	Metodología.....	20
6.1	Modelación y proyección de ruido	20
6.1.1	Maquinarias e instalaciones	20
6.1.2	Flujo vehicular	21
6.1.3	Voladuras	23

6.2	Proyección de vibraciones	24
6.2.1	Maquinaria e instalaciones	24
6.2.2	Voladuras	26
7	Datos de entrada al modelo acústico	27
7.1	Maquinaria e instalaciones	27
7.1.1	Construcción	27
7.1.2	Operación	31
7.2	Flujo vehicular	34
8	Resultados	36
8.1	Ruido	36
8.1.1	Maquinarias e instalaciones	36
8.1.2	Flujo vehicular	1
8.1.2.1	Fase de construcción	1
8.1.2.2	Fase de operación	0
8.1.3	Suma energética año 2021	0
8.1.3.1	Periodo diurno y nocturno	0
8.1.4	Proyección y evaluación de ruido generado por voladura	1
8.2	Vibraciones	1
8.2.1	Maquinaria e instalaciones	1
8.2.2	Voladuras	3
9	Conclusiones	5
10	Revisión bibliográfica	6
11	Glosario	7
ANEXO I	8

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Ubicación del Proyecto.	7
Ilustración 2: Tipo de impacto según incremento de los niveles y ruido existente.	9
Ilustración 3: Ubicación de los puntos de evaluación. Vista general.	15
Ilustración 4: Croquis que representa la propagación en infraestructura vial.	22
Ilustración 5: Esquema de propagación semi-cilíndrica.	23
Ilustración 6: Ejemplo de situación más desfavorable de propagación de vibraciones según distancia entre maquinaria y receptor.	26
Ilustración 7: Croquis ubicación componentes del Proyecto. Etapa de construcción año 2021.	30
Ilustración 8: Croquis ubicación componentes del Proyecto. Etapa de operación año 2021.	34
Ilustración 9: Mapa de propagación sonora. Fase de construcción 2021. Periodo diurno y nocturno.	0
Ilustración 10: Mapa de propagación sonora. Fase de operación 2021. Periodo diurno y nocturno.	0
Ilustración 11: Mapa de propagación sonora. Flujo vehicular fase de construcción 2021. Periodo diurno/nocturno.	0
Ilustración 12: Mapa de propagación sonora. Flujo vehicular fase de operación 2021. Periodo diurno/nocturno.	0
Ilustración 13: Mapa de propagación sonora. Suma energética 2021. Periodo diurno y nocturno.	0
Ilustración 14: Isolíneas para propagación de vibraciones por voladuras.	3
Ilustración 15: Medición de NPS a Chancador primario.	10

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Descripción de cada tipo de zona según D.S. N° 085-2003-PCM.	8
Tabla 2: Niveles máximos permisibles por la normativa para cada zona y horario.	8
Tabla 3: Categoría de uso de suelo y descriptor, según FTA.	10
Tabla 4: Definición de tipos de impacto según FTA.	10
Tabla 5: Niveles de onda aérea límite para el confort de humanos.	11
Tabla 6: Criterio de impacto para niveles generales de vibración. Extracto FTA.	12
Tabla 7: Criterio de impacto para niveles generales de vibración. Extracto FTA.	13
Tabla 8: Pauta de valores para velocidad de vibración a ser usados cuando se evalúan vibraciones de corta duración en estructuras. Norma alemana DIN 4150-3:2015.	13
Tabla 9: Homologación nombres puntos de medición.	14
Tabla 10: Ubicación y descripción de puntos de evaluación.	15
Tabla 11: NPS _{eq} en [dB(A)]. Periodo diurno (07:01 a 22:00) y nocturno (22:01 a 7:00).	16
Tabla 12: Zonificación y niveles máximos permisibles según D.S. N° 085-2003 PCM.	17
Tabla 13: Categoría de receptor y descriptor acústico aplicado para evaluación de impacto.	17
Tabla 14: Nivel de exposición de proyecto, L _{DN} en [dBA] para Categoría 2.	17
Tabla 15: L _D , L _D y L _{DN} para puntos en evaluación.	18
Tabla 16: Máximos permitidos según estándar de la FTA.	19
Tabla 17: Resumen de entradas y salidas en el proceso de cálculo del modelo SoundPLAN.	21
Tabla 18: Indicadores de vibración de distintas maquinarias, medidos a 25 pies de distancia.	24
Tabla 19: Diferentes valores de las constantes del suelo K y α.	27
Tabla 20: Potencias acústicas de la maquinaria. PAD Yanacocha Etapa 8.	28
Tabla 21: Potencias acústicas de la maquinaria. Backfill Carachugo.	28
Tabla 22: Potencias acústicas de la maquinaria. PAD Carachugo Etapa 14A.	28
Tabla 23: Potencias acústicas de la maquinaria. DAM Sur.	28
Tabla 24: Potencias acústicas de la maquinaria. Planta de Procesos LQ.	29
Tabla 25: Potencias acústicas de la maquinaria. Tajo Chaquicocha Etapa 3.	29
Tabla 26: Potencias acústicas de la maquinaria. Chaquicocha Subterráneo (Instalaciones Superficiales).	30
Tabla 27: Potencias acústicas de la maquinaria. Tajo Yanacocha.	31
Tabla 28: Potencias acústicas de la maquinaria. Tajo Maqui Maqui Sur.	31
Tabla 29: Potencias acústicas de la maquinaria. Tajo Chaquicocha Etapa 2.	31
Tabla 30: Potencias acústicas de la maquinaria. Tajo Chaquicocha Etapa 3.	31
Tabla 31: Potencias acústicas de la maquinaria. Tajo Carachugo Fase III.	32
Tabla 32: Potencias acústicas de la maquinaria. Tajo Carachugo Marleny Norte.	32
Tabla 33: Potencias acústicas de la maquinaria. Maquinaria Sector La Quinoa Sur.	32

Tabla 34: Potencias acústicas de la maquinaria. Depósito De Desmonte MQ MQ Etapa 2.	32
Tabla 35: Potencias acústicas de la maquinaria. PAD Carachugo 14.	33
Tabla 36: Potencias acústicas de la maquinaria. PAD LQ8.	33
Tabla 37: Potencias acústicas de la maquinaria. Chaquicocha Subterráneo.	33
Tabla 38: Tránsito vehicular de camiones al interior de la minera Yanacocha. Etapa de construcción y operación año 2021.	34
Tabla 39: NPS _{eq} proyectado en el receptor. Fase construcción 2021. Periodo diurno.	0
Tabla 40: NPS _{eq} proyectado en el receptor. Fase construcción 2021. Periodo nocturno.	0
Tabla 41: NPS _{eq} proyectado en el receptor. Fase de operación 2021. Periodo diurno.	0
Tabla 42: NPS _{eq} proyectado en el receptor. Fase de operación 2021. Periodo nocturno.	0
Tabla 43: LD _N proyectado en el receptor. Flujo vehicular fase de construcción 2021.	0
Tabla 44: LD _N proyectado en el receptor. Flujo vehicular fase de operación 2021. Periodo diurno/nocturno.	0
Tabla 45: Nivel proyectado en el receptor. Suma energética 2021. Periodo diurno.	0
Tabla 46: Nivel proyectado en el receptor. Suma energética 2021. Periodo nocturno.	0
Tabla 47: Estimación y evaluación de nivel de ruido para eventos de voladura.	1
Tabla 48: Evaluación de cumplimiento de valores L _v proyectados para construcción y operación.	2
Tabla 49: Evaluación de cumplimiento de valores PPV proyectados para construcción y operación.	2
Tabla 50: Valores de VPP proyectados para la etapa de operación. Voladuras.	4
Tabla 51: Niveles de presión sonora. Chancador primario.	10
Tabla 52: Niveles de potencia acústica. Chancador primario.	10

1 INTRODUCCIÓN

El presente documento elaborado por Gerard Ingeniería SpA contiene el estudio de Impacto de acústico y vibratorio del proyecto “II Modificación del Estudio de Impacto Ambiental Yanacocha – II MEIA Yanacocha” (en adelante “Proyecto”), el cual se encuentra ubicado en el departamento de Cajamarca, República del Perú.

Se realizaron proyecciones de los niveles de presión sonora y vibraciones para las etapas de construcción y operación del Proyecto, mediante cálculos matemáticos asistidos por software, cuyos resultados se entregan en mapas de ruido y valores tabulados.

Los resultados obtenidos de las modelaciones de ruido de maquinarias e instalaciones en los puntos de evaluación se compararon con los niveles máximos permitidos según lo establecido en el Decreto Supremo N° 085-2003-PCM “Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Ruido”.

Por su parte, los niveles vibratorios generados por maquinaria pesada se evaluaron según lo dispuesto en la Norma Estadounidense de la U.S. Federal Transit Administration (FTA) Report, “*Transit Noise and Vibration Impact Assessment*”, la cual establece límites de inmisión para diferentes usos de suelo o grados de sensibilidad.

En relación a las vibraciones generadas por las voladuras, éstas se evaluaron según lo dispuesto en la norma alemana DIN 4150-3:2015 del Instituto de Normalización Alemana (*Deutsches Institut für Normung—DIN*).

Finalmente, para predecir el nivel de ruido generado por tronaduras y evaluarlo, se utilizó el método de sobrepresión que indica la normativa AS-2187: Explosives-Storage, transport and use.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Evaluar el impacto de ruido y vibratorio que generará la construcción y operación del Proyecto “II Modificación del Estudio de Impacto Ambiental Yanacocha – II MEIA Yanacocha”, en las comunidades cercanas a las instalaciones de éste.

2.2 Objetivos específicos

- Identificar los receptores sensibles a las futuras emisiones de ruido y vibraciones del Proyecto, dentro del área de influencia (sectores sensibles más cercanos).
- Identificar e indicar las principales fuentes emisoras de ruido y vibraciones participantes en las fases de construcción y operación del Proyecto.

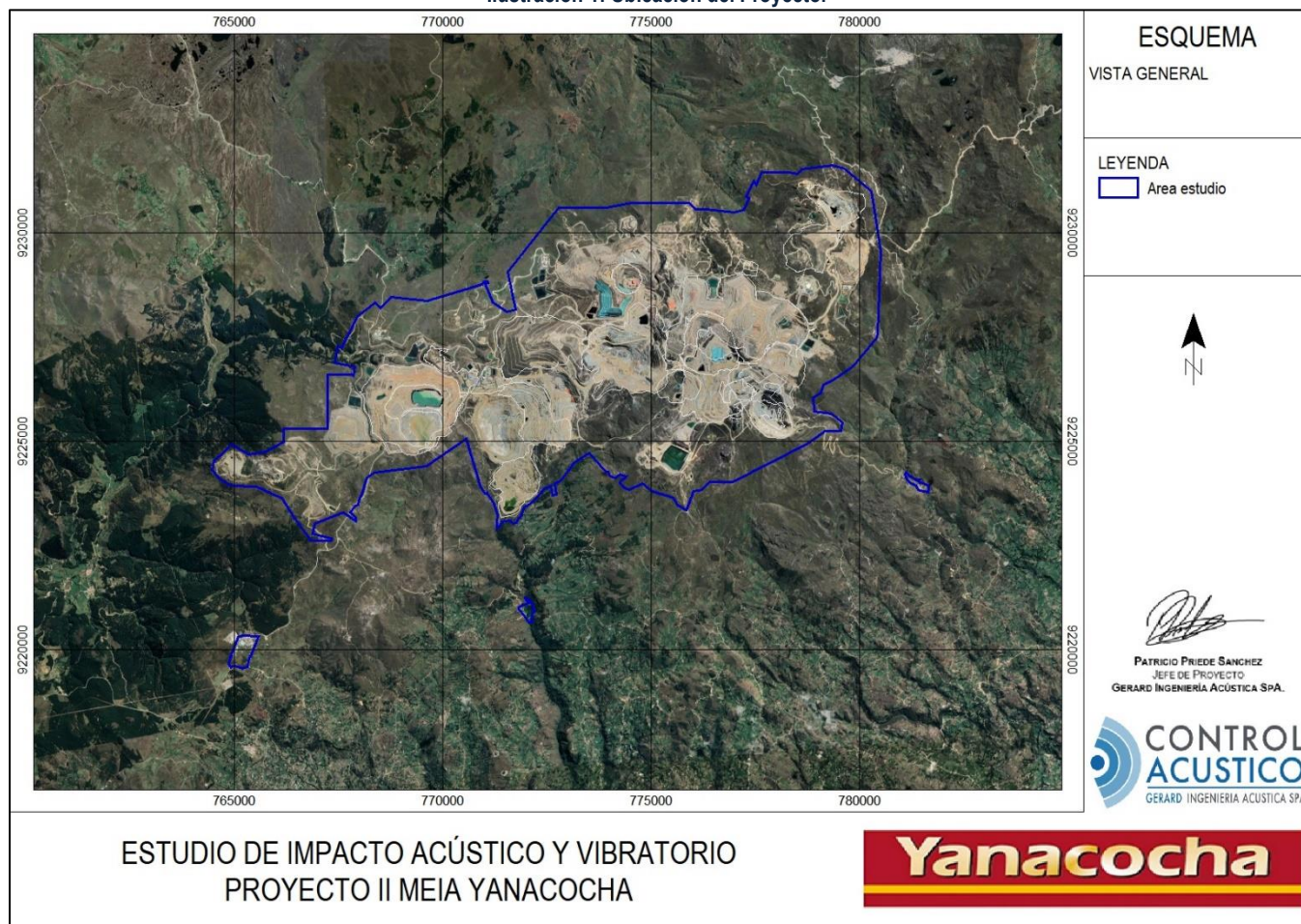
- Efectuar una predicción de los niveles de ruido y vibraciones para cada receptor, a través de modelaciones computacionales y proyecciones matemáticas.
- Comparar los resultados modelados con los niveles máximos permitidos por las normativas aplicables seleccionadas para tal efecto, evaluando el cumplimiento.
- En caso de incumplimiento preliminar, presentar medidas de control de ruido a nivel conceptual, con el fin de minimizar los impactos y cumplir con lo dispuesto en las normativas aplicables.

3 UBICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El objetivo del Proyecto es incluir en el planeamiento de las operaciones de la Unidad Minera Yanacocha la ampliación y/o modificación de componentes principales, la habilitación de dos componentes nuevos y la construcción de instalaciones auxiliares; los cuales permitirán mejorar la eficiencia operativa y dar continuidad a sus operaciones. Cabe aclarar que estos cambios propuestos se dan dentro de la actual área de operación, y propiedad de Minera Yanacocha.

A continuación, una ilustración con el esquema general de Minera Yanacocha.

Ilustración 1: Ubicación del Proyecto.



Elaboración: Gerard Ingeniería Acústica SpA.

4 NORMATIVA

4.1 Ruido

4.1.1 Maquinarias e instalaciones

Decreto Supremo N° 085-2003-PCM “Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Ruido”

El D.S. N° 085-2003-PCM, publicado el 30 de octubre de 2003, corresponde a la normativa que establece los estándares nacionales de calidad para el ruido ambiental en Perú, mediante la definición de niveles máximos permisibles de inmisión de ruido en los receptores sensibles.

Los límites máximos permitidos por la normativa están asociados a la zonificación realizada por la Municipalidad Provincial respectiva. Los tipos de zonas se definen como:

Tabla 1: Descripción de cada tipo de zona según D.S. N° 085-2003-PCM.

Zonas de Aplicación	Descripción
Zona de Protección Especial	La municipalidades provinciales en conjunto con las distritales, deberán identificar las zonas de protección especial y priorizar las acciones o medidas necesarias a fin de cumplir con el Estándar primario de Calidad Ambiental (ECA) establecido en el Anexo N°1 de la presenta norma de 50 dB(A) para el horario diurno y de 40 dB(A) para el horario nocturno.
Zona Residencial	Área autorizada por el gobierno local correspondiente para el uso identificado con viviendas o residencias, que permiten la presencia de altas, medias y bajas concentraciones poblaciones.
Zona Comercial	Área autorizada por el gobierno local correspondiente para la realización de actividades comerciales y de servicios.
Zona Industrial	Área autorizada por el gobierno local correspondiente para la realización de actividades industriales.

A continuación, los valores límites de Nivel de Presión Sonora equivalente (NPS_{eq}) con ponderación en frecuencia A en el receptor, para cada zona y horarios definidos por la normativa en cuestión.

Tabla 2: Niveles máximos permisibles por la normativa para cada zona y horario.

Zonas de Aplicación	Niveles máximos permisibles [dB(A)]	
	Periodo Diurno 07:01 a 22:00 horas	Periodo Nocturno 22:01 a 07:00 horas
Zona de Protección Especial	50	40
Zona Residencial	60	50
Zona Comercial	70	60
Zona Industrial	80	70

Cabe destacar que es probable la existencia de zonas mixtas, para las cuales la definición de máximos permitidos estará dada por los límites más restrictivos, tal y como se aprecia en su **Artículo 6**:

“De las zonas mixtas:

En los lugares donde existan zonas mixtas, el ECA se aplicará de la siguiente manera: Donde exista zona mixta Residencial - Comercial, se aplicará el ECA de zona residencial; donde exista zona mixta Comercial- Industrial aplicará el ECA de zona comercial; donde exista zona mixta Industrial - Residencial, se aplicará el ECA de zona Residencial; y donde exista zona mixta que involucre zona Residencial - Comercial - Industrial se aplicará el ECA de zona Residencial. Para lo que se tendrá en consideración la normativa sobre zonificación.”

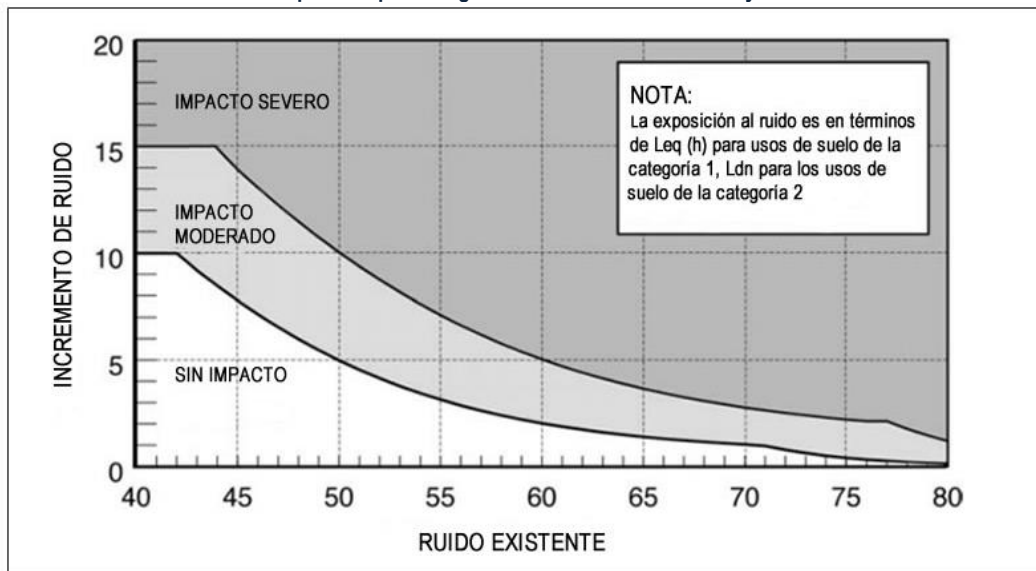
Finalmente, en este estudio, para efectos de evaluación, la zonificación correspondiente a cada receptor efectivo fue realizada por el mandante.

