



INGENIERIA EN
CONTROL ACUSTICO LTDA.

EVALUACIÓN DE IMPACTO ACÚSTICO
PROYECTO PLANTA DE SULFUROS
SOCIEDAD MINERA CERRO VERDE

PREPARADO PARA KNIGHT PIÉSOLD CONSULTING S.A.



21 DE ABRIL DEL 2003





INDICE

| | |
|--|-----------|
| 1.- INTRODUCCION | 3 |
| 2.- OBJETIVOS PROPUESTOS | 3 |
| 3.- ANTECEDENTES GENERALES | 4 |
| 3.1 ANTECEDENTES PARA LA MEDICIÓN DE RUIDO | 4 |
| 3.2 ANTECEDENTES PARA MEDICIÓN DE VIBRACIONES | 6 |
| 4.- METODOLOGÍA GENERAL DE TRABAJO | 8 |
| 4.1 CONSIDERACIONES PARA LA LINEA BASE | 8 |
| 4.2 UBICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LOS PUNTOS DE MEDICIÓN. | 10 |
| 4.3 METODOLOGÍA PARA LAS MODELACIONES DE RUIDO | 14 |
| 5.- RESULTADOS | 15 |
| 5.1 RESULTADOS DE LAS MEDICIONES DE RUIDO | 15 |
| 5.2 RESULTADOS DE LAS MEDICIONES DE VIBRACIÓN | 17 |
| 5.3 RESULTADOS DE LOS REGISTROS CONTINUOS | 19 |
| 5.4 RESULTADO DE LAS MODELACIONES DE NIVEL DE RUIDO | 21 |
| 5.4.1 Escenario Actual | 21 |
| 5.4.2 Escenario Proyectado | 26 |
| 5.4.3 Ruido de tránsito en Etapa de Operación | 29 |
| 5.4.4 Ruido de Tránsito en Etapa de construcción | 30 |
| 6.- EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS | 32 |
| 6.1 EVALUACIÓN DE LOS NIVELES DE RUIDO ACTUALES | 32 |
| 6.2 EVALUACIÓN DE LOS NIVELES DE RUIDO FUTUROS | 33 |
| 6.2.1 Etapa de operación | 33 |
| 6.2.2 Etapa de construcción | 34 |
| 6.3 EVALUACIÓN DE LAS ACTIVIDADES INTERNAS DE LA MINA | 36 |
| 6.4 EVALUACIÓN DE IMPACTOS POR RUIDO SOBRE LA FAUNA | 37 |
| 6.5 EVALUACIÓN DE LOS NIVELES DE VIBRACION | 38 |
| 7.- PLAN DE MITIGACION | 40 |
| 8.- PLAN DE SEGUIMIENTO | 41 |
| 9.- CONCLUSIONES GENERALES | 42 |
| 10.- INSTRUMENTACIÓN UTILIZADA | 43 |
| 11.- NORMAS UTILIZADAS | 43 |



1.- INTRODUCCION

El siguiente informe corresponde a la Línea de Base del Estudio de Impacto de Ruido y Vibraciones para el Proyecto Planta de Sulfuros para la Sociedad Minera Cerro Verde, bajo un marco de Estudio de Impacto Ambiental. Para esto se realizó una Línea de Base de los niveles de ruido y vibración en los pueblos o zonas precordilleranas que fuesen posiblemente afectados por las actividades asociadas al proyecto.

2.- OBJETIVOS PROPUESTOS

- Realizar una *Línea de Base* de los actuales niveles de ruido y vibración en los sectores potencialmente afectados por las actividades de la minera Cerro Verde.
- Generar *Mapas de Ruido* que detallen la propagación sonora tanto de la situación actual como de la futura, para las actividades de construcción y operación del proyecto.
- Evaluar los actuales y futuros niveles en las zonas sensibles, verificando su cumplimiento con los máximos exigidos por las normativas o recomendaciones asociadas a las emisiones de ruido y vibraciones.
- Evaluar considerando los impactos secundarios producto del ruido en la fauna silvestre del sector.
- Entregar antecedentes y recomendaciones de los conflictos detectados en cada sector.



3.- ANTECEDENTES GENERALES

3.1 ANTECEDENTES PARA LA MEDICIÓN DE RUIDO

El Consejo Nacional del Ambiente de Perú se encuentra desarrollando una normativa asociada al tema de ruido llamada *Anteproyecto de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental de Ruido* la cual está en etapa de revisión pública. En ausencia de una normativa oficial del Perú se utilizarán estándares internacionales para evaluar los niveles de ruido observados y proyectados. Los criterios internacionales se basan en los procedimientos establecidos en la norma ISO1996 *Description and Measurement of Environmental Noise*, la cual describe los procedimientos y consideraciones para la descripción del ruido ambiental.

Dado que el ruido es un agente que tiene una influencia local, se identificó que el principal efecto del proyecto sobre la población será el flujo de vehículos (camiones y camionetas) involucrados en las actividades de transporte tanto de material como de personal desde la zona de labores a diferentes lugares, y que de forma secundaria las actividades propias de la mina podrían afectar a los poblados vecinos, debido a la gran distancia que separa dichos sectores (10 km del poblado más cercano). De esta forma, se utilizarán normativas que evalúen el ruido de tráfico que produce el paso los vehículos livianos como autos y camionetas y de alto tonelaje como camiones, como es la regulación *Reglamento 814.41 sobre la protección contra el ruido (OPB)*, del Consejo Federal Suizo, junto con la Norma Chilena N°1619 “*Acústica- Evaluación del ruido en relación con la reacción de la comunidad*”, del Instituto Nacional de Normalización de Chile.

Los límites de exposición de la norma establecida por la Confederación Suiza N° 814.41, presentan límites para el ruido de tráfico vial en zonas con distintos grados de sensibilidad, y por otro lado, la norma Chilena NCh1619, permite evaluar una fuente de ruido (fija o móvil) según su diferencia con el ruido de fondo pre-existente, lo que entrega grados de respuesta de la comunidad. Los siguientes cuadros detallan cada uno de estos criterios:



Tabla 1: Valores límites de exposición al ruido, del tráfico vial, según la normativa de la Confederación Suiza N° 814.41- Periodo diurno

| Grado de Sensibilidad | Valor de Planificación dB(A) Día | Valor Límite de Inmisión dB(A) Día | Valor Límite de Alarma dB(A) Día |
|-----------------------|----------------------------------|------------------------------------|----------------------------------|
| I | 50 | 55 | 65 |
| II | 55 | 60 | 70 |
| III | 60 | 65 | 70 |
| IV | 65 | 70 | 75 |

Tabla 2: Valores límites de exposición al ruido, del tráfico vial, según la normativa de la Confederación Suiza N° 814.41- Periodo nocturno

| Grado de Sensibilidad | Valor de Planificación dB(A) Noche | Valor Límite de Inmisión dB(A) Noche | Valor Límite de Alarma dB(A) Noche |
|-----------------------|------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|
| I | 40 | 45 | 60 |
| II | 45 | 50 | 65 |
| III | 50 | 55 | 65 |
| IV | 55 | 60 | 70 |

Tabla 3: Cuadro resumen de las diferencias entre la fuente y el ruido de fondo junto con las categorías de la reacción de la comunidad, según la NCh 1619/79

| Cantidad en dB(A) en que el Nivel Medido Excede al Ruido de Fondo | Respuesta de la Comunidad | |
|---|---------------------------|------------------------------------|
| | Categoría | Descripción |
| 0 | Ninguna | No se observó reacción |
| 5 | Poca | Quejas esporádicas |
| 10 | Mediana | Quejas frecuentes |
| 15 | Fuerte | Amenazas de acción de la comunidad |
| 20 | Muy fuerte | Acción energética de la comunidad |

Adicionalmente se utilizará como documento de referencia la *Guía Ambiental para el Manejo de Problemas de Ruido en la Industria Minera*, del Ministerio de Energía y Minas del Perú, el cual establece tópicos generales para la evaluación de impactos por ruido.



3.2 ANTECEDENTES PARA MEDICIÓN DE VIBRACIONES

Para evaluar los niveles de vibración se utilizará la normativa internacional respecto a máximos permisibles de nivel de vibración que es la norma ISO 2631-2 “*Evaluation of human exposure to whole-body vibration*”, Part 2: *Continuous and shock-induced vibration in buildings (1 to 80 Hz)*, la cual está basada en datos obtenidos en la investigación en este campo, y da una orientación en orden a evaluar la respuesta humana a la vibración. Se utilizará además para las vibraciones asociadas a las voladuras propias de las labores mineras la *Guía Ambiental para la Perforación y Voladura en Operaciones Mineras* Ministerio de Energía y Minas, del Ministerio de Energía y Minas del Perú.

Los descriptores elegidos corresponden a curvas espectrales de nivel de vibración en bandas de tercio de octava desde la banda de 1 Hz hasta la banda de 80 Hz, de acuerdo al rango de frecuencia especificado por la propia norma ISO.

El nivel de aceleración (N_a) se define como:

| | |
|------------------------------|-------------|
| $N_a = 20 * \log(a/a_{ref})$ | [dB] |
|------------------------------|-------------|

a : aceleración medida en [m/s²]
 Donde: a_{ref} : aceleración de referencia y
 a_{ref} = 10⁻⁶ [m/s²]

Los puntos de medición en las zonas habitables se miden de preferencia en el suelo en los centros geométricos de la sala, o buscando puntos de máximo nivel de vibración previo sondeo. Estas mediciones deben ser efectuadas tan próximas como sea posible al punto o área a través del cual la vibración es transmitida al hombre. Por ejemplo si el receptor está sentado o de pie en un suelo sin ningún tipo de material elástico entre ambos el transductor de medida deberá ser fijado a esta estructura rígida.

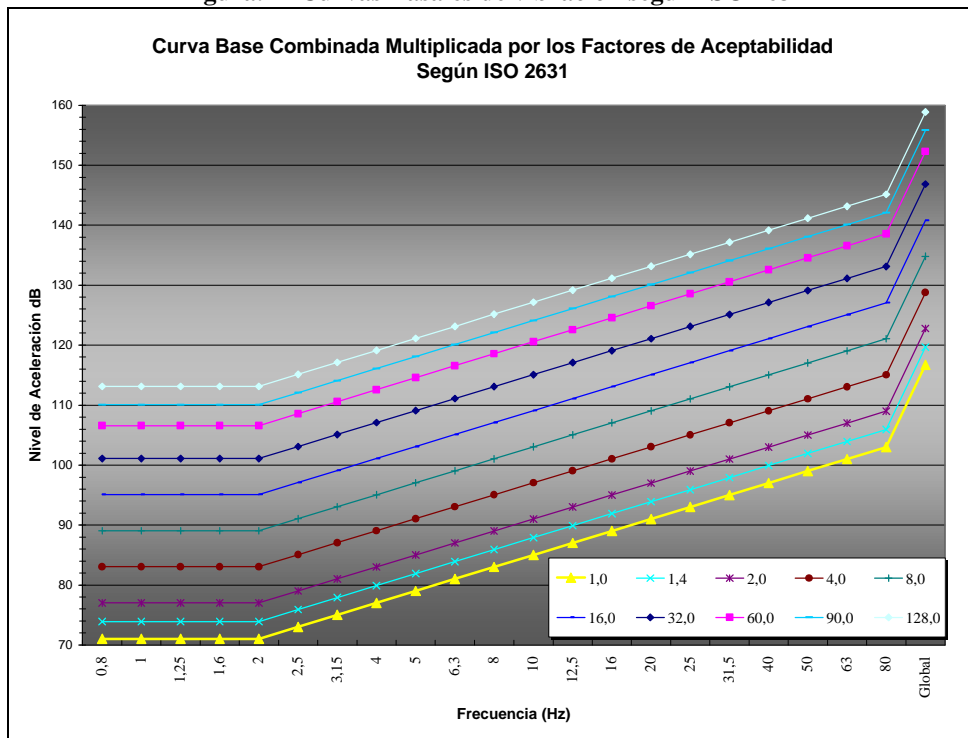
La experiencia ha demostrado en muchos países que las quejas de vibraciones de edificios residenciales son más probables cuando la vibración es ligeramente superior al nivel de percepción. Por supuesto, existen circunstancias donde estos niveles pueden ser tolerables como por ejemplo, en situaciones temporales o sucesos eventuales de corta



duración (Excavación, Voladuras pequeñas, etc.). En situaciones prolongadas se debe actuar para reducir el impacto.

Para evaluar la aceptabilidad a las vibraciones, la norma ISO 2631 utiliza unas *Curvas Base*, las cuales representan magnitudes de aproximadamente igual respuesta del individuo con respecto a la molestia y/o quejas respecto a interferencia en sus actividades, de modo de tener las magnitudes de vibración satisfactorias deben ser expresadas en términos de múltiplos de estas curvas base. El criterio definido en ISO 2631 se basa en elevar estas curvas multiplicándolas por un factor, para valores por debajo de estas curvas, no es probable que aparezcan quejas. Las curvas base se presentan en el siguiente gráfico para el Nivel de Aceleración:

Figura.- 1 Curvas Basales de vibración según ISO 2631



4.- METODOLOGÍA GENERAL DE TRABAJO

4.1 CONSIDERACIONES PARA LA LINEA BASE

- Con fechas 24 y 25 de enero del 2003, se realizaron mediciones de ruido y vibraciones en el entorno de los sectores sensibles al ruido de la minera Cerro Verde, en Arequipa, Perú. Dichas mediciones se realizaron en diferentes puntos de interés, tanto en la mina como sectores exteriores a ella.
- Las mediciones de ruido se realizaron en conformidad a la norma ISO 1996, la cual es acorde a los procedimientos de los estándares internacionales para mediciones al exterior de recintos. Las mediciones de vibración se realizaron siguiendo los procedimientos indicados en la Norma ISO 2631 parte 2.
- Las fuentes principales de ruido y vibración registradas son el paso los vehículos livianos como autos y camionetas y de alto tonelaje como camiones, que eventualmente generan una vibración en los receptores, no existiendo en ninguno de los sectores fuentes fijas de vibración, como fábricas o plantas productivas de otro tipo. Las velocidades con las cuales transitaban los vehículos livianos y pesados mientras se realizaban las mediciones fueron estimadas entre 10 y 40 km/hora.
- Se determina el área de influencia del proyecto a aquella zona próxima a las zonas donde se puedan alterar las condiciones acústicas actuales, dada principalmente por la zona comprendida a no más de 100 m del eje del camino por donde circularán los vehículos.
- Las vías de transporte pasan por varias zonas con distintos grados de población, entre los que se evaluaron las localidades de Cerro Verde, Congata, Arancota y San José todos pertenecientes al Departamento de Arequipa. Para evaluar el nivel de ruido y vibraciones actual en estos sectores se instalaron cinco puntos de medición exteriores a la mina, los cuales coinciden con los lugares más sensibles de cada pueblo, como son las viviendas habitacionales, establecimiento educacionales, centros comunitarios consagrados al culto (Iglesias), o todos los cuales que por su cercanía al eje represente un punto sensible a proteger, siendo ésta la principal razón para su elección. Si bien es cierto que algunos de los puntos de medición tienen una



proximidad física (que es el caso de los puntos A, B y C), entre ellos existen distintas condiciones acústicas locales respecto al eje vial (directrices formativa ISO 1996). Con estos puntos de muestreo se conforma una densidad adecuada de mediciones de tal forma de poder representar y caracterizar los actuales niveles de ruido y vibraciones en todas las zonas a proteger. Adicionalmente se consideraron tres puntos al interior del Asiento Minero Cerro Verde, que representarán las condiciones de operación que prevalecían durante la etapa de evaluación.