4.1.2 Flujo vehicular

La Administración Federal de Tránsito (*Federal Transit Administration*, FTA) de los Estados Unidos, establece las regulaciones y políticas para el cuidado del medioambiente, de los posibles impactos que pudiesen causar los sistemas de transporte. Entre dichas regulaciones se encuentran los niveles máximos de ruido y vibraciones para distintos medios de transportes, tales como ferrocarriles, buses y automóviles.

La siguiente ilustración muestra el criterio de impacto de ruido (*Noise Impact Criteria*) establecido por la FTA, para dos tipos de categorías (1 y 2), y para dos tipos de impactos del proyecto de transportes (moderado y severo), considerando el nivel de ruido existente en el exterior de las viviendas evaluadas y el incremento en los niveles de ruido por la operación del Proyecto.

Ilustración 2: Tipo de impacto según incremento de los niveles y ruido existente.



Fuente: *Federal Transit Administration*.

Como se aprecia en la ilustración anterior, para niveles elevados de ruido de fondo, el incremento en los niveles de ruido por la operación del proyecto en evaluación es mínimo. Por otro lado, para sectores donde los niveles de ruido existentes sin proyecto sean bajos, se permite un mayor incremento.

La categoría del receptor y/o edificación evaluada se definen según el uso de suelo, como se detalla a continuación:

Tabla 3: Categoría de uso de suelo y descriptor, según FTA.

Categoría según uso de suelo	Unidad de medida [dB (A)]	Descripción
1	Leq (h)	Sectores donde bajos niveles de ruido sean indispensables para las actividades a desarrollar. (Teatros, salas de concierto, estudios de grabación, entre otros).
2	L _{DN}	Sectores con construcciones que la gente utiliza normalmente para dormir. (Viviendas, hospitales y hoteles).
3	Leq (h)	Suelo con uso institucional, utilizados principalmente en los períodos de día y tarde. Esta categoría incluye escuelas, bibliotecas e iglesias donde es importante evitar la interferencia con actividades como el habla, meditación y la concentración en la lectura. Edificios donde es importante la tranquilidad en su interior, tales como consultorios médicos, salas de conferencias, estudio de grabación y salas de conciertos. Zonas de meditación o estudio asociados a cementerios, monumentos, museos. Algunos sitios de valor histórico, parques infraestructura de recreación también se incluyen en la categoría.

*Leq (h) para la hora más ruidosa, relacionadas con el tránsito durante las horas de sensibilidad al ruido.

Fuente: Federal Transit Administration.

En la clasificación anterior se aprecia que cada categoría es evaluada con un descriptor distinto, lo cual se debe a que las categorías 1 y 3 presentan un funcionamiento temporal acotado, poniendo énfasis al mayor nivel de presión sonora obtenido por hora durante este periodo (en Leq(h)). En cambio, para la categoría 2, relacionada al uso habitacional, se evalúa con relación al nivel día-noche (L_{DN}), ya que este descriptor es tomado en consideración para zonas donde el periodo nocturno es un factor sensible.

Respecto a la clasificación de impacto, la normativa establece que el impacto severo amerita la implementación inmediata de alguna medida de control de ruido, mientras que el impacto moderado corresponde a una advertencia por la cual se señala que los niveles están próximos al límite del impacto severo. La siguiente tabla describe la clasificación de impacto dada por el estándar de la FTA.

Tabla 4: Definición de tipos de impacto según FTA.

Clasificación del impacto	Definición
No existe impacto	La introducción del ruido del proyecto conlleva un incremento insignificante en el número de personas altamente molestas.
Impacto moderado	El cambio en el nivel de ruido acumulado es notorio para la mayoría de las personas, pero no lo suficientemente alto para producir una reacción adversa por parte de la comunidad.
Impacto severo	Un porcentaje significativo de personas estaría altamente molesto por el ruido introducido por el proyecto.

Fuente: Federal Transit Administration.

4.1.3 Voladuras

AS 2187.2-2006: Explosives – Storage, Transport and Use. Part 2: Use of Explosives¹

La normativa australiana AS 2187.2:2006 provee de requerimientos, información y lineamientos para el uso de explosivos, el manejo de los sitios donde éstos son detonados y la destrucción de excesos y/o material deteriorado. Entre otros aspectos, el documento aborda los potenciales efectos asociados a la onda aérea que generan los eventos de tronadura en base a dos categorías:

- a) el malestar causado a personas;
- b) el potencial daño sobre estructuras, elementos arquitectónicos y de servicios.

La evaluación de ambos efectos se debe realizar de forma separada, puesto que, según el contenido en frecuencia de un evento determinado, este puede ser levemente percibido por humanos y a la vez ser el responsable de daños sobre estructuras o elementos arquitectónicos.

A su vez, el efecto de molestia sobre personas que conlleva un evento de tronaduras no solo está relacionado con el nivel de presión que este alcanza, sino que también influye su duración y el número de sucesos que ocurren dentro de un determinado intervalo de tiempo.

En relación al daño sobre estructuras, el documento establece como límite seguro un nivel de 133 [dB(L)] para descartar potenciales efectos negativos. Por otra parte, el nivel de presión sonora definido como límite de confort para humanos, depende de la periodicidad de los eventos y el tipo de instalación que ocupa el receptor presuntamente afectado.

A través de la siguiente tabla se detallan los máximos que establece la normativa australiana.

Tabla 5: Niveles de onda aérea límite para el confort de humanos.

Categoría	Tipo de tronadura	Nivel de Presión Sonora Peak [dB(L)]
Sitio sensitivo*	Operaciones cuya duración es mayor a 12 meses o que implican más de 20 eventos	115 [dB(L)] para el 95% de tronaduras en un año. 120 [dB(L)] máximo.
Sitio sensitivo*	Operaciones cuya duración es menor a 12 meses o que implican menos de 20 eventos	120 [dB(L)] para el 95% de tronaduras en un año. 125 [dB(L)] máximo.
Sitios no sensitivos ocupados, como fábricas y con patente comercial	Todas las tronaduras	125 [dB(L)]
*Sitio sensitivo: incluye viviendas y edificaciones de baja altura con uso residencial, hospitales, teatros, escuelas, etc.		

Fuente: AS 2187.2:2006

La escala de medida utilizada corresponde a decibeles lineales [dB(L)], la cual no aplica ponderación en frecuencia y, en ocasiones, es también denotada como [dB(Z)].

¹ En español, Explosivos: Almacenamiento, transporte y uso. Parte 2: Uso de explosivos.

4.2 Vibraciones

4.2.1 Generadas por maquinarias e instalaciones

FTA – Transit Noise and Vibration Impact Assessment

Para las faenas con maquinaria pesada, se utilizarán los máximos establecidos por la “*Transit Noise and vibration Impact Assessment*”, elaborada por la *Federal Transit Administration* (FTA), la cual establece valores de daño y criterios de molestia a partir de Velocidad Peak de Partícula (PPV) en pulgadas/segundo y Nivel de Velocidad (L_v) en [VdB], respectivamente.

Para la molestia, se utilizan los niveles establecidos para eventos frecuentes (con más de 70 ocurrencias al día) para la Categoría 2, que corresponde a lugares donde las personas normalmente duermen, con un máximo permitido de 72 [VdB].

Tabla 6: Criterio de impacto para niveles generales de vibración. Extracto FTA.

Categoría uso de suelo	Nivel de impacto de vibraciones [L_v] (VdB Ref: 1 [μ m/s])		
	Eventos frecuentes	Eventos ocasionales	Eventos infrecuentes
Categoría 1: Edificios donde son esenciales bajos ambientes de vibración para operaciones internas (Instrumental hospitalario, laboratorios de investigación, etc.)	65 ^d	65 ^d	65 ^d
Categoría 2: Residencias o edificaciones donde normalmente duerme gente.	72	75	80
Categoría 3: Usos de suelo institucionales prioritariamente diurno (Escuelas, Iglesias, etc.)	75	78	83
Notas: ^a “Eventos frecuentes” se define como los eventos que ocurren más de 70 eventos/día ^b “Eventos ocasionales” se definen entre 30 y 70 eventos/día ^c “Eventos infrecuentes” se definen como eventos con una ocurrencia menor a 30 eventos/día. ^d Este criterio está basado en niveles límites que son aceptables para equipamientos moderadamente sensibles como microscopios ópticos. Edificaciones manufactureras sensibles a la vibración deberán ser evaluadas con un análisis más detallado de niveles. Asegurar bajos niveles de vibraciones dentro de la misma edificación requiere un diseño especial de sistemas de ventilación y extracción.			

Fuente: FTA-VA—90-1003-06.

La tabla anterior muestra diferentes criterios para la evaluación general del impacto vibratorio, donde se definen tres tipos de categorías de uso de suelo de acuerdo a las características de las instalaciones a evaluar y las cuales tienen asociadas tres niveles máximos de impacto vibratorio L_v en función de la frecuencia en que ocurren los eventos asociados a la generación de vibraciones.

Por otro lado, para la evaluación bajo el criterio de daño a edificaciones, los valores máximos para cada categoría de evaluación se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 7: Criterio de impacto para niveles generales de vibración. Extracto FTA.

Categoría de edificación	PPV [in/s]	L _v aproximado [VdB] ^e
I. Concreto reforzado con madera o acero (sin enlucido)	0.5	102
II. Diseño de ingeniería de hormigón y mampostería	0.3	98
III. Madera y mampostería sin diseño de ingeniería	0.2	94
IV. Edificio muy susceptible al dato por vibraciones	0.12	90
^e Velocidad RMS en decibeles [VdB] referencia 1 [μin/s].		

Fuente: FTA-VA—90-1003-06.

Para el criterio de daño se utiliza lo establecido por la norma FTA para Categoría IV, la cual corresponden a edificaciones muy susceptibles al daño (criterio más restrictivo), con un nivel máximo permitido de 0.12 [in/s] de PPV.

4.2.2 Generadas por voladuras

DIN 4150-3:2015 del Instituto de Normalización Alemana – Evaluación de efectos de Vibración sobre estructuras

La norma utilizada para evaluar los niveles de vibración durante voladura corresponde al estándar alemán DIN 4150-3:2015 del Instituto de Normalización Alemana (*Deutsches Institut für Normung—DIN*). Referente a la evaluación de los efectos producidos por vibraciones sobre las estructuras, trata los efectos en edificios y sus elementos estructurales de vibraciones de carácter internas y externas. Para la valoración mediante este criterio, las velocidades, las frecuencias o las tensiones debidas a las cargas dinámicas, se comparan con sus valores recomendados.

Partiendo de los tiempos de actuación de las vibraciones aparecen tres criterios de aceptación:

- Vibraciones estructurales de corta duración (transitorias).
- Vibraciones estructurales permanentes.
- Vibraciones permanentes particulares de los forjados.

Los valores recomendados para velocidad peak de partícula (*peak particle velocity – PPV*) por la DIN 4150-3:2015 dependen del tipo de edificación, tal como se detalla en la siguiente tabla.

Tabla 8: Pauta de valores para velocidad de vibración a ser usados cuando se evalúan vibraciones de corta duración en estructuras. Norma alemana DIN 4150-3:2015.

Línea	Tipo de estructura	Pauta de valores para velocidad v_i , en [mm/s]			
		Vibraciones en las fundaciones en la frecuencia de			Vibraciones en el plano
		1Hz a 10Hz	10Hz a 50Hz	50Hz a 100Hz	

					horizontal del piso superior en todas las frecuencias
1	Edificaciones usadas con propósito comercial, edificaciones industriales y edificaciones de similar diseño	20	20 a 40	40 a 50	40
2	Viviendas y edificaciones de similar diseño y habitabilidad	5	5 a 15	15 a 20	15
3	Estructuras que debido a su particular sensibilidad a las vibraciones no pueden ser clasificadas bajo las líneas 1 y 2 y por su gran valor intrínseco (ej. Listado de edificaciones bajo orden de preservación.	3	3 a 8	8 a 10	8

*Para frecuencias sobre los 100 Hz, el valor dado en esta columna puede ser usado como el mínimo valor.

Fuente: DIN 4150-3:2015.

En el caso del presente estudio se utilizará el menor valor indicado para la línea 2, que corresponde a viviendas y edificación de similar diseño y habitabilidad. Este valor es de 5 [mm/s], en las frecuencias de 1 a 50 [Hz], dado que las frecuencias altas se disipan rápidamente con la distancia y solo prevalecen las ondas largas, y, además, el tipo de vivienda no es un sitio sensible.

5 PUNTOS DE EVALUACIÓN

5.1 Ubicación de los puntos de evaluación

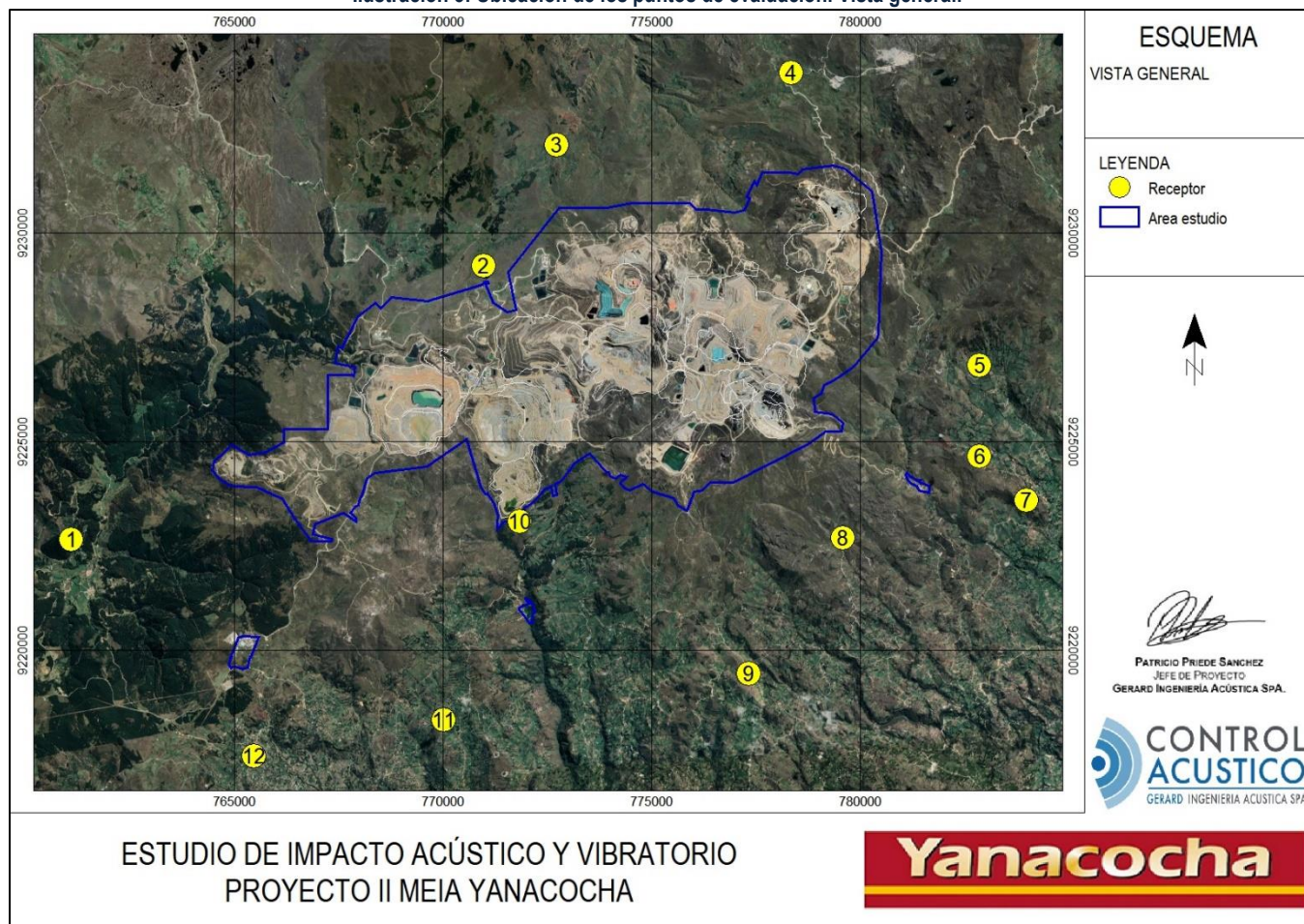
Los puntos de evaluación fueron renombrados en función a la información enviada por el cliente, para efectos de mantener un orden en el estudio. A continuación, se muestra una tabla con las homologaciones realizadas:

Tabla 9: Homologación nombres puntos de medición.

Nombre estaciones de monitoreo	Estudio de ruido y vibraciones
GRPO-R01	1
SHIL-R02	2
APAL-R03	3
CUSH-R04	4
PBCO-R05	5
PRCO-R06	6
BELL-R07	7
TREST-R13	8
CARH-R12	9
QCOR-R09	10
TUAL-R11	11
PRCA-R14	12

A continuación, se entrega la ubicación y descripción de los puntos de evaluación de ruido y vibraciones.

Ilustración 3: Ubicación de los puntos de evaluación. Vista general.



Elaboración: Gerard Ingeniería Acústica SpA.

Tabla 10: Ubicación y descripción de puntos de evaluación.

Receptor	Descripción	Coordenadas UTM	
		Datum WGS 84 Huso 17M	
		Este	Norte
1	Estación ubicada en la granja Porcon cercana a la zona conocida como La Cabaña.	761.106	9.222.650
2	Estación ubicada a 700 [m] de la quebrada Shillamayo en el sector La Pajuela.	770.976	9.229.219
3	Estación ubicada en el caserío La Quinua.	772.730	9.232.102
4	Ubicado en el I.E. N°821364 Cushuro Quehuilla. en el caserío Cushurobamba	778.346	9.233.830
5	Estación ubicada en el caserío Pabellón de Combayo.	782.869	9.226.824
6	Estación ubicada en el caserío Porvenir de Combayo.	782.864	9.224.648
7	Estación ubicada en el caserío Bellavista Alta.	783.981	9.223.586
8	Estación ubicada en el caserío Tres Tingos.	779.586	9.222.689
9	Estación ubicada en el caserío Carhuaquero.	777.336	9.219.430

Receptor	Descripción	Coordenadas UTM	
		Datum WGS 84 Huso 17M	
		Este	Norte
10	Estación ubicada en el caserío Quishual Corral.	771.858	9.223.091
11	Estación ubicada en el caserío Tual.	770.030	9.218.322
12	Estación ubicada en el caserío Porcon Alto.	765.477	9.217.461

Fuente: MWH

5.2 Datos de medición de ruido en estaciones de monitoreo

A continuación, se presenta un resumen de los resultados obtenidos en cada estación de monitoreo de ruido para el periodo diurno y nocturno que corresponden a los indicados por el mandante del Proyecto.

Tabla 11: NPS_{eq} en [dB(A)]. Periodo diurno (07:01 a 22:00) y nocturno (22:01 a 7:00).

Punto	Fecha de medición	Diurno [dB(A)]			Nocturno [dB(A)]		
		NPS_{eq}	$NPS_{m\acute{a}x}$	$NPS_{m\acute{i}n}$	NPS_{eq}	$NPS_{m\acute{a}x}$	$NPS_{m\acute{i}n}$
1	28, 29/09/2017	50.3	61.7	38.5	49.6	60.5	39.4
2	16, 17/09/2017	49.3	62.5	37.5	49.1	58.7	40.1
3	29, 30/09/2017	51.1	62.1	40.5	50.9	60.7	41.4
4	18, 19/09/2017	49.3	63.2	38.7	46.7	57.1	39.0
5	03, 04/10/2017	52.0	61.9	39.5	52.0	59.7	42.5
6	25, 26/09/2017	50.3	59.2	42.6	51.4	62.2	41.1
7	12, 13/10/2017	54.2	64.3	40.6	54.0	64.5	40.8
8	22, 23/09/2017	52.1	64.4	39.8	50.6	63.5	40.1
9	19, 20/09/2017	53.4	64.9	45.8	53.7	62.9	46.7
10	26, 27/09/2017	53.2	67.6	42.6	52.0	65.8	41.1
11	04, 05/10/2017	53.8	62.6	40.6	51.3	60.5	40.9
12	20, 21/09/2017	50.4	62.6	39.8	51.4	63.5	40.1

Como se puede apreciar en la Tabla 11, los NPS_{eq} varían entre 49.3 y 54.2 [dB(A)] para el periodo diurno, mientras que para el periodo nocturno éstos fluctúan entre 46.7 y 54.0 [dB(A)]. Todos los niveles registrados contienen la operación actual de la mina, además de otras fuentes típicas del sector en los cuales se ubican los receptores y serán indicados en este estudio como referenciales o complementarios a la evaluación.

5.3 Zonificación y máximos permisibles

5.3.1 Ruido

5.3.1.1 D.S N°085-2003 PCM

Dado que los niveles máximos permisibles de presión sonora se establecen de acuerdo a la zona donde se ubique el receptor, a continuación, se presentan las zonas conforme a la ubicación de cada estación de monitoreo junto a su respectiva homologación a las zonas definidas por el D.S. N°085-2003 PCM y sus máximos permitidos para cada periodo de evaluación.

Tabla 12: Zonificación y niveles máximos permisibles según D.S. N° 085-2003 PCM.

Receptor	Homologación según D.S. N°085-2003 PCM		
	Zona	Nivel máximo diurno [dB(A)]	Nivel máximo nocturno [dB(A)]
1	Zona residencial	60	50
2	Zona residencial	60	50
3	Zona residencial	60	50
4	Zona de protección especial	50	40
5	Zona residencial	60	50
6	Zona de protección especial	50	40
7	Zona residencial	60	50
8	Zona residencial	60	50
9	Zona residencial	60	50
10	Zona residencial	60	50
11	Zona de protección especial	50	40
12	Zona residencial	60	50

En la Tabla 11 se aprecia que para el periodo diurno los máximos permisibles varían entre 50 y 60 [dB(A)], mientras que para el periodo nocturno estos varían entre 40 y 50 [dB(A)].

5.3.1.2 Evaluación de ruido flujo vehicular FTA-VA—90-1003-06

Según lo detallado en el capítulo 4.1.2, los puntos evaluados los podemos clasificar en la categoría indicada en la Tabla 13:

Tabla 13: Categoría de receptor y descriptor acústico aplicado para evaluación de impacto.

Receptor	Categoría edificación	Descriptor
1 al 12	Categoría 2	LDN

A continuación, se detalla el incremento máximo permitido para la categoría señalada.

Tabla 14: Nivel de exposición de proyecto, LDN en [dBA] para Categoría 2.

Nivel de exposición existente LDN [dB(A)]	Categoría 2	
	Máximo de referencia, en [dB(A)] Sin Impacto	Incremento máximo, en [dB] Sin impacto
40	50.0	10.0
41	51.0	10.0
42	52.0	10.0
43	52.2	9.2
44	52.5	8.5
45	52.8	7.8
46	53.2	7.2
47	53.6	6.6

Nivel de exposición existente LDN [dB(A)]	Categoría 2	
	Máximo de referencia, en [dB(A)] Sin Impacto	Incremento máximo, en [dB] Sin impacto
48	54.0	6.0
49	54.5	5.5
50	55.0	5.0
51	55.6	4.6
52	56.2	4.2
53	56.8	3.8
54	57.5	3.5
55	58.2	3.2
56	58.9	2.9
57	59.6	2.6
58	60.4	2.4
59	61.2	2.2
60	62.0	2.0
61	62.9	1.9
62	63.7	1.7
63	64.6	1.6
64	65.5	1.5
65	66.4	1.4
66	67.3	1.3
67	68.2	1.2
68	69.2	1.2
69	70.1	1.1
70	71.0	1.0
71	72.0	1.0
72	72.8	0.8
73	73.6	0.6
74	74.5	0.5
75	75.4	0.4
76	76.3	0.3
77	77.3	0.3
78	78.2	0.2
79	79.2	0.2
80	80.1	0.1

Fuente: FTA-VA—90-1003-06.

Con los datos presentados en el apartado 5.2 se calculó el Nivel día - noche (L_{DN}), siendo este último el descriptor utilizado para la evaluación del impacto que tendrá el flujo vehicular en los receptores indicados en el capítulo 5.1.

Tabla 15: L_D , L_N y L_{DN} para puntos en evaluación.

Punto	L_D	L_N	L_{DN}
1	50.3	49.6	56
2	49.3	49.1	56
3	51.1	50.9	57

Punto	L _D	L _N	L _{DN}
4	49.3	46.7	54
5	52	52	58
6	50.3	51.4	58
7	54.2	54	60
8	52.1	50.6	57
9	53.4	53.7	60
10	53.2	52	59
11	53.8	51.3	58
12	50.4	51.4	58

A continuación, se presenta la tabla con los valores máximos permisibles según el procedimiento descrito por el estándar FTA, aplicado al ruido de tránsito vehicular.

Tabla 16: Máximos permitidos según estándar de la FTA.

Receptor	Categoría	Nivel de ruido existente L _{DN} en [dB(A)]	Incremento permitido Situación Proyecto [dB(A)]	Nivel de ruido permitido Situación con Proyecto L _{DN} [dB(A)]
1	2	56	3	59
2		56	3	59
3		57	3	60
4		54	3	57
5		58	2	60
6		58	2	60
7		60	2	62
8		57	3	60
9		60	2	62
10		59	2	61
11		58	2	60
12		58	2	60

5.3.1.3 Evaluación de ruido de tronaduras según Normativa AS 2187.2-2006

El máximo de referencia corresponde al establecido para operaciones cuya duración es mayor a 12 meses, o bien, que implican más de 20 eventos, el cual corresponde a un nivel de sobrepresión de 115 [dB(L)].

5.3.2 Vibraciones

5.3.2.1 Evaluación vibraciones maquinarias FTA-VA—90-1003-06

En base a lo mencionado en el acápite 4.1.2, considerando un escenario conservador, para el criterio de molestia se utilizará lo establecido por la norma FTA para Categoría 2, la cual corresponde a residencias o edificaciones

donde normalmente duermen personas, considerando una periodicidad de eventos vibratorios “frecuentes” para las actividades con más de 70 eventos diarios. De este modo, se tiene como nivel máximo permitido 72 [VdB] para las actividades de construcción y operación.

Por su parte, para el criterio de daño se utilizará lo establecido para Categoría IV, la cual corresponde a edificio muy susceptible al daño por vibraciones, con un nivel máximo permitido de 0.12 [pulgadas/s] de PPV para todos los receptores.

5.3.2.2 Evaluación de vibraciones generadas por tronaduras DIN 4150-3:2015

A partir de la Tabla 8, el valor VPP utilizado como máximo recomendado para este caso será 5 [mm/s] para la Velocidad Peak de Partícula (VPP), debido a que, tal y como se detalla en la Tabla 8, los receptores sensibles a evaluar corresponden a edificaciones normales y no se identifican edificaciones o monumentos históricos arqueológicos.

6 METODOLOGÍA

6.1 Modelación y proyección de ruido

6.1.1 Maquinarias e instalaciones

La metodología de modelación de ruido generado por maquinaria e instalaciones se basa en la normativa ISO 9613 que utiliza los principios de atenuación divergente, junto a atenuación extra introducida por obstáculos y atenuación por aire.

Se modeló el aporte exclusivo generado por las fuentes del Proyecto en evaluación, en base a información de ubicación espacial de fuentes proporcionado por el mandante. El software de simulación computacional utilizado corresponde a SoundPLAN 8.0, el cual incorpora variables físicas del entorno y características acústicas de las fuentes sonoras.

La temperatura se fijó en 10° C y la humedad relativa en 70%, constituyendo un escenario desfavorable por la baja atenuación de la propagación de la onda sonora, debido a estos efectos meteorológicos. Además, la norma de cálculo utilizada considera siempre la velocidad del viento entre 1 y 5 m/s² como establecido en la ISO 9613 parte 2, en dirección de las fuentes de ruido hacia los receptores, es decir, a favor de la propagación. De acuerdo a lo anterior, el escenario modelado representa una estacionalidad climática crítica.

² ISO 9613-2:1996, Meteorological conditions, page 3.

Tabla 17: Resumen de entradas y salidas en el proceso de cálculo del modelo SoundPLAN.

	Ítem		Descripción
Entradas (Input)	Topografía		Cotas de terreno
	Ubicación de fuentes de ruido		Puntos, áreas o líneas de emisión
	Ubicación de receptores		Puntos de inmisión
	Obstáculos	Existentes	Cotas de Terreno / Viviendas
		Introducidos	-
	Algoritmo de cálculo		ISO 9613, parte 1 y 2
Salidas (Output)	Niveles de Presión Sonora modelados		Mapas de propagación sonora
			Niveles de Presión Sonora en puntos de inmisión elegidos (Receptores)

6.1.2 Flujo vehicular

Para la modelación del flujo vehicular (fuentes móviles), el cálculo se efectúa de acuerdo a la normativa alemana RLS-90, que se divide en dos partes. La primera de ellas se refiere al descriptor principal de la línea de emisión de una carretera, llamado LME25, y que corresponde al nivel de inmisión producido por una carretera en un punto situado a 25 [m] del eje central y a 4 [m] sobre el nivel del suelo.

La predicción de este descriptor (LME25) utiliza las siguientes variables:

- ✓ Flujo vehículos livianos.
- ✓ Flujo vehículos pesados.
- ✓ Velocidad media vehículos livianos.
- ✓ Velocidad media vehículos pesados.
- ✓ Tipo de superficie (asfalto o ripio)
- ✓ Reflexión múltiple (causada por eventuales edificios altos en ambos lados de la carretera).

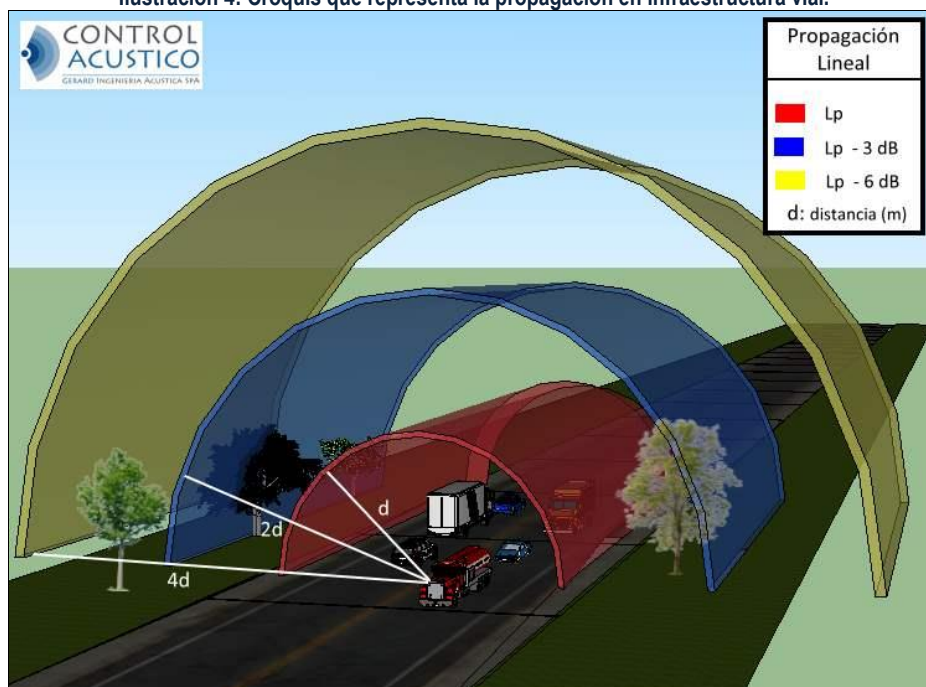
La segunda parte de la norma se refiere al cálculo de propagación sonora desde la línea de emisión, utilizando el LME25 como dato de entrada.

La RLS 90 fragmenta la línea de emisión como pequeños segmentos diferenciales, tomando cada uno de ellos como una fuente puntual. La propagación la realiza considerando divergencia puntual de cada segmento, integrando la totalidad de la ruta y calculando las atenuaciones para la banda de 500 [Hz]. Este proceso de cálculo fue asistido por un modelo computacional implementado a través del software SoundPLAN v8.0, el cual permitió caracterizar el entorno físico del proyecto y efectuar la estimación de acuerdo al método antes referido.

Finalmente, el mapa de ruido obtenido representa la emisión de la vía e intenta interpretar dicha emisión en función de los flujos vehiculares. La línea de emisión sonora se compone de fuentes puntuales incoherentes e iguales entre sí que irradian energía acústica un régimen de propagación cilíndrico.

Las siguientes ilustraciones contienen croquis que ejemplifican la propagación de una línea de emisión en conjunto con las atenuaciones en [dB] que se generan al incrementar la distancia entre fuente – receptor.

Ilustración 4: Croquis que representa la propagación en infraestructura vial.



Elaboración: Gerard Ingeniería SpA.

Ilustración 5: Esquema de propagación semi-cilíndrica.



Elaboración: Gerard Ingeniería SpA.

6.1.3 Voladuras

Para predecir el nivel de ruido generado por voladuras se utiliza el método de sobrepresión que indica la normativa AS-2187: Explosives-Storage, transport and use:

$$P = K \left(\frac{d}{\sqrt[3]{Q}} \right)^\alpha \text{ [kPa]}$$

Donde:

P: Presión en (kPa).

d: distancia desde la fuente al receptor [m].

Q: carga de explosivo por retardo [kg].

K y α : constantes de suelo y propagación.

Luego, el nivel de presión sonora NPS está dado por:

$$NPS = 20 \log \left(\frac{P}{P_0} \right) \text{ [dB]}$$

con $P_0 = 20 \text{ [}\mu\text{Pa]}$

En ausencia de los valores asociados a las constantes K y α , que son únicos para cada escenario y dependen de las condiciones geológicas del suelo y el medio de propagación en el sitio de faenas, se utilizaron los valores de constantes empleadas en el “Manual de Tronadura Enaex S.A.”, que equivalen a 3.3 y -1.2 para K y α , respectivamente. En el caso de la carga Q por retardo se utilizó 300 [kg], indicada por el mandante.

6.2 Proyección de vibraciones

6.2.1 Maquinaria e instalaciones

Las actividades de construcción y operación pueden generar variados grados de vibración, dependiendo de la maquinaria utilizada y de los métodos constructivos y de operación empleados. La operación de las maquinarias genera ondas vibratorias que disminuyen en intensidad con la distancia. Las edificaciones cercanas a estas actividades pueden verse afectadas a las vibraciones, cuyos efectos varían desde niveles casi imperceptibles, como ruido de baja frecuencia con percepción moderada, hasta daños en las estructuras o en alguna parte de éstas.

Generalmente, las vibraciones no suelen causar daño en las estructuras, sin embargo, pueden alcanzar rangos audibles y sensitivos en sectores con edificaciones cercanas al sitio de faena. Una excepción a lo anterior puede darse en edificaciones frágiles, en donde se debe tener mucho cuidado para no generar daños.

Con el fin de predecir y evaluar el impacto producido por las vibraciones que se generarán durante la construcción y operación del Proyecto, se utilizará la metodología de predicción y evaluación dispuesta en la norma norteamericana “*Transit Noise and vibration Impact Assessment*”, elaborada por la *Federal Transit Administration* (FTA), la cual establece valores de daño y criterios de molestia a partir de velocidad peak de partícula (Peak Particle Velocity o PPV) en pulgadas/segundo y Nivel de velocidad (L_v) en [VdB], respectivamente.

En dicha normativa, se especifican niveles de vibración para diferentes tipos de maquinaria, los cuales fueron medidos a 25 pies de distancia (8 metros). Los valores especificados en la norma se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 18: Indicadores de vibración de distintas maquinarias, medidos a 25 pies de distancia.

Velocidad peak de partícula y niveles de vibración		
Maquinaria	PPV a 25 pies [in/s]	L_v a 25 pies [VdB]
Pilotea	1.518	112
Rodillo vibratorio o compactador	0.210	94
Martillo percutor en excavadora	0.089	87
Bulldozer grande	0.089	87
Perforadora	0.089	87
Camión pesado	0.076	86
Kango	0.035	79

Fuente: Federal Transit Administration (FTA) – “*Transit Noise and Vibration Impact Assessment*”.

Para efectos de cálculo, y considerando la maquinaria propia de las faenas en estudio, se consideraron los valores referidos a "Rodillo vibratorio o compactador" con un L_v de 94 [VdB], ya que representa el caso más desfavorable de maquinaria que será utilizada.

Para la estimación del impacto producido por las actividades de construcción, se definen las siguientes ecuaciones:

Evaluación de Daño

$$PPV_{equip} = PPV_{ref} \cdot \left(\frac{25}{D}\right)^{1.5} \quad \text{(Ecuación 1)}$$

Dónde:

PPV_{equip} : Es la velocidad peak de partícula proyectada en el receptor.

PPV_{ref} : Es la vibración de referencia en [pulgadas/seg] medida a 25 [pies].

D : Distancia (en pies) entre el receptor y la fuente.

Evaluación de Molestia

$$L_v(D) = L_v(25 ft) - 30 \cdot \log_{10} \left(\frac{D}{25}\right) \quad \text{(Ecuación 2)}$$

Dónde:

$L_v(D)$: Es el nivel de velocidad en [VdB] proyectado en el receptor.