- Las mediciones se realizaron con un analizador en Tiempo Real Larson Davis modelo 2900, configurado para medir ruido y vibraciones en forma simultánea. Para la medición de vibraciones se utilizó un acelerómetro piezoeléctrico modelo 353m198 Larson Davis, con respuesta 1 a 4 kHz, y para las mediciones de ruido se utilizó un Micrófono de incidencia aleatoria Larson Davis modelo 2559, el cual corresponde a un sonómetro Tipo 1 según IEC 651, con lo cual se cumple satisfactoriamente con los requerimientos normativos.
- Los descriptores utilizados fueron los siguientes: Nivel Continuo Equivalente (NPS_{eq}), Niveles Máximos (NPS_{max}), Niveles mínimos (NPS_{min}), Niveles de Exposición sonora (SEL) y Niveles espectrales, todos medidos en horario diurno y nocturno. Para este último descriptor se incluyen las curvas espectrales de nivel de vibración en bandas de tercio de octava desde la banda de 1 Hz hasta la banda de 80 Hz, de acuerdo al rango de frecuencia especificado por la norma ISO 2631.
- La duración de cada medición se basó en una integración registrada durante un intervalo de tiempo que varió entre los 10 y 20 minutos, dependiendo de las fluctuaciones de nivel observadas para cada registro, según se establece en el procedimiento de medición de las normas utilizadas.
- El equipo fue ubicado a 1,5 metros de su eje vertical y a menos de 3 metros de cualquier superficie reflectante en su eje horizontal (paredes, muros, etc.) para las mediciones exteriores, según lo estipula las normativas de medición ISO 1996.
- La campaña de mediciones de la línea base fue realizada en el período diurno para todos los puntos de medición. Por otro lado, el proyecto de la planta concentradora sólo incluirá actividades diurnas en su etapa de construcción. Sin embargo se consideraron



mediciones nocturnas a modo de referencia en aquellos sectores que podrían verse afectados por la aparición de un flujo vehicular nocturno, situación que en forma habitual no ocurre y tampoco se considera para el proyecto.

4.2 UBICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LOS PUNTOS DE MEDICIÓN.

Tabla 4 Ubicación y descripción de los Puntos de Medición.

| PUNTO | | UBICACIÓN |
|-------|----------|--|
| 1 | Interior | Mirador sobre Chancadora. A 200 [m] de tanques de ácido |
| 2 | Interior | Sector de monitoreo de polvo – zona de chancado |
| 3 | Interior | Exterior de oficinas mina |
| A | Exterior | Sector Poblado Cerro Verde. A 17 km de la mina. Entrada vivienda costado Oriente de la vía. |
| B | Exterior | Sector Poblado Cerro Verde. A 18 km de la mina. Cruce en Y hacia Congata. Jardín Infantil costado Oriente de la vía. |
| C | Exterior | Sector Poblado Cerro Verde. A 17 km de la mina. Entrada vivienda costado Poniente de la vía. |
| D | Exterior | Km 976 del Camino al puerto de Matarani Sector San José. Al costado del Colegio CE Juan Mata Rivas Oviedo. |
| E | Exterior | Cruce salida mina con Panamericana. Km 36 desde Arequipa. A 2 m del cruce hacia la mina (Oriente). |

Tabla 5 Descripción de la utilidad en el estudio de cada Punto de Medición.

| PUNTO | | UTILIDAD |
|----------|----------|---|
| 1, 2 y 3 | Interior | Punto referencial de la emisión al interior de la mina. Se utiliza para calibración del modelo de propagación sonora. |
| A | Exterior | Punto de evaluación diurno, nocturno y de operaciones de voladuras tanto para ruido como vibraciones |
| B | Exterior | Punto de evaluación diurno y nocturno de ruido y vibraciones. |
| C | Exterior | Punto de evaluación diurno de ruido y vibraciones. |
| D | Exterior | Punto de evaluación diurno de ruido y vibraciones. |
| E | Exterior | Punto referencial de la emisión de ruido y vibraciones del flujo de camiones por el camino de la garita San José. |

Figura.- 2: Ubicación de las localidades evaluadas.



Figura.- 3 Fotografías de algunos de los puntos de medición.



Figura.- 4 Fotografías de algunos de los puntos de medición.



4.3 METODOLOGÍA PARA LAS MODELACIONES DE RUIDO

La metodología de modelación se basa en la normativa de propagación del campo sonoro ISO 9613¹ parte 1, la cual utiliza los principios de atenuación divergente junto a atenuación extra introducida por obstáculos y atenuación por aire. El software utilizado corresponde a SoundPlanTM de origen alemán, el cual incorpora todas las variables físicas de geomorfología y forma de las fuentes sonoras.

La temperatura se fijó en 10° C y la humedad relativa en 80%, constituyendo un escenario desfavorable por la baja atenuación debido a efectos meteorológicos. La norma utilizada considera la velocidad del viento entre 3 y 4 m/s a favor de la propagación.

El nivel de emisión de presión sonora de flujo vehicular, registrado a 25 metros del eje de la calzada (L_{M25} o LME) corresponde a la variable de entrada del modelo, este valor se calcula a partir del modelo matemático definido por la norma alemana RLS90 junto con un ajuste de calibración y validación en base a las mediciones efectuadas en terreno.

Tabla 6. Validación en torno a escenario medido para calibración del modelo matemático RLS90

| VEHÍCULOS | FLUJO HORARIO ESTIMADO VEH/H | LME dB(A) MODELADO | LME dB(A) MEDIDO |
|----------------------------|------------------------------|--------------------|------------------|
| Livianos | 45 | 59.6 | 60.0 |
| Pesados (camiones y buses) | 15 | | |

¹ ISO 9613 Parte I y II “Attenuation of sound during propagation outdoors”.

5.- RESULTADOS

5.1 RESULTADOS DE LAS MEDICIONES DE RUIDO

Los resultados de las mediciones de ruido de la línea de base se resumen en los siguientes cuadros, los cuales separan los resultados diurnos y nocturnos.

Tabla 7. Niveles de presión sonora registrados en el período diurno

| Punto de medición | Niveles de Presión Sonora registrados | | |
|-------------------|---------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| | NPS _{Seq} dB(A) | NPS _{mín} dB(A) | NPS _{máx} dB(A) |
| 1 – Interior | 55.9 | 48.4 | 62.4 |
| 2 – Interior | 37.9 | 34.3 | 45.0 |
| 3 - Interior | 44.8 | 37.2 | 54.9 |
| A – Exterior | 60.2 | 29.5 | 84.4 |
| B - Exterior | 60.6 | 37.8 | 83.9 |
| C – Exterior | 52.8 | 35.9 | 71.0 |
| D – Exterior | 69.1 | 37.8 | 90.5 |
| E - Exterior | 81.9 | 41.2 | 94.3 |

Tabla 8. Niveles de presión sonora registrados en el período nocturno

| Punto de Medición | Niveles de Presión Sonora registrados | | |
|-------------------|---------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| | NPS _{Seq} dB(A) | NPS _{mín} dB(A) | NPS _{máx} dB(A) |
| A | 54.1 | 32.3 | 75.5 |
| B | 45.0 | 27.7 | 61.1 |

Los valores presentados en las tablas anteriores se presentan gráficamente a continuación:

Figura.- 5 Resultados de las mediciones de ruido de la campaña diurna

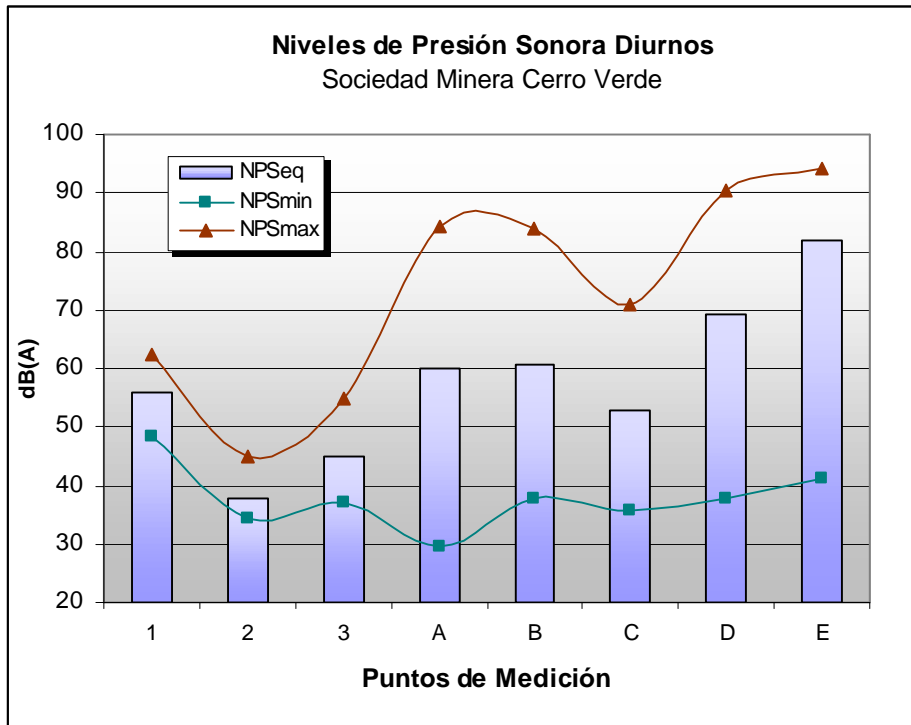
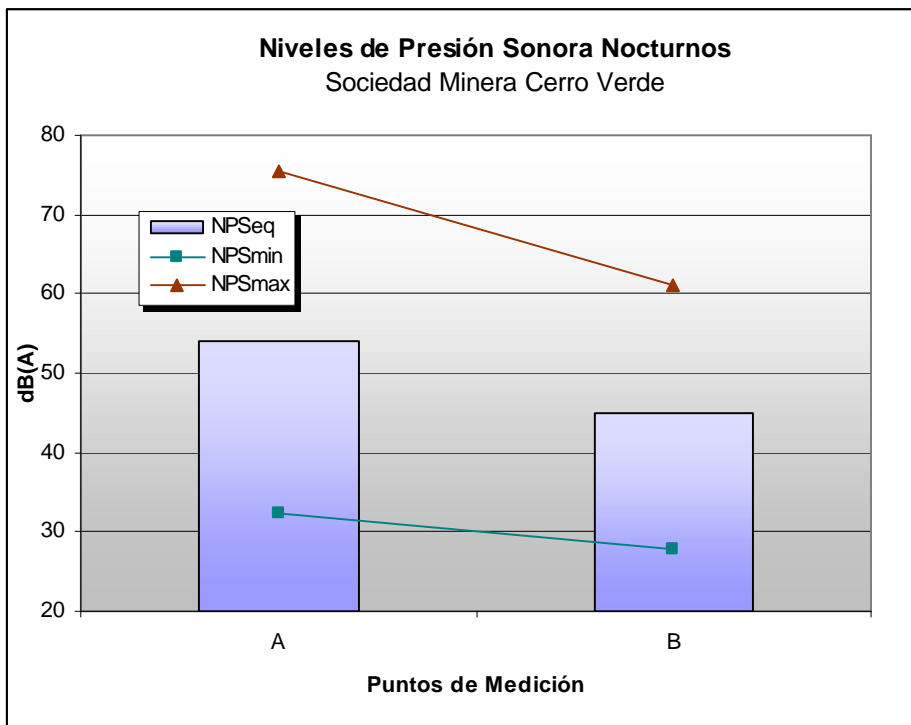


Figura.- 6. Resultados de las mediciones de ruido de la campaña nocturna



5.2 RESULTADOS DE LAS MEDICIONES DE VIBRACIÓN

En este capítulo se presentan las mediciones de vibración como nivel de aceleración en dB ($a_{\text{referencia}}: 10^{-6} \text{ [m/s}^2\text{]}$), descritas mediante el nivel global desde los 0.8 Hz a los 80 Hz.

Tabla 9 . Niveles de vibración registrados en el período diurno

| Punto de Medición | Nivel de aceleración en dB ref: $10^{-6} \text{ [m/s}^2\text{]}$ | | |
|-------------------|--|--------------|--------------|
| | Nivel equivalente | Nivel mínimo | Nivel máximo |
| 1 – Interior | 69.8 | 61.7 | 78.2 |
| 2 – Interior | 79.1 | 64.3 | 89.1 |
| 3 – Interior | 71.1 | 62.9 | 77.1 |
| A – Exterior | 70.2 | 60.6 | 76.5 |
| B – Exterior | 74.9 | 67.8 | 85.8 |
| C – Exterior | 69.9 | 60.8 | 78.3 |
| D – Exterior | 73.3 | 67.9 | 85.5 |
| E – Exterior | 80.8 | 64.0 | 92.7 |

Tabla 10. Niveles de vibración registrados en el período nocturno

| Punto de Medición | Nivel de aceleración en dB ref: $10^{-6} \text{ [m/s}^2\text{]}$ | | |
|-------------------|--|--------------|--------------|
| | Nivel equivalente | Nivel mínimo | Nivel máximo |
| A | 69.6 | 60.6 | 80.2 |
| B | 69.3 | 60.8 | 76.5 |

Los valores presentados en las tablas anteriores se presentan gráficamente a continuación:

Figura.- 7 Resultados de las mediciones de vibraciones de la campaña diurna

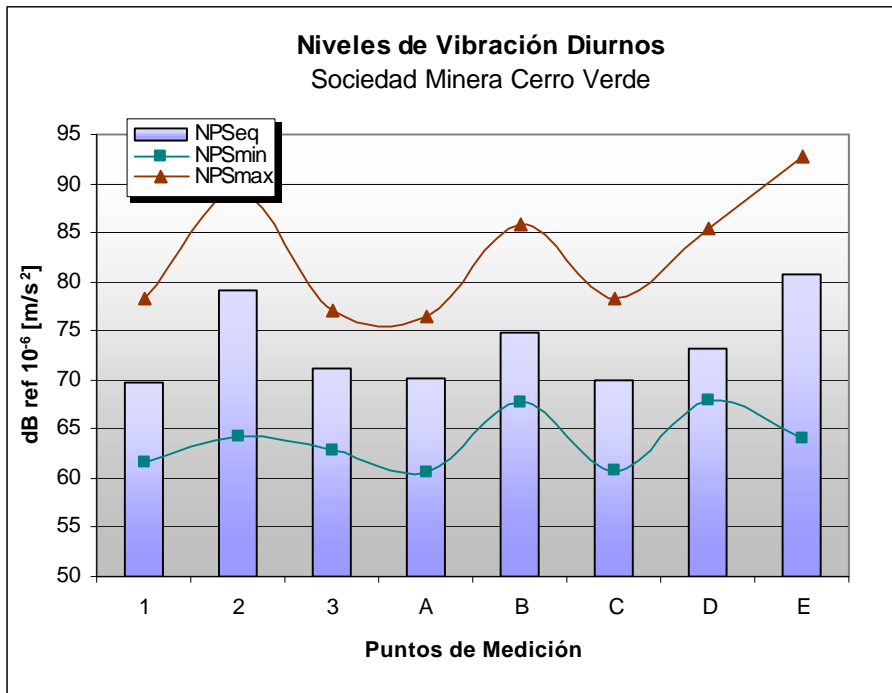
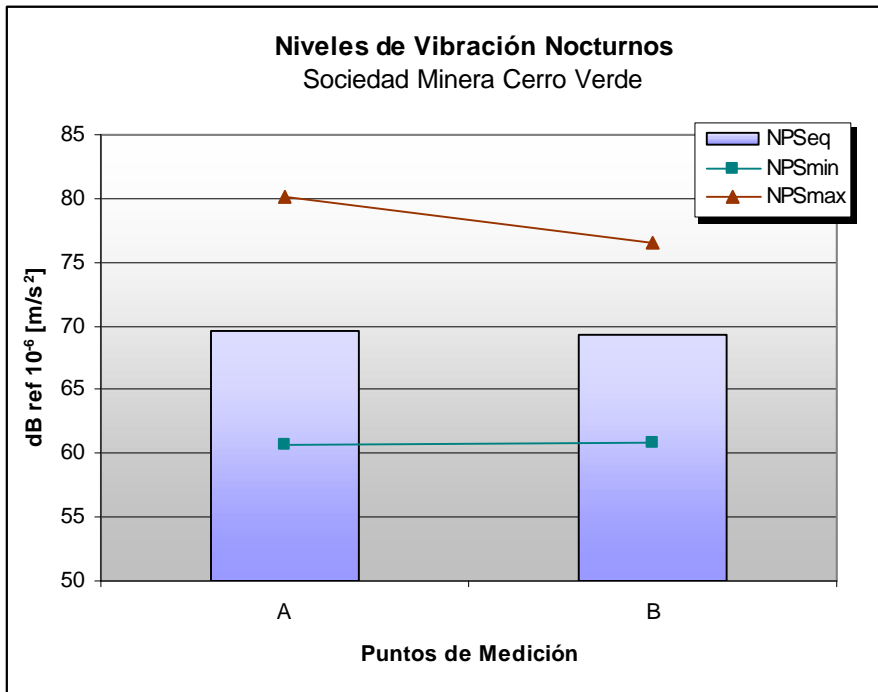