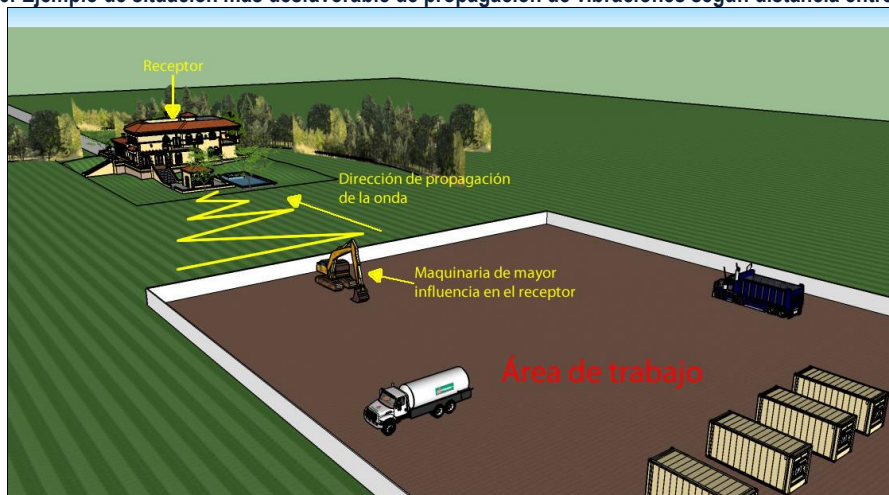
$L_v(25 ft)$: Es el nivel de velocidad de referencia en [VdB] medido a 25 [pies].

D : Distancia (en pies) entre el receptor y la fuente.

En virtud de las ecuaciones anteriormente definidas, se realizarán proyecciones de las vibraciones en todos los receptores evaluados, utilizando los criterios de daño (para estructuras) y molestia (en los moradores o habitantes). Las proyecciones considerarán las menores distancias posibles entre el foco de trabajo y el receptor.

La metodología de proyección abarca la condición más desfavorable, tal como se visualiza en la siguiente figura a modo de ejemplo.

Ilustración 6: Ejemplo de situación más desfavorable de propagación de vibraciones según distancia entre maquinaria y receptor.



Elaboración: Gerard Ingeniería Acústica SpA.

En la figura anterior, se aprecia la metodología de proyección abordada en el estudio, la cual considera la influencia de la maquinaria más próxima al receptor cercano a alguna faena constructiva. En este caso la proyección de vibraciones se llevará a cabo utilizando la maquinaria de mayor emisión vibratoria utilizada en los frentes de trabajo del Proyecto que es un Rodillo vibratorio o compactador, que se aprecia en la Tabla 18.

6.2.2 Voladuras

Las tronaduras generan vibraciones terrestres importantes, las cuales, dependiendo de su magnitud y de las distancias involucradas, eventualmente pueden tener un efecto sobre las estructuras e instalaciones.

La detonación de la carga explosiva genera una onda de presión que desplaza las partículas que rodean la zona de detonación. La elasticidad de la onda transmitida es directamente proporcional a la velocidad de partícula. Las componentes verticales, longitudinales y transversales de una onda vibratoria causada por una detonación se miden mediante instrumentación especializada. Una misma cantidad de carga explosiva detonada y medida a una distancia fija, no necesariamente produce la misma magnitud de vibración si se realiza en diferentes lugares. Lo anterior es producto de una serie de variables principalmente relacionadas con el tipo de suelo.

Para predecir las vibraciones producida por las tronaduras se utilizará la fórmula propuesta por *Duvall et al*, para el US Bureau of Mines, que propone la siguiente expresión:

$$VPP = K \left(\frac{d}{\sqrt{P}} \right)^{-\alpha} \text{ [mm/s]}$$

Donde:

VPP : Velocidad Peak de Partícula en [mm/s].

d : distancia desde la fuente al receptor [m].

P : carga de explosivo [kg].

K y α : variables determinadas estadísticamente dependientes de las condiciones geológicas del suelo.

Para determinar la forma en que se propaga el nivel de vibraciones en el tipo de suelo en estudio, es necesario realizar una serie de ensayos de vibración donde es posible determinar los valores de las constantes de suelo K y α . No obstante, la obtención de las constantes también es posible mediante una revisión de antecedentes bibliográficos que permita conocer valores a utilizar en una modelación en condiciones conservadoras, es decir muy favorables a la propagación. En la siguiente tabla se muestran constantes utilizadas para diferentes cortes temporales y sectores del mundo, las cuales fueron recolectadas de antecedentes bibliográficos.

Tabla 19: Diferentes valores de las constantes del suelo K y α .

Ecuación	K	α
López Jimeno	1400	1.6
Chapot 1881 para Canteras	250	1.8
Trish, 1983	1274	1.76
Midéia et al., 1978, para macizos basálticos	51.48	1.298
Blastronics (norte de Chile)	357	2.07

Fuente: Gerard Ingeniería Acústica SpA 2013.

Para efectos de proyección se consideraron aquellos valores que permiten representar el escenario más conservador, los que corresponden a 1400 y 1.6 para K y α , respectivamente (López Jimeno, Madrid 1959). La carga máxima de explosivo por retardo equivale a 300 [Kg].

7 DATOS DE ENTRADA AL MODELO ACÚSTICO

7.1 Maquinaria e instalaciones

Para la modelación de las emisiones de ruido generadas durante la etapa de construcción y operación del Proyecto se consideran las maquinarias y equipos que se mencionan en las siguientes tablas, estas se obtuvieron a partir de los valores contenidos en la norma británica “*Update of Noise database for prediction of noise on construction and open sites*” (contained in Annex C, Part 1 of BS5228). Department for Environment, Food and Rural Affairs (DEFRA), 2004”, parte de la Norma Británica, BS 5228-2: 2009, “Code of practice for noise and vibration control on construction and open sites – Part 1: Noise”, y son comparables en magnitud a mediciones realizadas por Gerard Ingeniería Acústica SPA a maquinarias en proyectos similares.

7.1.1 Construcción

A continuación, se presenta la maquinaria necesaria para la construcción de los componentes del Proyecto, estas fueron separadas en frentes de trabajo, según la necesidad y ubicación requerida por el mandante.

Tabla 20: Potencias acústicas de la maquinaria. PAD Yanacocha Etapa 8.

Fuente de ruido	Cantidad	Lw en [dB(A)] en espectro de frecuencia [Hz]								Lw dB(A)	Referencia
		63	125	250	500	1k	2k	4k	8k		
Camión Gigante 793	1	98.8	106.9	110.4	115.8	114	113.2	108	101.9	120.4	BS 5228 Tabla C6, N°13
Cargador Frontal 966	1	88.8	93.9	96.4	102.8	101	99.2	93	83.9	107	BS 5228 Tabla C2, N° 26
Cisterna de combustible	1	82.8	93.9	86.4	96.8	99	103.2	102	92.9	107.4	BS 5228 Tabla C4, N°89
Cisterna de riego	1	82.8	93.9	86.4	96.8	99	103.2	102	92.9	107.4	BS 5228 Tabla C4, N°89
Excavadora 320/330	2	78.8	96.9	89.4	97.8	98	97.2	92	83.9	104	BS 5228 Tabla C2, N° 15
Grúa 12 Ton	1	85.8	90.9	99.4	100.8	98	92.2	86	77.9	104.9	BS 5228 Tabla C4, N°49
Máquina Soldadora HDPE	1	68.8	79.9	88.4	92.8	97	95.2	90	82.9	100.9	BS 5228 Tabla C3, N° 31
Motoniveladora	1	89.8	98.9	102.4	103.8	112	107.2	103	91.9	114.5	BS 5228 Tabla C6, N°31
Planta Chancadora	1	86.5	101.7	105.5	110.6	109.4	106.4	100.2	90.3	114.9	Fuente propia*
Retroexcavadora	2	73.8	74.9	86.4	91.8	91	91.2	85	76.9	96.9	BS 5228 Tabla C4, N°66
Rodillo	1	93.8	94.9	94.4	103.8	105	99.2	96	87.9	108.9	BS 5228 Tabla C5, N°22
Tractor D6	1	84.8	95.9	99.4	101.8	107	105.2	115	96.9	116.4	BS 5228 Tabla C6, N°29
Tractor D8	1	81.8	95.9	95.4	100.8	107	110.2	98	85.9	112.6	BS 5228 Tabla C6, N°28
Volquetes 17 [m³]	4	86.8	91.9	96.4	96.8	102	99.2	94	84.9	105.8	BS 5228 Tabla C4, N°2
Total – foco de emisión		101.9	110.3	113.3	118.1	118.7	117.4	116.7	104.8	124.4	

Tabla 21: Potencias acústicas de la maquinaria. Backfill Carachugo.

Fuente de ruido	Cantidad	Lw en [dB(A)] en espectro de frecuencia [Hz]								Lw dB(A)	Referencia
		63	125	250	500	1k	2k	4k	8k		
Compactador	1	88.8	96.9	94.4	97.8	103	102.2	98	89.9	107.7	BS 5228 Tabla C5, N°19
Motoniveladora	1	89.8	98.9	102.4	103.8	112	107.2	103	91.9	114.5	BS 5228 Tabla C6, N°31
Volquetes 17 [m³]	1	86.8	91.9	96.4	96.8	102	99.2	94	84.9	105.8	BS 5228 Tabla C4, N°2
Excavadora	1	78.8	91.9	98.4	100.8	104	104.2	99	86.9	109.1	BS 5228 Tabla C6, N°6
Tractor	1	80.8	82.9	97.4	99.8	106	99.2	90	81.9	108.1	BS 5228 Tabla 4, N°74
Excavadora 320/330	7	78.8	96.9	89.4	97.8	98	97.2	92	83.9	104	BS 5228 Tabla C2, N° 15
Total – foco de emisión		94.7	107	106.3	110	114.8	111.7	106.9	97.2	118.5	

Tabla 22: Potencias acústicas de la maquinaria. PAD Carachugo Etapa 14A.

Fuente de ruido	Cantidad	Lw en [dB(A)] en espectro de frecuencia [Hz]								Lw dB(A)	Referencia
		63	125	250	500	1k	2k	4k	8k		
Excavadora 320/330	13	78.8	96.9	89.4	97.8	98	97.2	92	83.9	104	BS 5228 Tabla C2, N° 15
Tractor D6	5	84.8	95.9	99.4	101.8	107	105.2	115	96.9	116.4	BS 5228 Tabla C6, N°29
Tractor D8	9	81.8	95.9	95.4	100.8	107	110.2	98	85.9	112.6	BS 5228 Tabla C6, N°28
Retroexcavadora	5	73.8	74.9	86.4	91.8	91	91.2	85	76.9	96.9	BS 5228 Tabla C4, N°66
Motoniveladora	6	89.8	98.9	102.4	103.8	112	107.2	103	91.9	114.5	BS 5228 Tabla C6, N°31
Rodillo	6	93.8	94.9	94.4	103.8	105	99.2	96	87.9	108.9	BS 5228 Tabla C5, N°22
Volquetes 17 [m³]	65	86.8	91.9	96.4	96.8	102	99.2	94	84.9	105.8	BS 5228 Tabla C4, N°2
Cisterna de riego	6	82.8	93.9	86.4	96.8	99	103.2	102	92.9	107.4	BS 5228 Tabla C4, N°89
Cisterna de combustible	1	82.8	93.9	86.4	96.8	99	103.2	102	92.9	107.4	BS 5228 Tabla C4, N°89
Total – foco de emisión		107.5	112.6	116.1	118.1	123.5	120.2	116.2	106.7	127	

Tabla 23: Potencias acústicas de la maquinaria. DAM Sur.

Fuente de ruido	Cantidad	Lw en [dB(A)] en espectro de frecuencia [Hz]								Lw dB(A)	Referencia
		63	125	250	500	1k	2k	4k	8k		
Camión	1	98.8	106.9	110.4	115.8	114	113.2	108	101.9	120.4	BS 5228 Tabla C6, N°13

Fuente de ruido	Cantidad	Lw en [dB(A)] en espectro de frecuencia [Hz]								Lw dB(A)	Referencia
		63	125	250	500	1k	2k	4k	8k		
Camión Gigante 793	2	98.8	106.9	110.4	115.8	114	113.2	108	101.9	120.4	BS 5228 Tabla C6, N°13
Cargador Frontal 966	1	88.8	93.9	96.4	102.8	101	99.2	93	83.9	107	BS 5228 Tabla C2, N° 26
Cargador Frontal 994	1	93.8	95.9	102.4	101.8	104	103.2	100	88.9	109.8	BS 5228 Tabla C6, N°33
Cisterna combustible	1	82.8	93.9	86.4	96.8	99	103.2	102	92.9	107.4	BS 5228 Tabla C4, N°89
Cisterna de riego	1	82.8	93.9	86.4	96.8	99	103.2	102	92.9	107.4	BS 5228 Tabla C4, N°89
Excavadora 320/330	2	78.8	96.9	89.4	97.8	98	97.2	92	83.9	104	BS 5228 Tabla C2, N° 15
Grúa 12 Ton	1	85.8	90.9	99.4	100.8	98	92.2	86	77.9	104.9	BS 5228 Tabla C4, N°49
Grúa 60 Ton	1	91.8	92.9	97.4	98.8	105	105.2	98	87.9	109.5	BS 5228 Tabla C4, N°45
Motoniveladora	1	89.8	98.9	102.4	103.8	112	107.2	103	91.9	114.5	BS 5228 Tabla C6, N°31
Planta Chancadora	1	86.5	101.7	105.5	110.6	109.4	106.4	100.2	90.3	114.9	Fuente propia*
Retroexcavadora	1	73.8	74.9	86.4	91.8	91	91.2	85	76.9	96.9	BS 5228 Tabla C4, N°66
Rodillo	1	93.8	94.9	94.4	103.8	105	99.2	96	87.9	108.9	BS 5228 Tabla C5, N°22
Rodillo Compactador	1	86.8	81.9	81.4	86.8	89	88.2	82	71.9	94.6	BS 5228 Tabla C5, N°27
Tractor D6	1	84.8	95.9	99.4	101.8	107	105.2	115	96.9	116.4	BS 5228 Tabla C6, N°29
Tractor D8	1	81.8	95.9	95.4	100.8	107	110.2	98	85.9	112.6	BS 5228 Tabla C6, N°28
Volquetes 17 [m³]	6	86.8	91.9	96.4	96.8	102	99.2	94	84.9	105.8	BS 5228 Tabla C4, N°2
Total – foco de emisión		105.6	113.3	116.6	121.6	121.2	120.2	117.9	108	127.2	

Tabla 24: Potencias acústicas de la maquinaria. Planta de Procesos LQ.

Fuente de ruido	Cantidad	Lw en [dB(A)] en espectro de frecuencia [Hz]								Lw dB(A)	Referencia
		63	125	250	500	1k	2k	4k	8k		
Cisterna de riego	1	82.8	93.9	86.4	96.8	99	103.2	102	92.9	107.4	BS 5228 Tabla C4, N°89
Excavadora 320/330	7	78.8	96.9	89.4	97.8	98	97.2	92	83.9	104	BS 5228 Tabla C2, N° 15
Grúa 12 Ton	6	85.8	90.9	99.4	100.8	98	92.2	86	77.9	104.9	BS 5228 Tabla C4, N°49
Grúa 60 Ton	2	91.8	92.9	97.4	98.8	105	105.2	98	87.9	109.5	BS 5228 Tabla C4, N°45
Motoniveladora	1	89.8	98.9	102.4	103.8	112	107.2	103	91.9	114.5	BS 5228 Tabla C6, N°31
Retroexcavadora	1	73.8	74.9	86.4	91.8	91	91.2	85	76.9	96.9	BS 5228 Tabla C4, N°66
Rodillo	1	93.8	94.9	94.4	103.8	105	99.2	96	87.9	108.9	BS 5228 Tabla C5, N°22
Tractor D6	1	84.8	95.9	99.4	101.8	107	105.2	115	96.9	116.4	BS 5228 Tabla C6, N°29
Volquetes 17 [m³]	10	86.8	91.9	96.4	96.8	102	99.2	94	84.9	105.8	BS 5228 Tabla C4, N°2
Grúa 120 Ton	1	74.8	82.9	85.4	91.8	102	95.2	87	75.9	103.4	BS 5228 Tabla C4, N°52
Grúa 220 Ton	1	81.8	90.9	92.4	98.8	101	102.2	93	81.9	106.2	BS 5228 Tabla C4, N°38
Total – foco de emisión		101.7	109	111.6	114.1	117.7	115.2	116.1	102	122.6	

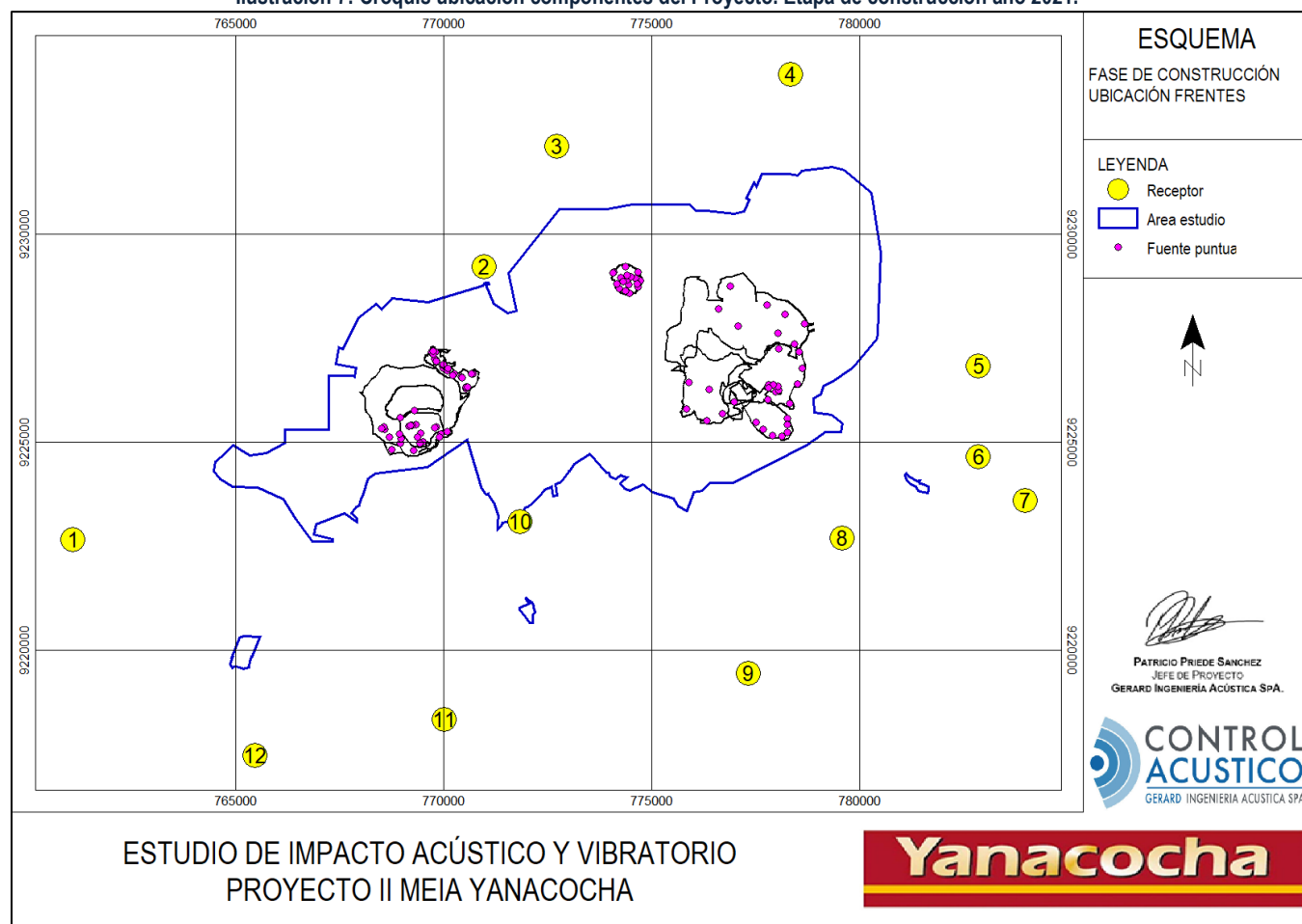
Tabla 25: Potencias acústicas de la maquinaria. Tajo Chaquicocha Etapa 3.