Figura.- 8 Resultados de las mediciones de vibraciones de la campaña nocturna

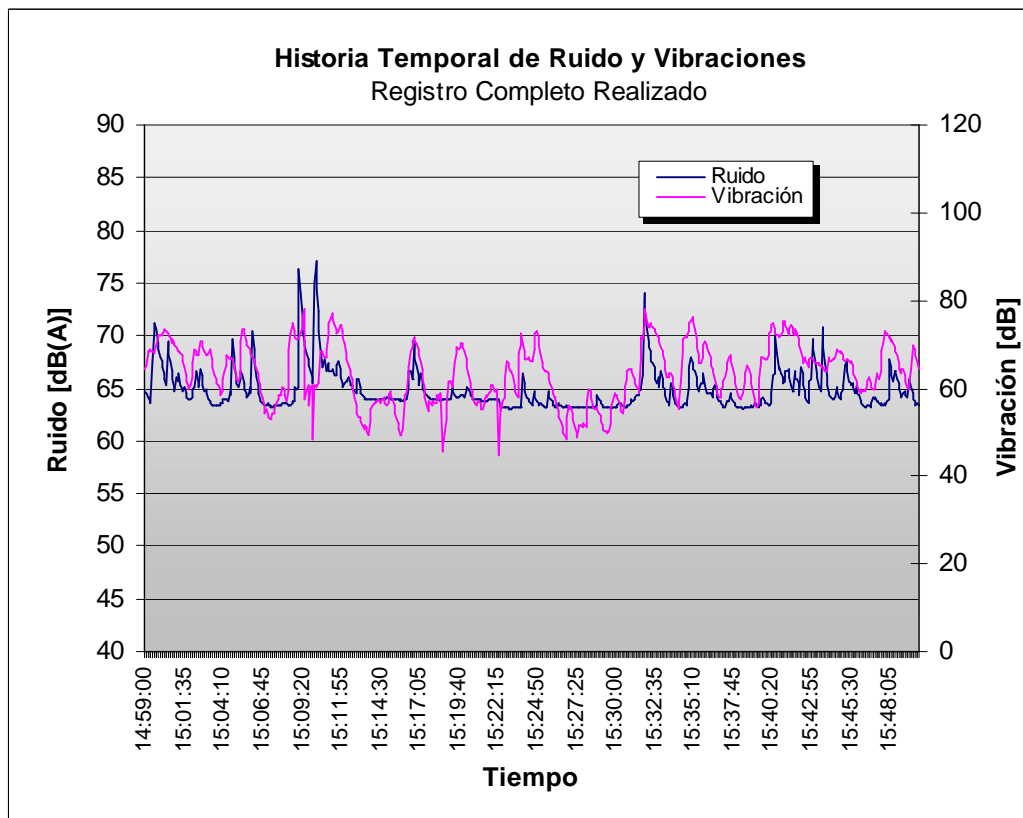


5.3 RESULTADOS DE LOS REGISTROS CONTINUOS

En este capítulo se presentan registros continuos que muestran la evolución de los niveles de ruido, lo cual tiene utilidad en la intención de identificar algún efecto de las voladuras en localidades lejanas a la mina, junto con demostrar que el paso de vehículos será la principal fuente emisora.

En el siguiente gráfico se observa la evolución de los niveles de aceleración en el tiempo con muestras capturadas cada 0.5 segundos, para el total del tiempo de medición.

Figura.- 9 Registro continuo de los Niveles de ruido y vibración realizados en el punto de medición A.



En los siguientes gráficos se presenta un mayor detalle para los eventos más importantes identificados. Se destaca el hecho que la voladura realizada el día 24 de Enero a las 15:00 hrs no fue perceptible como se aprecia en la figura 10. La figura 11 muestra cómo el paso de vehículos sí genera niveles de ruido y vibraciones perceptible en los puntos seleccionados.

Figura.- 10 Registro continuo de los Niveles de ruido y vibración. Detalle de la medición de la voladura. No se aprecia ningún tipo de incremento destacado ni en ruido ni en vibraciones.

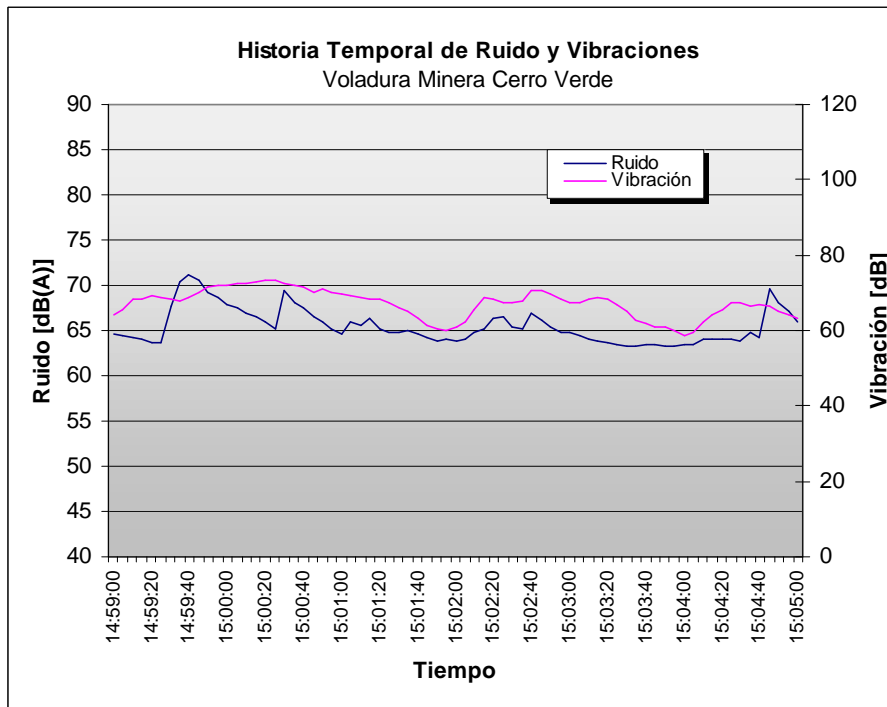
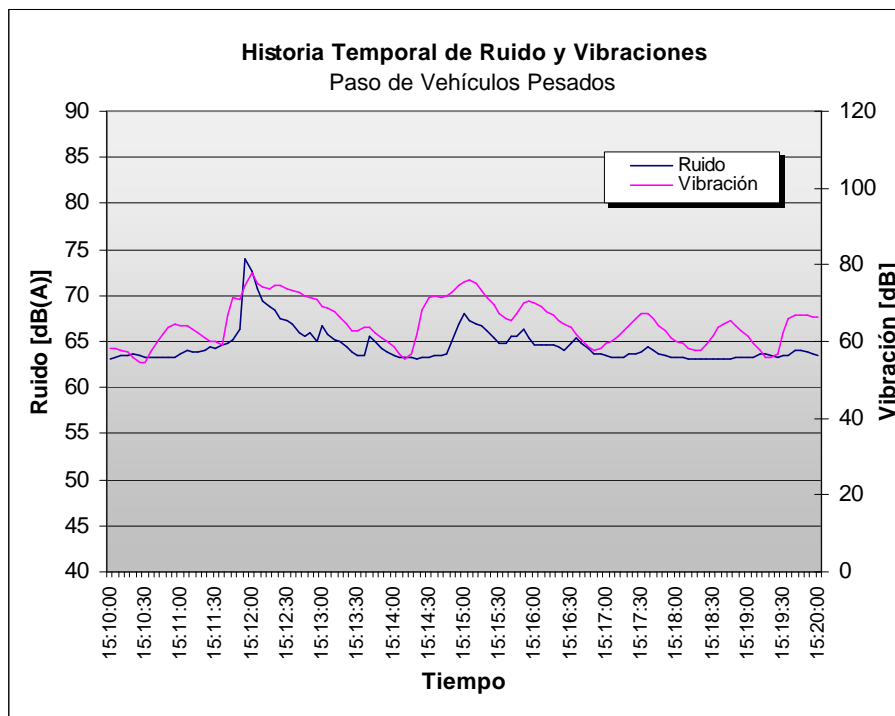


Figura.- 11 Registro continuo de los Niveles de ruido y vibración. Detalle de la medición del paso de vehículos por la vía. Se aprecia un incremento en ambos niveles de forma simultánea.



5.4 RESULTADO DE LAS MODELACIONES DE NIVEL DE RUIDO

Este capítulo, presenta los resultados de las simulaciones de ambiente sonoro, realizadas con el software SoundPlan, para los escenarios actuales, identificando las contribuciones de cada componente de emisión de ruido, así como los valores proyectados en las etapas de construcción y operación del proyecto.

5.4.1 ESCENARIO ACTUAL

El escenario actual, presenta la operación el siguiente equipamiento.

- 14 Volquetes
- 1 Camión Cisterna
- 9 Tractores
- 2 Motoniveladoras
- 3 Perforadoras
- 5 Excavadoras
- Flujo de Camiones
- Planta de Chancado
- 1 a 2 Voladuras diarias

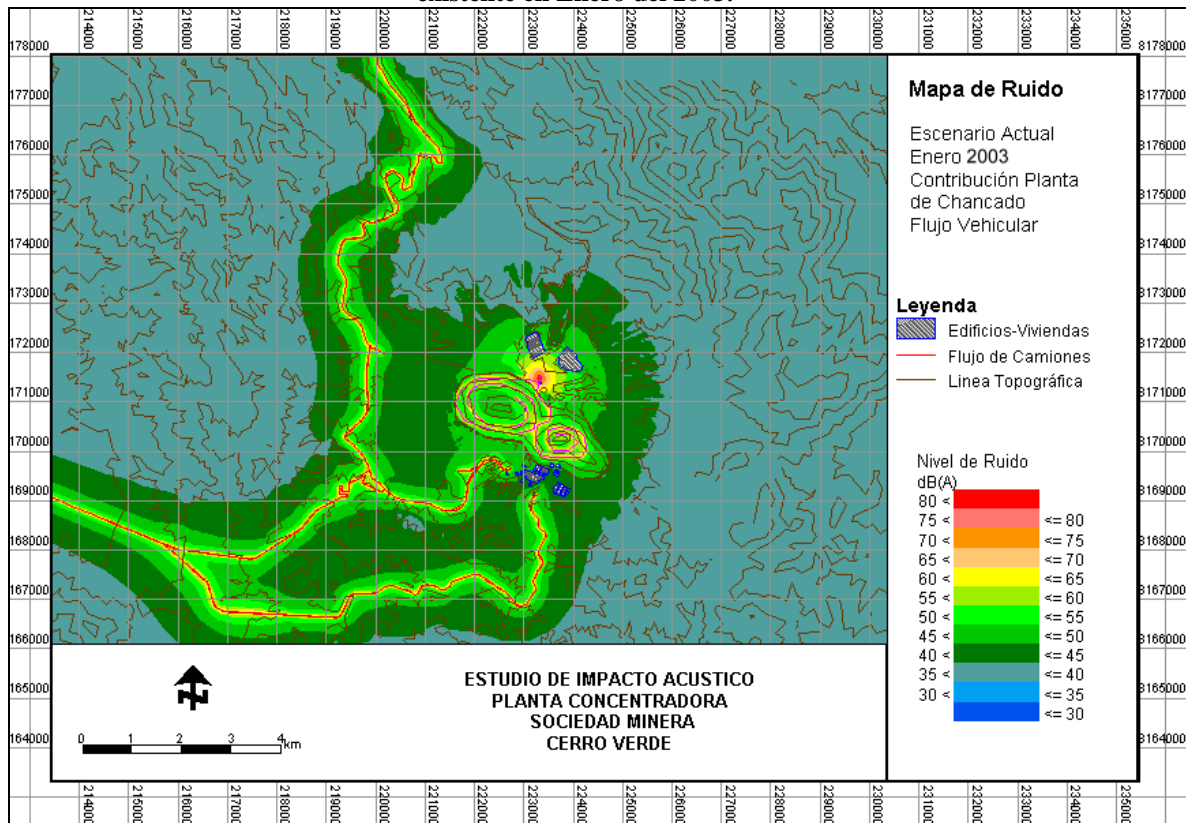
Debido a que las distancias son considerablemente mayores que las fuentes de ruido definidas, se agruparán todas ellas en dos subgrupos, ya sea en *Vehículos* y *Planta de Chancado*, correspondiendo las siguientes potencias sonoras por banda de octava y ponderadas a dB(A).

Tabla 11: Potencia Sonora Estimada en el Escenario Actual en dB(A)

| GRUPO DE FUENTES | ESPECTRO POR BANDAS DE OCTAVA | | | | | | | | POTENCIA SONORA EN dB(A) |
|------------------|-------------------------------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------------------------|
| | 63Hz | 125Hz | 250Hz | 500Hz | 1000Hz | 2000Hz | 4000Hz | 8000Hz | |
| Planta Chancado | 87.4 | 106.0 | 114.2 | 118.9 | 122.3 | 125.0 | 121.0 | 111.9 | 128.7 |
| Vehículos | 93.1 | 108.1 | 116.1 | 116.1 | 114.1 | 116.1 | 116.1 | 108.1 | 123.0 |

A continuación se muestra un conjunto de mapas de ruido, en el cual se simula el escenario actual, desglosando las contribuciones tanto de la planta, como del flujo por los caminos utilizados por vehículos vinculados a las actividades mineras del proyecto.

Figura.- 12. Mapa de ruido para jornada diurna, muestra el NPSeq en dB(A) en el escenario existente en Enero del 2003.