Fuente de ruido	Cantidad	Lw en [dB(A)] en espectro de frecuencia [Hz]								Lw dB(A)	Referencia
		63	125	250	500	1k	2k	4k	8k		
Excavadora 320/330	1	78.8	96.9	89.4	97.8	98	97.2	92	83.9	104	BS 5228 Tabla C2, N° 15
Volquetes 17 [m³]	10	86.8	91.9	96.4	96.8	102	99.2	94	84.9	105.8	BS 5228 Tabla C4, N°2
Motoniveladora	1	89.8	98.9	102.4	103.8	112	107.2	103	91.9	114.5	BS 5228 Tabla C6, N°31
Rodillo	1	93.8	94.9	94.4	103.8	105	99.2	96	87.9	108.9	BS 5228 Tabla C5, N°22
Cisterna de riego	2	82.8	93.9	86.4	96.8	99	103.2	102	92.9	107.4	BS 5228 Tabla C4, N°89
Tractor D6	1	84.8	95.9	99.4	101.8	107	105.2	115	96.9	116.4	BS 5228 Tabla C6, N°29
Total – foco de emisión		99.5	106	108.7	111	116.2	113.5	116	101.6	121.1	

Tabla 26: Potencias acústicas de la maquinaria. Chaquicocha Subterráneo (Instalaciones Superficiales).

Fuente de ruido	Cantidad	Lw en [dB(A)] en espectro de frecuencia [Hz]								Lw dB(A)	Referencia
		63	125	250	500	1k	2k	4k	8k		
Excavadora sobre oruga	1	83.8	95.9	94.4	93.8	97	96.2	91	76.9	103	BS 5228 Tabla C6, N°11
Retroexcavadora	1	73.8	74.9	86.4	91.8	91	91.2	85	76.9	96.9	BS 5228 Tabla C4, N°66
Rodillo liso vibratorio	1	91.8	93.9	92.4	96.8	98	94.2	88	80.9	103.1	BS 5228 Tabla C5, N°20
Motoniveladora	1	89.8	98.9	102.4	103.8	112	107.2	103	91.9	114.5	BS 5228 Tabla C6, N°31
Camión cisterna	1	82.8	93.9	86.4	96.8	99	103.2	102	92.9	107.4	BS 5228 Tabla C4, N°89
Camión volquete 15 m³	4	86.8	91.9	96.4	96.8	102	99.2	94	84.9	105.8	BS 5228 Tabla C4, N°2
Tractor de oruga	1	80.8	82.9	97.4	99.8	106	99.2	90	81.9	108.1	BS 5228 Tabla C4, N°74
Total – foco de emisión		96.9	103.6	106.6	108.2	114.5	110.9	106.9	97.1	117.8	

En la siguiente ilustración se aprecia la ubicación de los componentes ingresados como focos de ruido durante la etapa de construcción del Proyecto para el año 2021, que representa un escenario crítico, dado que existirá una mayor actividad según lo detallado en el Plan de Minado.

Ilustración 7: Croquis ubicación componentes del Proyecto. Etapa de construcción año 2021.


Elaboración: Gerard Ingeniería Acústica SpA.

7.1.2 Operación

A continuación, se describe acústicamente la maquinaria e instalaciones necesarias para llevar a cabo la operación del Proyecto:

Tabla 27: Potencias acústicas de la maquinaria. Tajo Yanacocha.

Fuente de ruido	Cantidad	Lw en [dB(A)] en espectro de frecuencia [Hz]								Lw dB(A)	Referencia
		63	125	250	500	1k	2k	4k	8k		
Pala Hidráulica EX 2500	1	92.8	97.9	99.4	105.8	108	107.2	106	96.9	113.3	BS 5228 Tabla C6, N°1
Cargador frontal 994D	1	93.8	95.9	102.4	101.8	104	103.2	100	88.9	109.8	BS 5228 Tabla C6, N°33
Camión CAT 793C	5	98.8	106.9	110.4	115.8	114	113.2	108	101.9	120.4	BS 5228 Tabla C6, N°13
PV-271	1	86.8	104.9	97.4	103.8	108	108.2	105	100.9	113.7	BS 5228 Tabla C6, N°35
ROC L8	1	93.8	111.9	104.4	110.8	115	115.2	112	107.9	120.7	Ajuste de espectro*
Tractor D11	1	90.8	101.9	105.4	107.8	113	111.2	121	102.9	122.4	Ajuste de espectro*
Motoniveladora CAT 24M	1	89.8	98.9	102.4	103.8	112	107.2	103	91.9	114.5	BS 5228 Tabla C6, N°31
Total – foco de emisión		106.8	116.7	118.2	123.4	123.2	122.3	122.6	112.5	129.6	

Tabla 28: Potencias acústicas de la maquinaria. Tajo Maqui Maqui Sur.

Fuente de ruido	Cantidad	Lw en [dB(A)] en espectro de frecuencia [Hz]								Lw dB(A)	Referencia
		63	125	250	500	1k	2k	4k	8k		
Cargador frontal 994D	1	93.8	95.9	102.4	101.8	104	103.2	100	88.9	109.8	BS 5228 Tabla C6, N°33
Camión CAT 793C	2	98.8	106.9	110.4	115.8	114	113.2	108	101.9	120.4	BS 5228 Tabla 6, N°13
Cargador frontal 994D	1	93.8	95.9	102.4	101.8	104	103.2	100	88.9	109.8	BS 5228 Tabla C6, N°33
Camión CAT 785C	2	104.5	106.6	113.1	112.5	114.7	113.9	110.7	99.6	120.4	Ajuste de espectro*
Motoniveladora CAT 24M	1	89.8	98.9	102.4	103.8	112	107.2	103	91.9	114.5	BS 5228 Tabla C6, N°31
Total – foco de emisión		108.9	113.1	118.3	120.7	121.1	120	116	107.2	126.9	

Tabla 29: Potencias acústicas de la maquinaria. Tajo Chaquicocha Etapa 2.

Fuente de ruido	Cantidad	Lw en [dB(A)] en espectro de frecuencia [Hz]								Lw dB(A)	Referencia
		63	125	250	500	1k	2k	4k	8k		
Pala Hidráulica EX 2500	1	92.8	97.9	99.4	105.8	108	107.2	106	96.9	113.3	BS 5228 Tabla C6, N°1
Cargador frontal 994D	1	93.8	95.9	102.4	101.8	104	103.2	100	88.9	109.8	BS 5228 Tabla C6, N°33
Pala Hidráulica EX 5500	1	92.8	97.9	99.4	105.8	108	107.2	106	96.9	113.3	BS 5228 Tabla 6, N°1
Camión CAT 793D	3	98.8	106.9	110.4	115.8	114	113.2	108	101.9	120.4	BS 5228 Tabla C6, N°13
Camión CAT 785C	7	104.5	106.6	113.1	112.5	114.7	113.9	110.7	99.6	120.5	Ajuste de espectro*
Camión CAT 793C	3	98.8	106.9	110.4	115.8	114	113.2	108	101.9	120.4	BS 5228 Tabla C6, N°13
Total – foco de emisión		114	118	123.3	125.6	125.7	124.9	121.1	112.3	131.7	

Tabla 30: Potencias acústicas de la maquinaria. Tajo Chaquicocha Etapa 3.

Fuente de ruido	Cantidad	Lw en [dB(A)] en espectro de frecuencia [Hz]								Lw dB(A)	Referencia
		63	125	250	500	1k	2k	4k	8k		
Pala Hidráulica EX 5500	2	92.8	97.9	99.4	105.8	108	107.2	106	96.9	113.3	BS 5228 Tabla 6, N°1
Camión 793	20	98.8	106.9	110.4	115.8	114	113.2	108	101.9	120.4	BS 5228 Tabla C6, N°13
Perforadora PV-271	2	86.8	104.9	97.4	103.8	108	108.2	105	100.9	113.7	BS 5228 Tabla C6, N°35
Perforadora ROC L8	2	93.8	111.9	104.4	110.8	115	115.2	112	107.9	120.7	Ajuste de espectro*
Tractor D11	2	90.8	101.9	105.4	107.8	113	111.2	121	102.9	122.4	Ajuste de espectro*
Motoniveladora CAT 24M	1	89.8	98.9	102.4	103.8	112	107.2	103	91.9	114.5	BS 5228 Tabla C6, N°31

Fuente de ruido	Cantidad	Lw en [dB(A)] en espectro de frecuencia [Hz]								Lw dB(A)	Referencia
		63	125	250	500	1k	2k	4k	8k		
Tractor	2	90.8	101.9	105.4	107.8	113	111.2	121	102.9	122.4	Ajuste de espectro*
Cisterna de riego	2	82.8	93.9	86.4	96.8	99	103.2	102	92.9	107.4	BS 5228 Tabla C4, N°89
Cisterna de combustible	1	82.8	93.9	86.4	96.8	99	103.2	102	92.9	107.4	BS 5228 Tabla C4, N°89
Cama baja	1	74.8	89.9	97.4	102.8	102	102.2	97	92.9	108.1	BS 5228 Tabla C2, N° 34
Excavadora	4	78.8	91.9	98.4	100.8	104	104.2	99	86.9	109.1	BS 5228 Tabla C6, N°6
Volquetes 17 [m³]	22	86.8	91.9	96.4	96.8	102	99.2	94	84.9	105.8	BS 5228 Tabla C4, N°2
Motoniveladora	1	89.8	98.9	102.4	103.8	112	107.2	103	91.9	114.5	BS 5228 Tabla C6, N°31
Rodillo	1	93.8	94.9	94.4	103.8	105	99.2	96	87.9	108.9	BS 5228 Tabla C5, N°22
Total – foco de emisión		112.6	121.8	124.2	129.3	129	128	129.8	117.8	135.7	

Tabla 31: Potencias acústicas de la maquinaria. Tajo Carachugo Fase III.

Fuente de ruido	Cantidad	Lw en [dB(A)] en espectro de frecuencia [Hz]								Lw dB(A)	Referencia
		63	125	250	500	1k	2k	4k	8k		
Cargador frontal 994D	1	93.8	95.9	102.4	101.8	104	103.2	100	88.9	109.8	BS 5228 Tabla C6, N°33
Camión CAT 793C	4	98.8	106.9	110.4	115.8	114	113.2	108	101.9	120.4	BS 5228 Tabla C6, N°13
Perforadora PV-271	1	86.8	104.9	97.4	103.8	108	108.2	105	100.9	113.7	BS 5228 Tabla C6, N°35
Perforadora ROC L8	1	93.8	111.9	104.4	110.8	115	115.2	112	107.9	120.7	Ajuste de espectro*
Tractor D11	1	90.8	101.9	105.4	107.8	113	111.2	121	102.9	122.4	Ajuste de espectro*
Motoniveladora CAT 24M	1	89.8	98.9	102.4	103.8	112	107.2	103	91.9	114.5	BS 5228 Tabla C6, N°31
Total – foco de emisión		105.8	116.1	117.3	122.4	122.5	121.6	122.4	112	128.9	

Tabla 32: Potencias acústicas de la maquinaria. Tajo Carachugo Marleny Norte.

Fuente de ruido	Cantidad	Lw en [dB(A)] en espectro de frecuencia [Hz]								Lw dB(A)	Referencia
		63	125	250	500	1k	2k	4k	8k		
Perforadora PV-271	1	86.8	104.9	97.4	103.8	108	108.2	105	100.9	113.7	BS 5228 Tabla 6, N°35
Perforadora ROC L8	1	93.8	111.9	104.4	110.8	115	115.2	112	107.9	120.7	Ajuste de espectro*
Cargador frontal 994	1	93.8	95.9	102.4	101.8	104	103.2	100	88.9	109.8	BS 5228 Tabla 6, N°33
Camión 793	2	98.8	106.9	110.4	115.8	114	113.2	108	101.9	120.4	BS 5228 Tabla 6, N°13
Motoniveladora Cat 24M	1	89.8	98.9	102.4	103.8	112	107.2	103	91.9	114.5	BS 5228 Tabla 6, N°31
Tractor D11	1	84.8	95.9	99.4	101.8	107	105.2	115	96.9	116.4	BS 5228 Tabla C6, N°29
Cargador frontal 844 RTD	1	91.8	99.9	100.4	104.8	108	106.2	106	92.9	113	Ajuste de espectro*
Total – foco de emisión		103.7	114.9	114.9	119.9	120.7	119.8	118.5	110.6	126.6	

Tabla 33: Potencias acústicas de la maquinaria. Maquinaria Sector La Quinoa Sur.

Fuente de ruido	Cantidad	Lw en [dB(A)] en espectro de frecuencia [Hz]								Lw dB(A)	Referencia
		63	125	250	500	1k	2k	4k	8k		
Compactador	1	88.8	96.9	94.4	97.8	103	102.2	98	89.9	107.7	BS 5228 Tabla C5, N°19
Cargador frontal 994D	1	93.8	95.9	102.4	101.8	104	103.2	100	88.9	109.8	BS 5228 Tabla C6, N°33
Motoniveladora	1	89.8	98.9	102.4	103.8	112	107.2	103	91.9	114.5	BS 5228 Tabla C6, N°31
Total – foco de emisión		96.1	102.2	105.7	106.5	113.1	109.5	105.6	95.2	116.4	

Tabla 34: Potencias acústicas de la maquinaria. Depósito De Desmorte MQ MQ Etapa 2.

Fuente de ruido	Cantidad	Lw en [dB(A)] en espectro de frecuencia [Hz]								Lw dB(A)	Referencia
		63	125	250	500	1k	2k	4k	8k		
Compactador	1	88.8	96.9	94.4	97.8	103	102.2	98	89.9	107.7	BS 5228 Tabla C5, N°19
Cargador frontal 994D	1	93.8	95.9	102.4	101.8	104	103.2	100	88.9	109.8	BS 5228 Tabla C6, N°33
Motoniveladora	1	89.8	98.9	102.4	103.8	112	107.2	103	91.9	114.5	BS 5228 Tabla C6, N°31

Fuente de ruido	Cantidad	Lw en [dB(A)] en espectro de frecuencia [Hz]								Lw dB(A)	Referencia
		63	125	250	500	1k	2k	4k	8k		
Excavadora	1	78.8	91.9	98.4	100.8	104	104.2	99	86.9	109.1	BS 5228 Tabla C6, N°6
Total – foco de emisión		96.2	102.6	106.5	107.6	113.6	110.7	106.5	95.8	117.2	

Tabla 35: Potencias acústicas de la maquinaria. PAD Carachugo 14.

Fuente de ruido	Cantidad	Lw en [dB(A)] en espectro de frecuencia [Hz]								Lw dB(A)	Referencia
		63	125	250	500	1k	2k	4k	8k		
Pala Hidráulica EX 5500	2	92.8	97.9	99.4	105.8	108	107.2	106	96.9	113.3	BS 5228 Tabla 6, N°1
Camión 793	18	98.8	106.9	110.4	115.8	114	113.2	108	101.9	120.4	BS 5228 Tabla C6, N°13
Perforadora PV-271	2	86.8	104.9	97.4	103.8	108	108.2	105	100.9	113.7	BS 5228 Tabla C6, N°35
Perforadora ROC L8	2	93.8	111.9	104.4	110.8	115	115.2	112	107.9	120.7	Ajuste de espectro*
Tractor D11	1	90.8	101.9	105.4	107.8	113	111.2	121	102.9	122.4	Ajuste de espectro*
Motoniveladora CAT 24M	1	89.8	98.9	102.4	103.8	112	107.2	103	91.9	114.5	BS 5228 Tabla C6, N°31
Cargador frontal 844 RTD	2	91.8	99.9	100.4	104.8	108	106.2	106	92.9	113	Ajuste de espectro*
Camión CAT 785C	1	104.5	106.6	113.1	112.5	114.7	113.9	110.7	99.6	120.5	Ajuste de espectro*
Cisterna de combustible	1	82.8	93.9	86.4	96.8	99	103.2	102	92.9	107.4	BS 5228 Tabla C4, N°89
Cama baja	1	74.8	89.9	97.4	102.8	102	102.2	97	92.9	108.1	BS 5228 Tabla C2, N° 34
Total – foco de emisión		112.6	121.4	123.7	128.8	128	127.2	124.9	116.8	134.3	

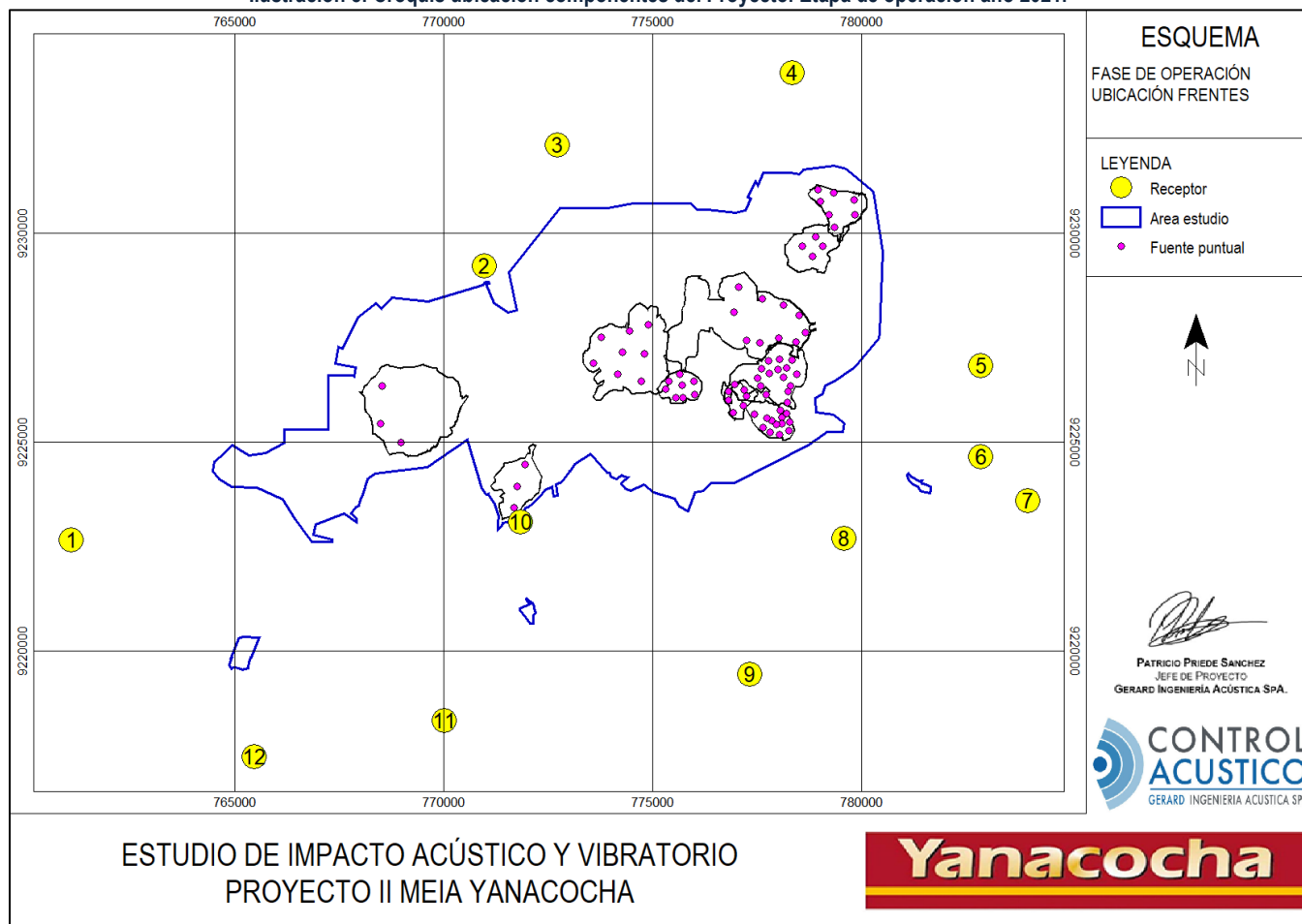
Tabla 36: Potencias acústicas de la maquinaria. PAD LQ8.