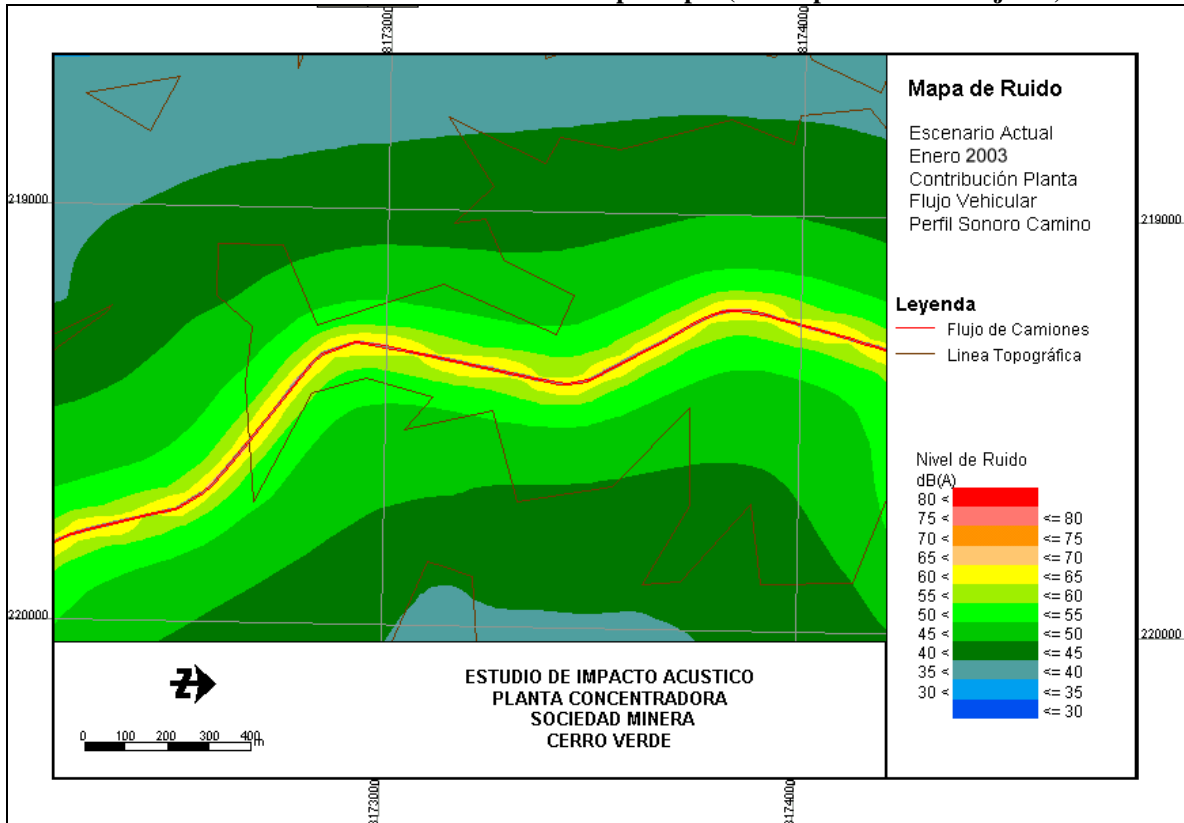
El escenario planteado, tiene una componente debido al tránsito vehicular, en un camino principal, que une los sectores de la mina con la ciudad de Arequipa (Garita Tinajones), representados por los puntos de medición A, B y C de la línea base.

El siguiente cuadro muestra un perfil para esta vía, desglosando la contribución de los vehículos que ingresan al predio del proyecto y el flujo total. Se considera una media horaria diurna de vehículos que ingresan al predio, en 1 vehículo pesado y 10 vehículos livianos. La modelación total considera 45 livianos y 15 pesados, cifra determinada en el momento de realizadas las campañas de medición de ruido basal.

Tabla 12: Perfil de nivel de ruido NPSeq diurno, respecto de la distancia al eje de la calzada de camino principal

| DISTANCIA AL EJE DE CALZADA (m) | CONTRIBUCIÓN DE VEHÍCULOS QUE INGRESAN AL PREDIO dB(A) | NIVEL DE RUIDO TOTAL MODELADO dB(A) |
|--|---|--|
| 3 | 62.1 | 72.8 |
| 4 | 60.3 | 71.0 |
| 5 | 58.9 | 69.6 |
| 6 | 57.9 | 68.6 |
| 7 | 57.1 | 67.8 |
| 8 | 56.4 | 67.1 |
| 9 | 55.7 | 66.4 |
| 10 | 55.2 | 65.9 |
| 11 | 54.6 | 65.3 |
| 12 | 54.1 | 64.8 |
| 13 | 53.7 | 64.4 |
| 14 | 53.2 | 63.9 |
| 15 | 52.8 | 63.5 |
| 20 | 50.4 | 61.6 |
| 25 | 48.9 | 59.6 |
| 30 | 47.5 | 58.2 |
| 40 | 45.5 | 56.2 |
| 50 | 44.2 | 54.9 |
| 60 | 43.1 | 53.8 |
| 70 | 42.2 | 52.9 |
| 80 | 41.5 | 52.2 |
| 90 | 40.8 | 51.5 |
| 100 | 40.2 | 50.9 |

Figura.- 13: Mapa de ruido para jornada diurna, muestra el NPSeq en dB(A) en el escenario existente en Enero del 2003. Detalle del camino principal (Salida por Garita Tinajones).



También se considera un escenario de camino secundario que une los sectores de la mina con el Puerto de Matarani (Garita San José) de menor flujo en su parte alta, cercano a la mina.

El siguiente cuadro muestra un perfil para esta vía, desglosando la contribución de los vehículos que circulan en la parte baja del camino, en el sector de San José (Punto de medición C), junto con la contribución de los vehículos que efectivamente circulan a la mina. Se considera una media horaria diurna de vehículos que ingresan al predio de la mina, en 3 vehículos pesados y 1 vehículo liviano. La modelación total en la parte baja de la ruta considera 90 livianos y 120 pesados, cifra determinada en el momento de realizadas las campañas de medición de ruido basal.

Tabla 13: Perfil de nivel de ruido NPSeq diurno, respecto de la distancia al eje de la calzada para camino secundario

| DISTANCIA AL EJE DE CALZADA (m) | CONTRIBUCIÓN DE VEHÍCULOS QUE INGRESAN AL PREDIO dB(A) | NIVEL DE RUIDO TOTAL MODELADO dB(A) |
|--|---|--|
| 3 | 51.7 | 81.5 |
| 4 | 49.9 | 79.7 |
| 5 | 48.5 | 78.3 |
| 6 | 47.5 | 77.3 |
| 7 | 46.7 | 76.5 |
| 8 | 46.0 | 75.8 |
| 9 | 45.3 | 75.1 |
| 10 | 44.8 | 74.6 |
| 11 | 44.2 | 74.0 |
| 12 | 43.7 | 73.5 |
| 13 | 43.3 | 73.1 |
| 14 | 42.8 | 72.6 |
| 15 | 42.4 | 72.2 |
| 20 | 40.5 | 70.3 |
| 25 | 38.5 | 68.3 |
| 30 | 37.1 | 66.9 |
| 40 | 35.1 | 64.9 |
| 50 | 33.8 | 63.6 |
| 60 | 32.7 | 62.5 |
| 70 | 31.8 | 61.6 |
| 80 | 31.1 | 60.9 |
| 90 | 30.4 | 60.2 |
| 100 | 29.8 | 59.6 |

5.4.2 ESCENARIO PROYECTADO

Sobre la situación actual descrita previamente se incorporará la planta concentradora, la que generará una demanda mayor de vehículos de transporte de material, incremento que fue estimado en un total aproximado de 36 nuevos camiones volquetes, lo que incrementa las fuentes móviles dentro de la mina de 34 a 70.