Fuente de ruido	Cantidad	Lw en [dB(A)] en espectro de frecuencia [Hz]								Lw dB(A)	Referencia
		63	125	250	500	1k	2k	4k	8k		
Cisterna de riego	2	82.8	93.9	86.4	96.8	99	103.2	102	92.9	107.4	BS 5228 Tabla C4, N°89
Motoniveladora CAT 24M	1	89.8	98.9	102.4	103.8	112	107.2	103	91.9	114.5	BS 5228 Tabla C6, N°31
Tractor D11	1	90.8	101.9	105.4	107.8	113	111.2	121	102.9	122.4	Ajuste de espectro*
Total – foco de emisión		94	104.5	107.2	109.7	115.7	113.5	121.2	104	123.3	

Tabla 37: Potencias acústicas de la maquinaria. Chaquicocha Subterráneo.

Fuente de ruido	Cantidad	Lw en [dB(A)] en espectro de frecuencia [Hz]								Lw dB(A)	Referencia
		63	125	250	500	1k	2k	4k	8k		
Rodillo	1	93.8	94.9	94.4	103.8	105	99.2	96	87.9	108.9	BS 5228 Tabla C5, N°22
Motoniveladora CAT 24M	1	89.8	98.9	102.4	103.8	112	107.2	103	91.9	114.5	BS 5228 Tabla C6, N°31
Tractor D11	1	90.8	101.9	105.4	107.8	113	111.2	121	102.9	122.4	Ajuste de espectro*
Cargador frontal 994D	5	93.8	95.9	102.4	101.8	104	103.2	100	88.9	109.8	BS 5228 Tabla C6, N°33
Maezcladora de cemento	1	85.8	85.9	93.4	97.8	101	104.2	94	85.9	107.1	BS 5228 C4, N° 27
Cisterna	1	82.8	93.9	86.4	96.8	99	103.2	102	92.9	107.4	BS 5228 Tabla C4, N°89
Cisterna de combustible	1	82.8	93.9	86.4	96.8	99	103.2	102	92.9	107.4	BS 5228 Tabla C4, N°89
Total – foco de emisión		102.4	107.1	111.6	113	117.4	115.6	121.4	104.7	124.4	

En la siguiente ilustración se aprecia la ubicación de cada uno de los componentes ingresados como focos de ruido durante la etapa de operación del Proyecto para el año 2021, que corresponde al escenario más crítico durante la fase de operación, según el Plan de Minado del Proyecto.

Ilustración 8: Croquis ubicación componentes del Proyecto. Etapa de operación año 2021.


Elaboración: Gerard Ingeniería Acústica SpA.

7.2 Flujo vehicular

En la Tabla 38 se indica el flujo vehicular de camiones (vehículos pesados) del año 2021, el cual representa el año de mayor movimiento de mineral y desmonte.

Tabla 38: Tránsito vehicular de camiones al interior de la minera Yanacocha. Etapa de construcción y operación año 2021.

Fase	Rutas	Viajes mensuales (ida/vuelta)	Vehículos / hora
		Nº/ mes	
Construcción 2021	RUTA1A	8654.4	12.0
	RUTA1B	58.0	0.1
	RUTA1C	295.4	0.4
	RUTA2C	29.1	0.1
	RUTA3A	18495.8	25.7
	RUTA3B	8534.5	11.9
	RUTA3C	2083.5	2.9

Fase	Rutas	Viajes mensuales (ida/vuelta)	Vehículos / hora
		Nº/ mes	
	RUTA3D	529.9	0.7
	RUTA4A	40.0	0.1
	RUTA4B	96.5	0.1
	RUTA5A	7869.9	10.9
	RUTA5B	29.1	0.1
	RUTA5C	37.4	0.1
	RUTA5D	2416.1	3.4
	Ruta6B	2778.4	3.9
Operación 2021	Ruta6A	6211.7	8.6
	Ruta10A	1.8	0.0
	Ruta11A	65.1	0.1
	Ruta11B	6.0	0.0
	Ruta12A	5784.5	8.0
	Ruta12B	5.4	0.0
	Ruta10B	2277.1	3.2
	Ruta11C	108.5	0.2
	Ruta12D	24344.4	33.8
	Ruta12C	31.9	0.0
	Ruta13A	189.9	0.3
	Ruta12E	4869.3	6.8
	Ruta13B	14.7	0.0
	Ruta13C	189.9	0.3
	Ruta8A	2200.7	3.1
	Ruta9A	6417.0	8.9
	Ruta8B	448.9	0.6
	Ruta9B	6334.1	8.8
	Ruta7B	2048.1	2.8
	Ruta7A	5856.8	8.1

*Valor obtenido considerando 30 días.

Es importante mencionar que las actividades de construcción se realizan de forma paralela a la operación de la minera considerando como periodo crítico el año 2021.

8 RESULTADOS

8.1 Ruido

En el presente capítulo se realizarán las evaluaciones de ruido para las etapas de construcción y operación del Proyecto, según sus respectivas normativas de aplicación.

La siguiente ecuación será utilizada para sumar niveles de presión sonora, para el caso de los escenarios de construcción y operación durante el 2021.

$$L_T = 10 \cdot \log \left(\sum_{i=1}^n 10^{\frac{L_i}{10}} \right) \quad (\text{Ecuación 3})$$

Dónde:

L_T : Nivel Total en dB(A).

L_i : Nivel de cada una de las fuentes, expresados en dB(A).

n : Número de niveles o escenarios a sumar.

El Ruido de fondo considerado para el Proyecto es el que se indica en el capítulo 5.2.

8.1.1 Maquinarias e instalaciones

Fase de construcción 2021

A continuación, se presenta el nivel de inmisión acústica estimado para la fase de construcción durante el 2021. Los valores se presentan en formato de tabla y mapas de propagación sonora, cuya altura de coloración está referida a 1.5 [m] del suelo.

La evaluación se realiza solamente para el periodo diurno en la caso del escenario de construcción, ya que las faenas serán llevadas a cabo solo durante este periodo.

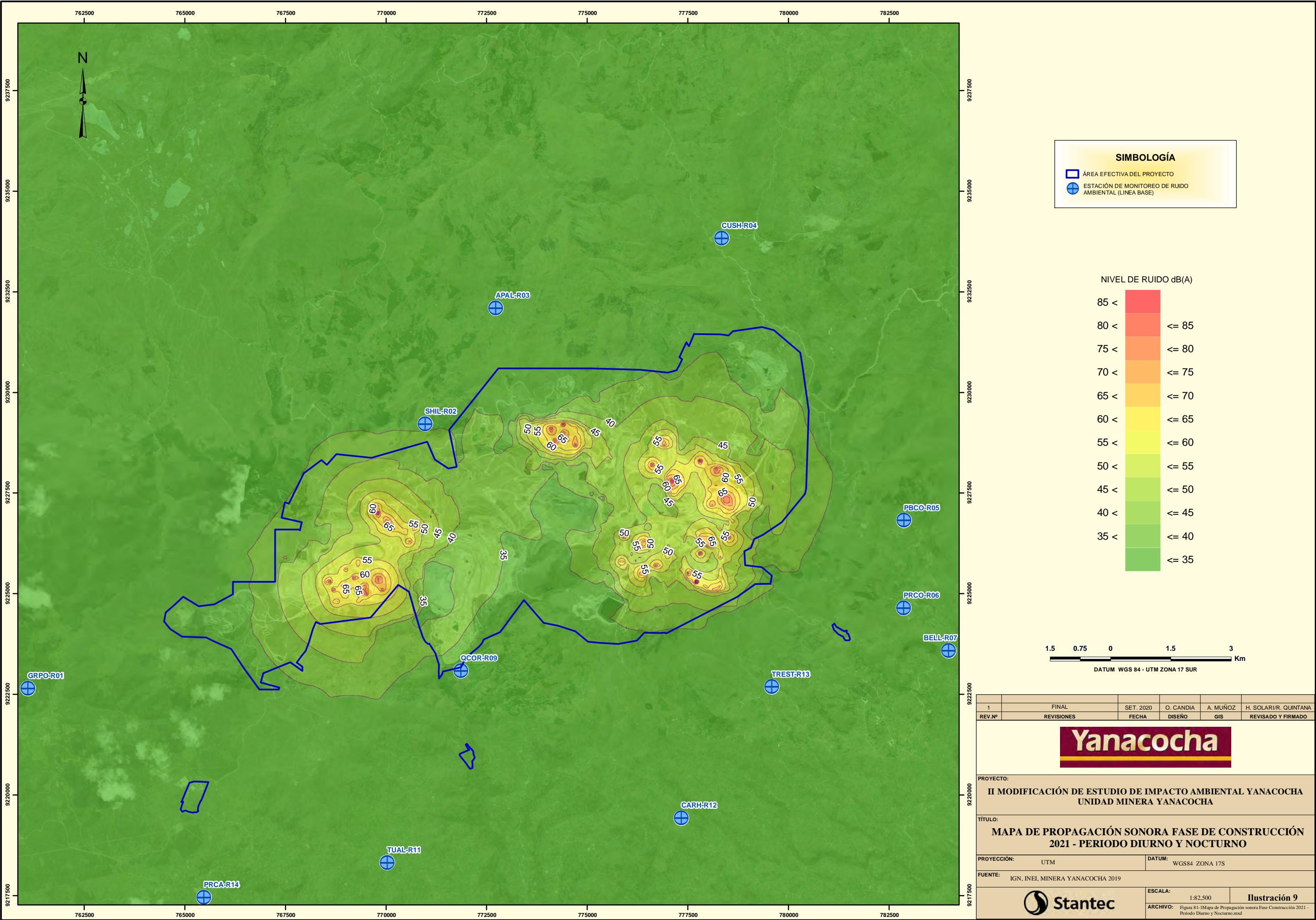


Tabla 39: NPS_{eq} proyectado en el receptor. Fase construcción 2021. Periodo diurno

Punto	Nivel proyectado [dB(A)]* Aporte exclusivo	Nivel máximo permitido Horario diurno [dB(A)]	Evaluación según D.S. N° 085- 2003-PCM
1	17	60	Cumple
2	31	50	Cumple
3	26	60	Cumple
4	25	60	Cumple
5	27	60	Cumple
6	25	50	Cumple
7	17	60	Cumple
8	26	60	Cumple
9	22	60	Cumple
10	31	60	Cumple
11	20	50	Cumple
12	16	60	Cumple

* Valores aproximados al entero más cercano.

Tabla 40: NPS_{eq} proyectado en el receptor. Fase construcción 2021. Periodo nocturno

Punto	Nivel proyectado [dB(A)]* Aporte exclusivo	Nivel máximo permitido Horario diurno [dB(A)]	Evaluación según D.S. N° 085- 2003-PCM
1	17	50	Cumple
2	31	40	Cumple
3	26	50	Cumple
4	25	50	Cumple
5	27	50	Cumple
6	25	40	Cumple
7	17	50	Cumple
8	26	50	Cumple
9	22	50	Cumple
10	31	50	Cumple
11	20	40	Cumple
12	16	50	Cumple

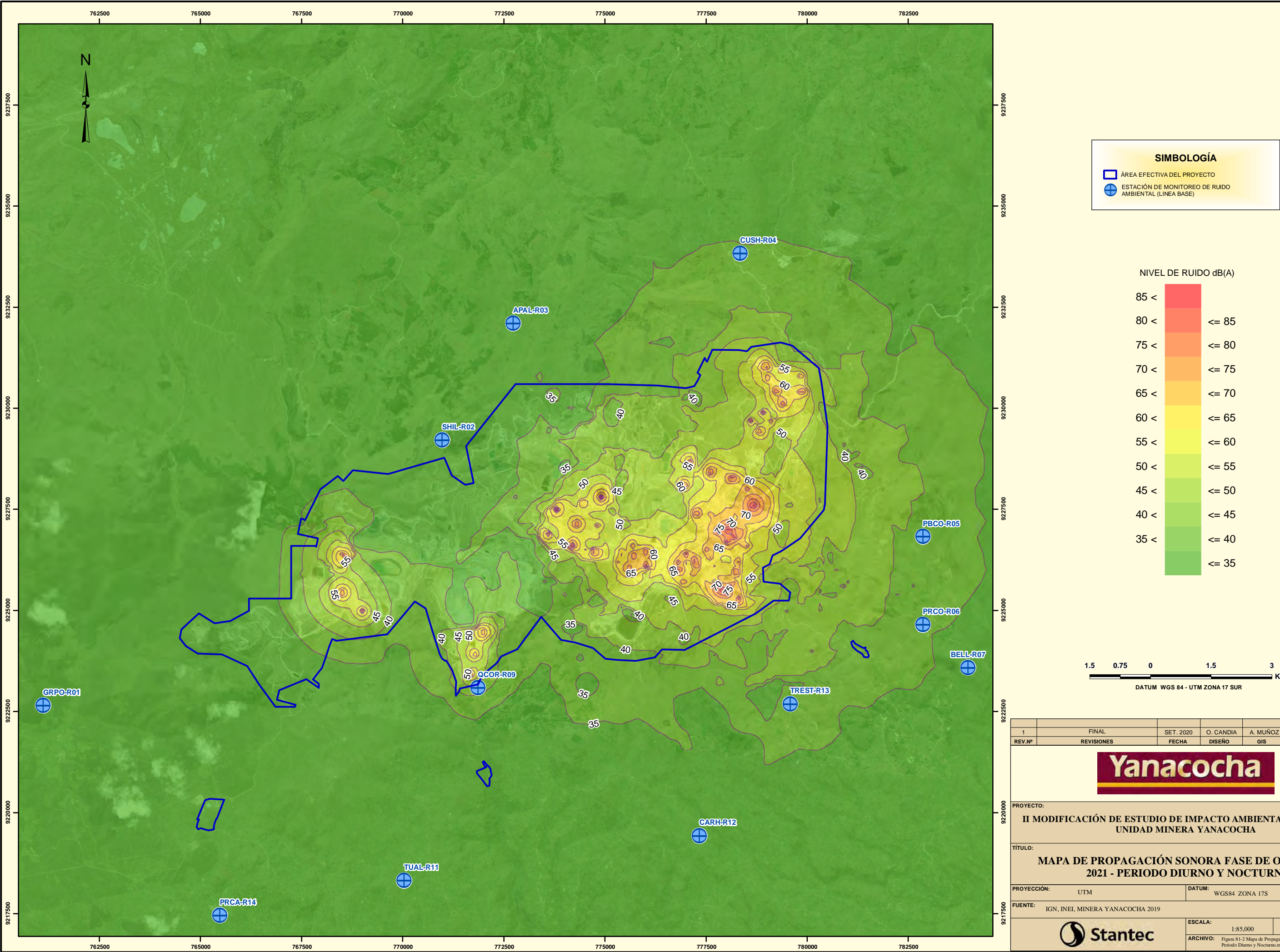
* Valores aproximados al entero más cercano.

Como se aprecia en la tabla anterior, el aporte exclusivo de las faenas de construcción del Proyecto cumple cabalmente con D.S. N° 085-2003-PCM durante el periodo diurno como nocturno.

Fase de operación 2021

A continuación, se presentan los resultados para la etapa de con operación durante el año 2021, considerado el de mayor emisión acústica, según el Plan de Minado. Los valores se presentan en formato de tabla y mapas de propagación sonora, cuya altura de coloración está referida a 1.5 [m] del suelo.

Al igual que para el escenario de construcción del Proyecto, el año con mayor actividad y emisión acústica para la etapa de operación será el 2021 y los resultados se muestran a continuación, considerando que la operación tendrá la misma intensidad durante el periodo diurno y nocturno.



1	FINAL	SET. 2020	O. CANDIA	A. MUÑOZ	H. SOLARI/R. QUINTANA
REV.Nº	REVISIONES	FECHA	DISEÑO	GIS	REVISADO Y FIRMADO
<div><div>Yanacocha</div><div>PROYECTO:</div><div>II MODIFICACIÓN DE ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL YANACocha</div><div>UNIDAD MINERA YANACocha</div><div>TÍTULO:</div><div>MAPA DE PROPAGACIÓN SONORA FASE DE OPERACIÓN</div><div>2021 - PERIODO DIURNO Y NOCTURNO</div><div>PROYECCIÓN: UTM</div><div>DATUM: WGS84 ZONA 17S</div><div>FUENTE: IGN, INEI, MINERA YANACocha 2019</div><div>ESCALA: 1:85,000</div><div>ARCHIVO: Figura 81-2 Mapa de Propagación sonora Fase Operación 2021 - Período Diurno y Nocturno.mxd</div><div>Ilustración 10</div></div>					

A continuación, se presenta la evaluación para la fase de operación del proyecto, que será llevada a cabo tanto en periodo diurno como nocturno.

Tabla 41: NPS_{eq} proyectado en el receptor. Fase de operación 2021. Periodo diurno.

Punto	Nivel proyectado [dB(A)]* Aporte exclusivo	Nivel máximo permitido[dB(A)] Horario diurno	Evaluación según D.S. N° 085-2003-PCM
1	14	60	Cumple
2	27	60	Cumple
3	31	60	Cumple
4	34	50	Cumple
5	37	60	Cumple
6	34	50	Cumple
7	25	60	Cumple
8	36	60	Cumple
9	30	60	Cumple
10	42	60	Cumple
11	25	50	Cumple
12	20	60	Cumple

* Valores aproximados al entero más cercano.

Tabla 42: NPS_{eq} proyectado en el receptor. Fase de operación 2021. Periodo nocturno.

Punto	Nivel proyectado [dB(A)]* Aporte exclusivo	Nivel máximo permitido [dB(A)] Horario nocturno	Evaluación según D.S. N° 085-2003-PCM
1	14	50	Cumple
2	27	50	Cumple
3	31	50	Cumple
4	34	40	Cumple
5	37	50	Cumple
6	34	40	Cumple
7	25	50	Cumple
8	36	50	Cumple
9	30	50	Cumple
10	42	50	Cumple
11	25	40	Cumple
12	20	50	Cumple

* Valores aproximados al entero más cercano.

Como se aprecia en las tablas anteriores, el aporte exclusivo de las faenas de operación para el 2021 cumple cabalmente con D.S. N° 085-2003-PCM durante el periodo diurno y nocturno.

Dado que durante el año 2021 el Plan de Minado del Proyecto involucra la mayor cantidad de maquinaria que representa el peor escenario de emisión acústica en la fase de operación, para los demás años que contempla el Proyecto se verifica su cumplimiento normativo.

8.1.2 Flujo vehicular

A continuación, se presentan el nivel de inmisión acústica estimado sobre cada receptor asociado al flujo vehicular estimado para el año 2021. Los valores se presentan en formato de tabla y mapas de propagación sonora cuya altura de coloración está referida a 1.5 [m] del suelo.

8.1.2.1 Fase de construcción

A continuación, se presenta la propagación acústica para el flujo vehicular de la fase de construcción:

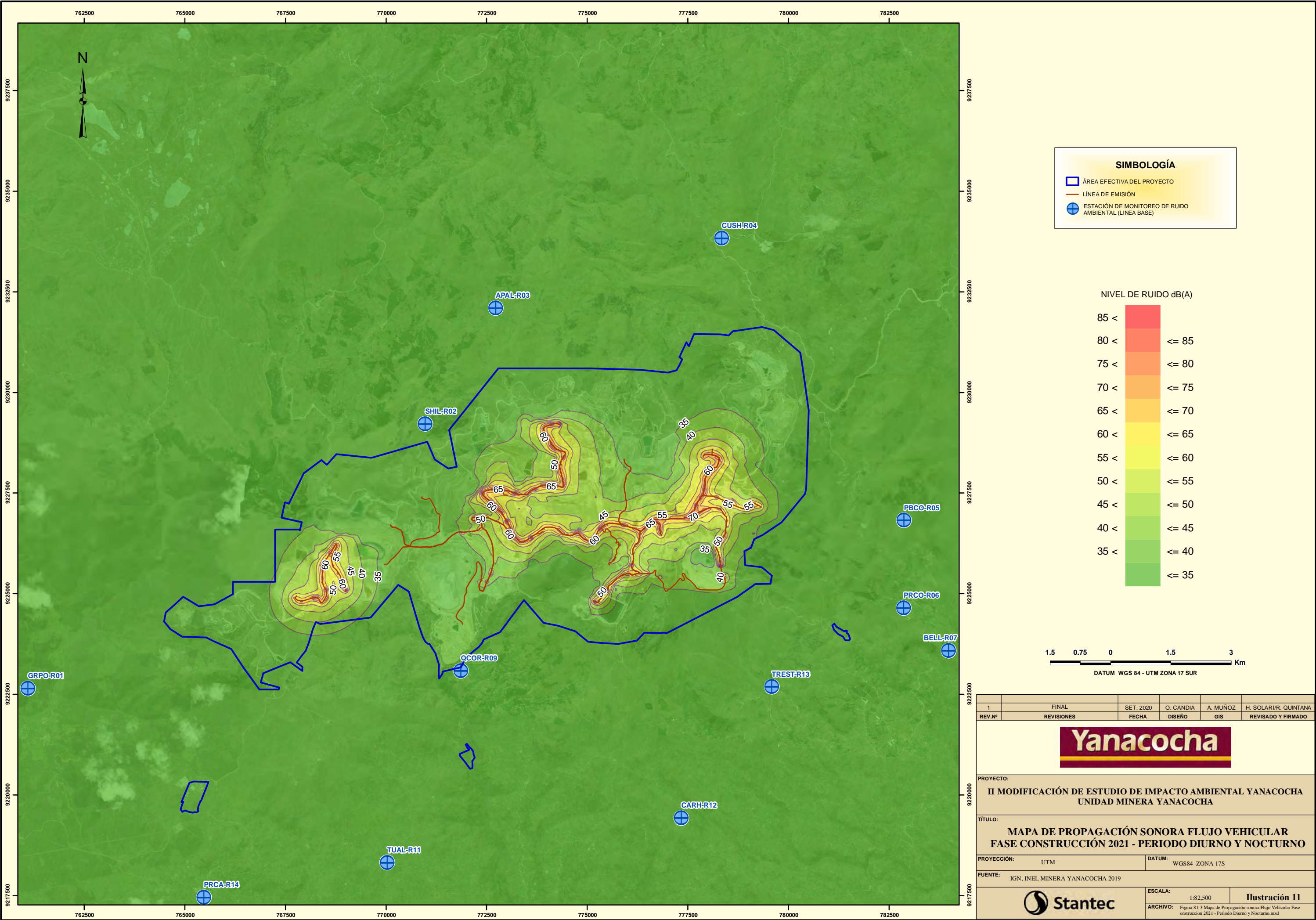


Tabla 43: L_{DN} proyectado en el receptor. Flujo vehicular fase de construcción 2021.

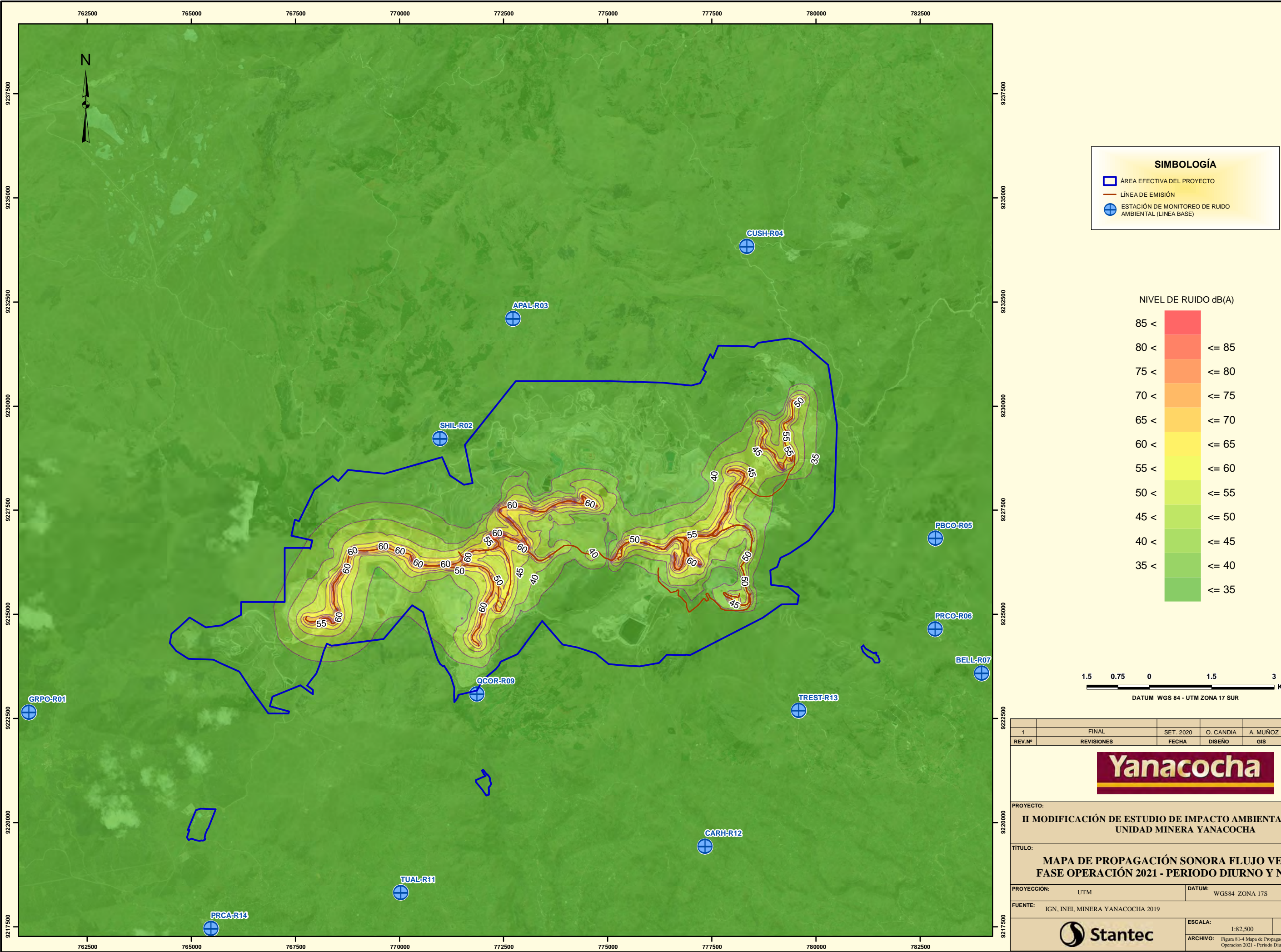
Punto	L _{DN} Existente	L _{DN} proyectado [dB(A)] aporte exclusivo*	Total Nivel combinado [dB(A)]	Máximo de referencia Criterio U.S. Federal Transit Administration Report [dB(A)]	Evaluación Criterio U.S. Federal Transit Administration Report
1	56	0	56	59	Cumple
2	56	24	56	59	Cumple
3	57	13	57	60	Cumple
4	54	3	54	57	Cumple
5	58	10	58	60	Cumple
6	58	5	58	60	Cumple
7	60	0	60	62	Cumple
8	57	11	57	60	Cumple
9	60	0	60	62	Cumple
10	59	15	59	61	Cumple
11	58	0	58	60	Cumple
12	58	0	58	60	Cumple

* Valores aproximados al entero más cercano.

De la tabla anterior se concluye el cumplimiento a cabalidad con la normativa de referencia FTA, respecto de los valores proyectados por flujo vehicular durante la fase de construcción del Proyecto.

8.1.2.2 Fase de operación

A continuación, se presentan los resultados para el flujo vehicular durante la etapa de operación.



1	FINAL	SET. 2020	O. CANDIA	A. MUÑOZ	H. SOLAR/R. QUINTANA
REV.Nº	REVISIONES	FECHA	DISEÑO	GIS	REVISADO Y FIRMADO
<div><div>Yanacocha</div><div>PROYECTO:</div><div>II MODIFICACIÓN DE ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL YANACocha</div><div>UNIDAD MINERA YANACocha</div><div>TÍTULO:</div><div>MAPA DE PROPAGACIÓN SONORA FLUJO VEHICULAR</div><div>FASE OPERACIÓN 2021 - PERIODO DIURNO Y NOCTURNO</div><div>PROYECCIÓN: UTM</div><div>DATUM: WGS84 ZONA 17S</div><div>FUENTE: IGN, INEI, MINERA YANACocha 2019</div><div><div><div>Stantec</div><div>ESCALA: 1:82,500</div><div>Ilustración 12</div></div><div>ARCHIVO: Figura 81-4 Mapa de Propagación sonora Flujo Vehicular Fase Operación 2021 - Período Diurno y Nocturno.mxd</div></div></div>					

Tabla 44: L_{DN} proyectado en el receptor. Flujo vehicular fase de operación 2021. Periodo diurno/nocturno.

Punto	L _{DN} Existente	L _{DN} proyectado [dB(A)] aporte exclusivo	Total Nivel combinado [dB(A)]	Máximo de referencia Criterio U.S. Federal Transit Administration Report [dB(A)]	Evaluación Criterio U.S. Federal Transit Administration Report
1	56	0	56	59	Cumple
2	56	23	56	59	Cumple
3	57	6	57	60	Cumple
4	54	3	54	57	Cumple
5	58	6	58	60	Cumple
6	58	0	58	60	Cumple
7	60	0	60	62	Cumple
8	57	7	57	60	Cumple
9	60	0	60	62	Cumple
10	59	27	59	61	Cumple
11	58	0	58	60	Cumple
12	58	0	58	60	Cumple

* Valores aproximados al entero más cercano.

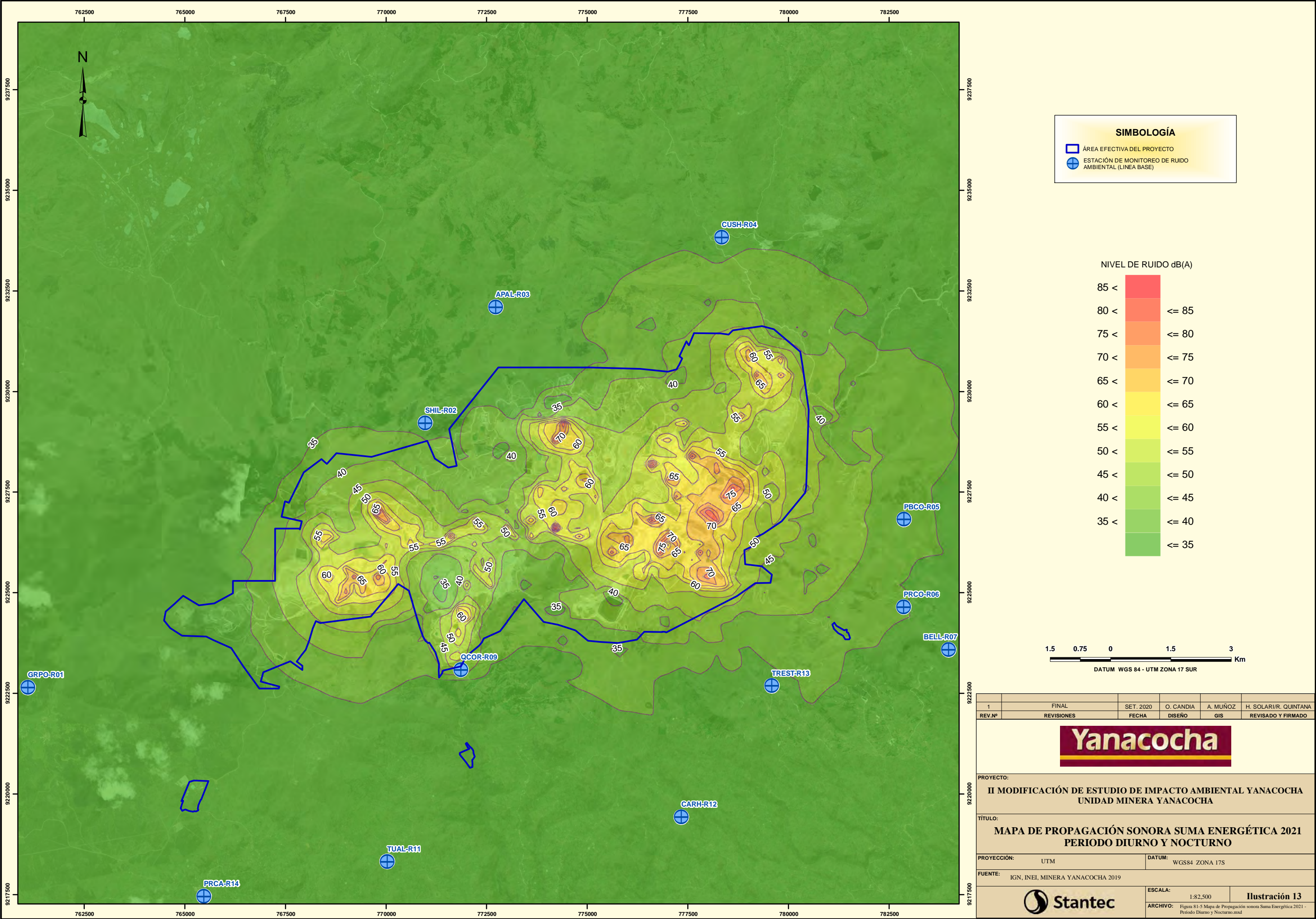
De la tabla anterior se concluye que se cumple a cabalidad con la normativa de referencia, respecto de los valores proyectados para presión sonora por flujo vehicular para el periodo 2021, para todos los receptores sensibles.

8.1.3 Suma energética año 2021

Dado que la emisión acústica de las fases de construcción y operación contempladas para el año 2021, podrían ocurrir de manera simultánea y provocar un aumento en los niveles de inmisión en los receptores evaluados, se procederá a sumar energéticamente los escenarios de construcción y operación del Proyecto a desarrollarse durante el año 2021.

8.1.3.1 Periodo diurno y nocturno

A continuación, se muestra el mapa de propagación sonora para el periodo diurno y nocturno, que incluye las fases de construcción y operación. Además, se contempla el flujo vehicular para el año 2021, dado que será el año en que habrá mayor flujo vehicular por la construcción y operación del Proyecto.



A continuación, se presenta los resultados y evaluación para la suma energética correspondiente al periodo diurno y nocturno:

Tabla 45: Nivel proyectado en el receptor. Suma energética 2021. Periodo diurno.

Punto	Ruido maquinaria		Flujo vehicular**		Suma energética Periodo diurno [dB(A)](*)	Nivel máximo permitido Horario diurno [dB(A)]	Evaluación según D.S. N° 085- 2003-PCM
	Construcción [dB(A)](*)	Operación [dB(A)](*)	L _{DN} Construcción [dB(A)](*)	L _{DN} Operación [dB(A)](*)			
1	17	14	0	0	19	60	Cumple
2	31	27	24	23	33	60	Cumple
3	26	31	13	6	32	60	Cumple
4	25	34	3	3	35	50	Cumple
5	27	37	10	6	37	60	Cumple
6	25	34	5	0	35	50	Cumple
7	17	25	0	0	26	60	Cumple
8	26	36	11	7	36	60	Cumple
9	22	30	0	0	31	60	Cumple
10	31	42	15	27	42	60	Cumple
11	20	25	0	0	26	50	Cumple
12	16	20	0	0	22	60	Cumple

* Valores aproximados al entero más cercano.

** Los valores utilizados corresponde al nivel de L_{DN}, correspondiente a la peor condición (mayor nivel de inmisión) calculado en el receptor.

Tabla 46: Nivel proyectado en el receptor. Suma energética 2021. Periodo nocturno.

Punto	Ruido maquinaria		Flujo vehicular**		Suma energética Periodo diurno [dB(A)]*	Nivel máximo permitido Horario nocturno [dB(A)]	Evaluación según D.S. N° 085- 2003-PCM
	Construcción [dB(A)](*)	Operación [dB(A)] (*)	L _{DN} Construcción [dB(A)] (*) (***)	L _{DN} Operación [dB(A)] (*)			
1	17	14	0	0	19	50	Cumple
2	31	27	24	23	33	50	Cumple
3	26	31	13	6	32	50	Cumple
4	25	34	3	3	35	40	Cumple
5	27	37	10	6	37	50	Cumple
6	25	34	5	0	35	40	Cumple
7	17	25	0	0	26	50	Cumple
8	26	36	11	7	36	50	Cumple
9	22	30	0	0	31	50	Cumple
10	31	42	15	27	42	50	Cumple
11	20	25	0	0	26	40	Cumple
12	16	20	0	0	22	50	Cumple

* Valores aproximados al entero más cercano.

** Los valores utilizados corresponde al nivel de L_{DN}, correspondiente a la peor condición (mayor nivel de inmisión) calculado en el receptor.

Como se aprecia en la tabla anterior, los resultados obtenidos cumplen cabalmente con los niveles máximos permisibles para el periodo diurno como nocturno según D.S. N° 085-2003-PCM, esto para la suma energética de los frentes de construcción y operación.

8.1.4 Proyección y evaluación de ruido generado por voladura

En la Tabla 47 se presenta la evaluación normativa de las emisiones acústicas generadas por los eventos de voladura que involucra el Proyecto.

Tabla 47: Estimación y evaluación de nivel de ruido para eventos de voladura.

Punto	Sector con evento de voladura	Distancia Fuente – Receptor [m]	Nivel de ruido [dB(L)*]	Máximo según AS 2187.2:2006 [dB(L)]	Evaluación AS 2187.2:2006
1	Tajo Yanacocha	12930	85	115	No supera norma
2	Tajo Yanacocha	3060	101	115	No supera norma
3	Tajo Yanacocha	4250	97	115	No supera norma
4	Tajo Maqui Maqui Sur	2740	102	115	No supera norma
5	Tajo Chaquicocha Etapa 3	4210	97	115	No supera norma
6	Tajo Chaquicocha Etapa 3	4620	96	115	No supera norma
7	Tajo Chaquicocha Etapa 2	6040	93	115	No supera norma
8	Tajo Chaquicocha Etapa 2	2980	101	115	No supera norma
9	Tajo Chaquicocha Etapa 2	5900	94	115	No supera norma
10	Tajo Yanacocha	3420	99	115	No supera norma
11	Tajo Yanacocha	8490	90	115	No supera norma
12	Tajo Yanacocha	11820	86	115	No supera norma

*Valor aproximado al entero más cercano.

De acuerdo a lo anterior, no se supera el máximo establecido por la normativa en todos los puntos de evaluación.

8.2 Vibraciones

8.2.1 Maquinaria e instalaciones

A continuación, se presentan los valores de L_v y PPV obtenidos para las actividades de construcción y operación del Proyecto. Por otro lado, para efectos de cálculo de la proyección de velocidad para la fase de construcción como operación, y considerando la maquinaria propia de las faenas en estudio, se consideraron los valores referidos a “Rodillo vibratorio o compactador”, ya que representa el caso más desfavorable, independiente que en la etapa de operación no se contempla el uso de rodillo compactador.

Criterio de molestia

Tabla 48: Evaluación de cumplimiento de valores L_v proyectados para construcción y operación.

Punto	Etapas más cercanas	Distancia mínima a emplazamiento [m]	Distancia mínima a emplazamiento [Pies]	L_v Proyectado [VdB]	Umbral de molestia -FTA [VdB]	Evaluación Criterio U.S. Federal Transit Administration Report
1	DAM Sur	7880	25853	4	72	No supera norma
2	Planta de Procesos	2370	7776	19	72	No supera norma
3	PAD Yanacocha	3330	10925	15	72	No supera norma
4	Tajo Maqui Maqui Sur	2870	9416	17	72	No supera norma
5	Tajo Chaquicocha	4230	13878	12	72	No supera norma
6	Chaquicocha Subterráneo	4620	15157	11	72	No supera norma
7	Chaquicocha Subterráneo	5940	19488	7	72	No supera norma
8	Chaquicocha Subterráneo	2840	9318	17	72	No supera norma
9	Chaquicocha Subterráneo	5760	18898	8	72	No supera norma
10	Maquinaria La Quinoa Sur	370	1214	43	72	No supera norma
11	Maquinaria La Quinoa Sur	5370	17618	9	72	No supera norma
12	DAM Sur	8045	26394	3	72	No supera norma

Criterio de daño sobre estructuras

Tabla 49: Evaluación de cumplimiento de valores PPV proyectados para construcción y operación.

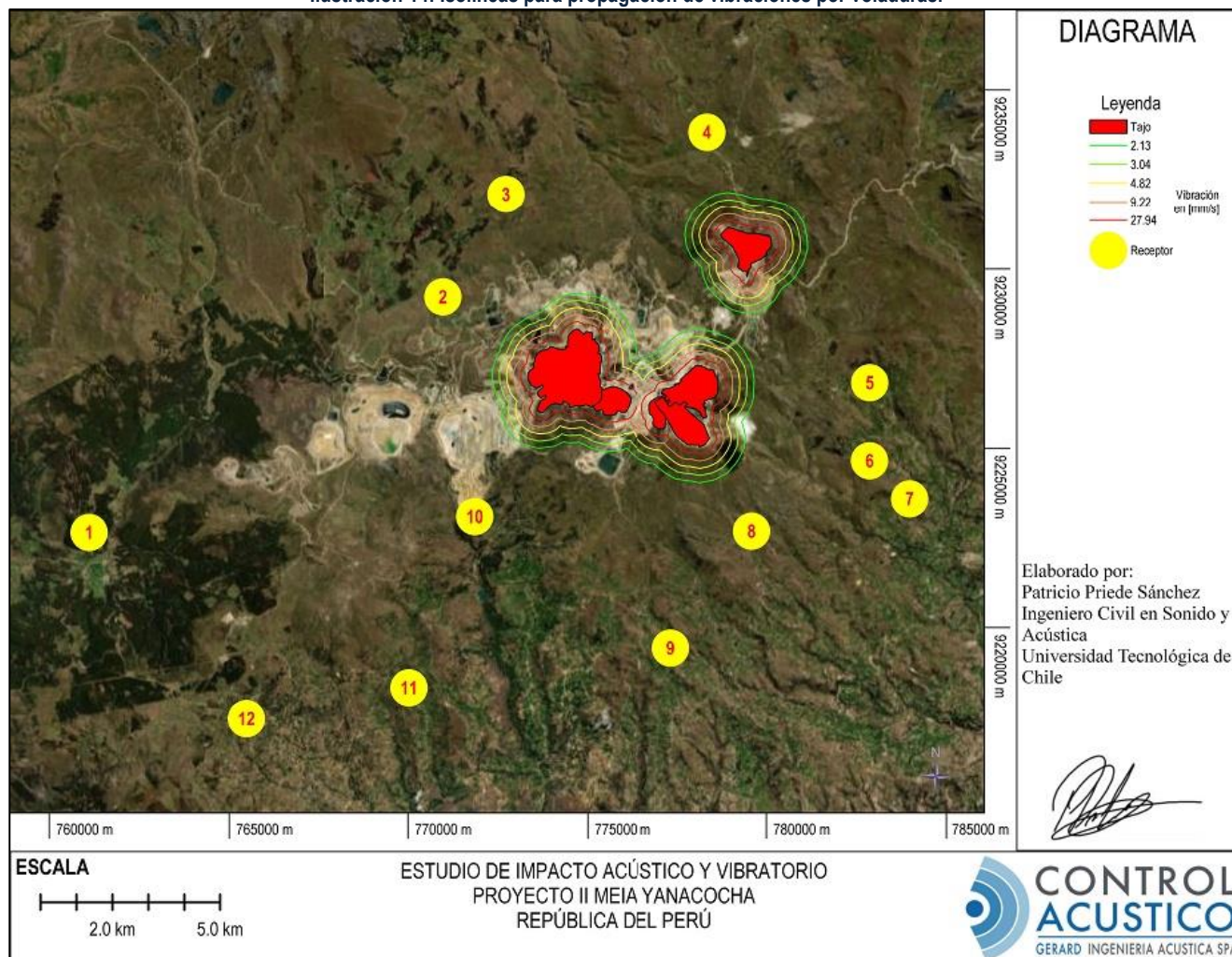
Punto	Etapas más cercanas	Distancia mínima a emplazamiento [m]	Distancia mínima a emplazamiento [Pies]	PPV Proyectado [in/s]	Umbral de daño-FTA [in/s]	Evaluación Criterio U.S. Federal Transit Administration Report
1	DAM Sur	7880	25853	< 0.01	0.12	No supera norma
2	Planta de Procesos	2370	7776	< 0.01	0.12	No supera norma
3	PAD Yanacocha	3330	10925	< 0.01	0.12	No supera norma
4	Tajo Maqui Maqui Sur	2870	9416	< 0.01	0.12	No supera norma
5	Tajo Chaquicocha	4230	13878	< 0.01	0.12	No supera norma
6	Chaquicocha Subterráneo	4620	15157	< 0.01	0.12	No supera norma
7	Chaquicocha Subterráneo	5940	19488	< 0.01	0.12	No supera norma
8	Chaquicocha Subterráneo	2840	9318	< 0.01	0.12	No supera norma
9	Chaquicocha Subterráneo	5760	18898	< 0.01	0.12	No supera norma
10	Maquinaria La Quinoa Sur	370	1214	< 0.01	0.12	No supera norma
11	Maquinaria La Quinoa Sur	5370	17618	< 0.01	0.12	No supera norma
12	DAM Sur	8045	26394	< 0.01	0.12	No supera norma

En base a las tablas anteriores, se verifica que durante la etapa de construcción y operación las emisiones vibratorias producidas por maquinaria no superarán los máximos que indica la normativa norteamericana utilizada para efectos de evaluación de impacto en todos los puntos evaluados para el criterio de molestia y daño.

8.2.2 Voladuras

A continuación, se muestra la propagación de vibraciones mediante curvas isolíneas cada 200 [m].

Ilustración 14: Isolíneas para propagación de vibraciones por voladuras.



En la Tabla 50 se entregan los valores de VPP obtenidos para la etapa de operación y su respectiva evaluación normativa.

Tabla 50: Valores de VPP proyectados para la etapa de operación. Voladuras.

Punto	Sector	Distancia mínima a voladura [m]	VPP Proyectado [mm/s]	VPP Máximo según DIN 4150-3 [mm/s]	Evaluación DIN 4150-3
1	Tajo Yanacocha	12930	0.04	5	No supera norma
2	Tajo Yanacocha	3060	0.36	5	No supera norma
3	Tajo Yanacocha	4250	0.21	5	No supera norma
4	Tajo Maqui Maqui Sur	2740	0.42	5	No supera norma
5	Tajo Chaquicocha Etapa 3	4210	0.21	5	No supera norma
6	Chaquicocha Subterráneo	4490	0.19	5	No supera norma
7	Chaquicocha Subterráneo	5810	0.13	5	No supera norma
8	Chaquicocha Subterráneo	2730	0.43	5	No supera norma
9	Chaquicocha Subterráneo	5680	0.13	5	No supera norma
10	Tajo Yanacocha	3420	0.30	5	No supera norma
11	Tajo Yanacocha	8490	0.07	5	No supera norma
12	Tajo Yanacocha	11820	0.04	5	No supera norma

Según lo indica la tabla anterior, se verifica que durante la etapa de operación las emisiones vibratorias generadas por tronaduras no superarán los máximos que indica la normativa alemana DIN 4150-3.

9 CONCLUSIONES

Se realizaron modelaciones de ruido para las etapas de construcción y operación de la unidad minera Yanacocha, la cual se encuentra actualmente en operación. Se consideró un escenario para la etapa de construcción producto de la operación de maquinarias y equipos necesarios para la construcción, enfocándose específicamente en el año 2021, que será el de mayor actividad según el Plan de Minado de la II MEIA Yanacocha.

Para la etapa de operación se consideró el año 2021, que será el año de operación de maquinaria de mayor emisión acústica, tanto en periodo diurno como nocturno. Dichos escenarios fueron comparados con los ECA de ruido establecido según el D.S. N° 085-2003-PCM, constatando que los escenarios considerados cumplen cabalmente con los máximos permitidos por la normativa de ruido. Además, asumiendo que durante el año 2021 se podrían llegar a realizar faenas de construcción y operación de manera simultánea, se sumó energéticamente ambos escenarios (fase de construcción y operación) comprobando que el resultado cumple con la normativa de ruido.

En el caso del flujo vehicular se utilizó el método de cálculo estipulado en la norma alemana RLS-90 y se evaluó considerando el estándar norteamericano FTA. Debido a que los receptores se encuentran en la Categoría 2 de la norma, se evaluó utilizando el descriptor L_{DN} . Para el caso de los escenarios de construcción y operación modelados, se verifica el cumplimiento de ambos utilizando los datos enviados por el mandante respecto al flujo vehicular. Al igual que el ruido producido por maquinarias y equipos, se realizó una suma energética del flujo vehicular asociado a la etapa de construcción y operación del Proyecto, comprobando que se cumple con el estándar de referencia utilizado.

Respecto al ruido emitido por voladuras, se utilizó una carga de 300 [kg] por retardo siendo evaluada con la normativa AS 2187.2-2006. Las proyecciones realizadas entregan como resultado que las faenas de voladuras cumplen con el nivel máximo de sobrepresión en cada uno de los receptores evaluados en el estudio recomendado por la normativa australiana.

En relación a las vibraciones generadas por las actividades del Proyecto, el análisis se llevó a cabo a través de la aplicación de modelos matemáticos específicos, considerando las características de las actividades que implica cada fase y la distancia desde el sitio de faenas hacia cada receptor. Dicho lo anterior, se verificó que las actividades con maquinaria pesada no generarán emisiones vibratorias significativas sobre los puntos de evaluación, y, por lo tanto, se dará cumplimiento a los criterios de molestia y daño sobre estructuras que estipula la normativa FTA-VA-90-1003-06 de Estados Unidos.

En relación a la vibración generada por eventos de voladura, se estima que el valor de Velocidad Peak de Partícula VPP generado en los puntos de evaluación, no superará los umbrales que define el estándar alemán DIN 4150-3, lo cual permite descartar riesgos de daño sobre las instalaciones expuestas en dichos sectores. El alcance o distancia mínima que se espera cumplir con una VPP máximo de 5 mm/s con las proyecciones de vibración por voladura es de 590 m. Para el caso de vibraciones por utilización de maquinaria, se determina que el alcance de las proyecciones de vibración para cumplir con 0.12 [pulg/seg] es de 12 [m].

10 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

- BS 5228-2: 2009 - Code of practice for noise and vibration control on construction and open sites – Part 1: Noise.
- Decreto Supremo N° 085-2003-PCM “*Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Ruido*”.
- ISO 9613-2:1996, Acoustics -- Attenuation of sound during propagation outdoors -- Part 2: General method of calculation.
- Software Designers & Consulting Engineers for Noise Control & Environmental Protection *SoundPLAN v7.4*– User Manual.
- DIN 4150-3: 2015 Vibrations in buildings - Part 3: Effects on structures
- U.S. Federal Transit Administration Report, *Transit Noise and Vibration Impact Assessment*, Edición mayo de 2006.
- AS 2187.2-2006: Explosives – *Storage, Transport and Use. Part 2: Use of Explosives*

PATRICIO PRIEDE SANCHEZ
INGENIERO CIVIL EN SONIDO Y ACÚSTICA
JEFE DE PROYECTO
GERARD INGENIERÍA ACÚSTICA SPA.

MAX GLISSER DONOSO
INGENIERO CIVIL EN SONIDO Y ACÚSTICA
GERENTE TECNICO
GERARD INGENIERÍA ACÚSTICA SPA.

11 GLOSARIO

- a) **Decibel [dB]**: Unidad adimensional usada para expresar 10 veces el logaritmo de la razón entre una cantidad medida y una cantidad de referencia.
- b) **Decibel A [dB(A)]**: Es la unidad adimensional usada para expresar el nivel de presión sonora, medido con el filtro de ponderación de frecuencias A.
- c) **Nivel de Presión Sonora (NPS ó L_p)**: Se expresa en decibeles [dB] y se define por la siguiente relación matemática:

$$NPS = 20 \cdot \log_{10} \left(\frac{P_1}{P} \right)$$

Dónde:

P_1 : Valor efectivo de la presión medida

P : Valor efectivo de la presión sonora de referencia, fijada en 2×10^{-5} [N/m²]

- d) **Nivel de Presión Sonora Continuo Equivalente (NPS_{eq}, ó Leg)**: Es aquel nivel de presión sonora constante, expresado en decibeles A que, en el mismo intervalo de tiempo, contiene la misma energía total (o dosis) que el ruido medido.
- e) **Nivel de Presión Sonora Máximo (NPS_{máx})**: Es el NPS más alto registrado durante el periodo de medición, con respuesta lenta.
- f) **Nivel de Presión Sonora Mínimo (NPS_{mín})**: Es el NPS más bajo registrado durante el periodo de medición, con respuesta lenta.
- g) **Respuesta Lenta**: Es la respuesta temporal del instrumento de medición que evalúa la energía media en un intervalo de 1 segundo. Cuando el instrumento mide el nivel de presión sonora con respuesta lenta, dicho nivel se denomina NPS Lento. Si además se emplea el filtro de ponderación A, el nivel obtenido se expresa en [dB(A)] Lento.

ANEXO I

ESTIMACIÓN DE NIVEL DE POTENCIA ACÚSTICA

Cálculo de potencias acústicas

El nivel de potencia acústica L_w (o NWS) se obtuvo a partir de mediciones de nivel de presión sonora a una distancia conocida desde la fuente de ruido y aplicando la expresión matemática que indica la Ecuación 4. Esta relación asume que la propagación de la onda diverge en forma de semi-esfera, simulando la ubicación de una fuente puntual sobre un plano reflectante donde la sección de propagación equivale a $2\pi r^2$:

$$NWS = NPS_{medido} + 20 \cdot \log_{10}(r) + 8 \quad {}^3 \quad \text{Ecuación 4}$$

Dónde:

NWS : Nivel de Potencia Acústica (L_w o NWS).
 NPS_{medido} : Nivel de Presión Sonora (NPS) medido en dB(A) a una distancia r .
 r : Distancia en [m] a la cual se registró el NPS.

Para el caso de fuentes cuyo patrón de propagación es del tipo lineal, se consideró que el frente de onda se propaga en forma de semicilindro a través de una sección πr , empleando en dichos casos la siguiente relación:

$$NWS = NPS_{medido} + 10 \cdot \log_{10}(r) + 5 \quad \text{Ecuación 5}$$

³ Samir, Gerges. Fundamentos y Control de Ruido y Vibraciones

- **Chancador primario**

Se midió el chancador primario durante su operación normal, posicionando el sonómetro a una distancia de 8 [m] y a 1.5 [m] en su eje vertical del suelo, cuyos resultados se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 51: Niveles de presión sonora. Chancador primario.

DESCRIPCIÓN	NPS Bandas de frecuencia en [dB(A)]								NPS [dB(A)]
	63	125	250	500	1K	2K	4K	8K	
Chancador primario	66	77	84	91	92	96	90	78	99

Luego, reemplazando estos valores en la ecuación anterior, se determinó el nivel de potencia acústica NWS, el cual se especifica en la siguiente tabla:

Tabla 52: Niveles de potencia acústica. Chancador primario.

DESCRIPCIÓN	NWS Bandas de frecuencia en [dB(A)]								NWS [dB(A)]
	63	125	250	500	1K	2K	4K	8K	
Chancador primario	92	103	110	117	118	122	116	104	125

Como se puede apreciar en la Tabla 52, el nivel de potencia acústica L_w del chancador primario es de 125 dB(A). En la siguiente ilustración se exhibe una fotografía de la medición efectuada a dicha fuente de ruido.

Ilustración 15: Medición de NPS a Chancador primario.