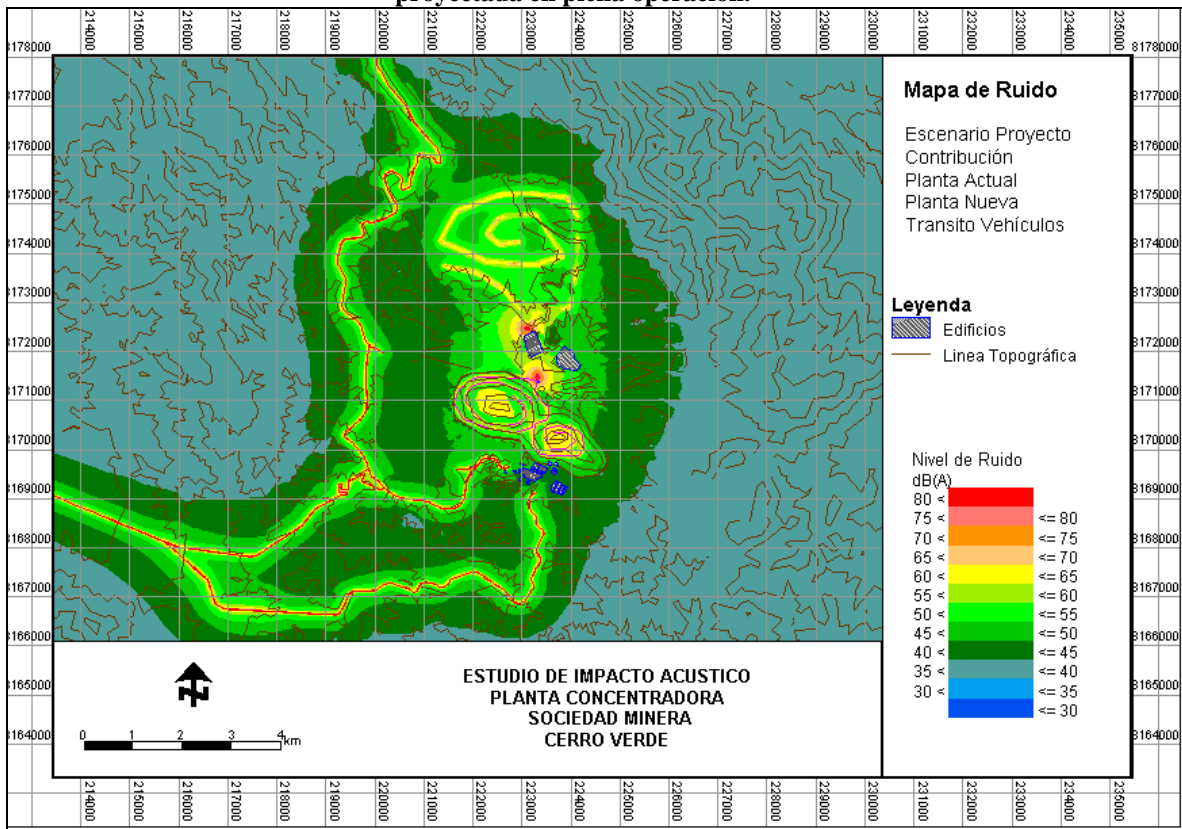
De esta forma, una vez entrada en operación la planta de concentrado proyectada, se estima un incremento en las emisiones sonoras, de acuerdo al siguiente cuadro.

Tabla 14: Potencia Sonora Estimada para el escenario actual, sumado a la operación de la planta de concentrado proyectada dB(A)

| GRUPO DE FUENTES | ESPECTRO POR BANDAS DE OCTAVA | | | | | | | | POTENCIA SONORA EN dB(A) |
|---|-------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------------------|
| | 63HZ | 125HZ | 250HZ | 500HZ | 1000HZ | 2000HZ | 4000HZ | 8000HZ | |
| PLANTA ACTUAL | | | | | | | | | |
| Planta Chancado | 87.4 | 106.0 | 114.2 | 118.9 | 122.3 | 125.0 | 121.0 | 111.9 | 128.7 |
| Flujo de Camiones | 93.1 | 108.1 | 116.1 | 116.1 | 114.1 | 116.1 | 116.1 | 108.1 | 123.0 |
| ELEMENTOS NUEVOS EN LA PLANTA PROYECTADA | | | | | | | | | |
| Planta Concentradora | 87.4 | 106.0 | 114.2 | 118.9 | 122.3 | 125.0 | 121.0 | 111.9 | 128.7 |
| Flujo de Camiones | 94.4 | 115.5 | 117.0 | 113.4 | 116.6 | 118.8 | 118.6 | 112.5 | 125.0 |
| POTENCIA TOTAL PLANTA CON PROYECTO | | | | | | | | | |
| EQUIVALENTE TOTAL | 97.7 | 117.0 | 121.6 | 123.4 | 126.1 | 128.7 | 125.6 | 117.4 | 133.0 |

El siguiente mapa de ruido muestra los niveles de ruido NPSeq para la jornada diurna y nocturna, considerando la planta de concentrado en operación y todas las componentes de emisión actuales operado tal cual el momento de registro de línea de base.

Figura.- 14; Mapa de ruido para escenario modelado considerando la planta existente y la proyectada en plena operación.



En este escenario, también se incluyen voladuras con explosivo, para lo cual se realiza una simulación basada en datos de ingreso provenientes de medias in situ sobre 60 toneladas de explosivo.

El nivel de potencia sonora para una voladura de 60 toneladas se muestra en el siguiente cuadro.

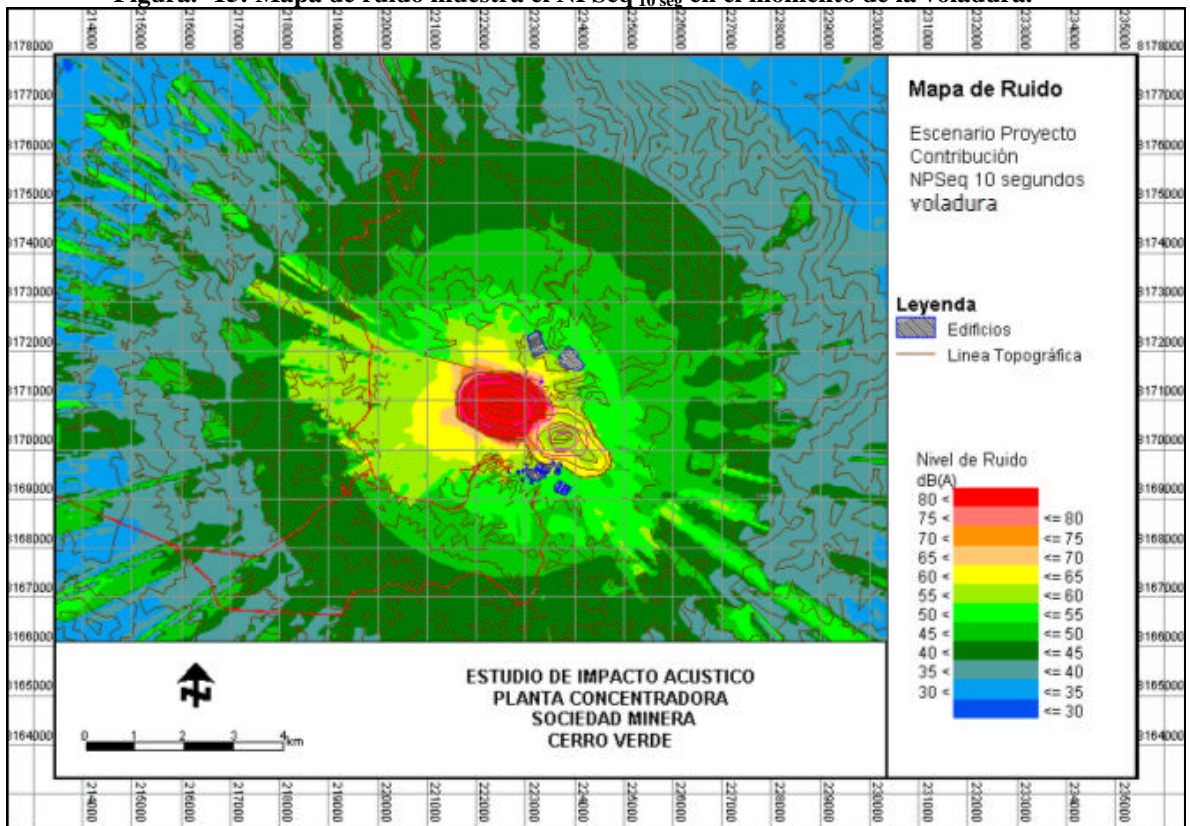
Tabla 15: Potencia Sonora Estimada para una voladura de 60 toneladas, según mediciones in situ

| GRUPO DE FUENTES | ESPECTRO POR BANDAS DE OCTAVA | | | | | | | | POTENCIA SONORA EN dB(A) |
|------------------|-------------------------------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------------------------|
| | 63Hz | 125Hz | 250Hz | 500Hz | 1000Hz | 2000Hz | 4000Hz | 8000Hz | |
| Voladura | 145.1 | 150.2 | 150.7 | 150.1 | 148.3 | 146.5 | 144.3 | 138.2 | 157.0 |

Fuente: Mediciones Propias

A continuación se muestra el mapa de ruido, el cual muestra el NPS_{eq} registrado en los 10 segundos en torno al peak originado por una voladura. (NPS_{eq} 10seg)

Figura.- 15: Mapa de ruido muestra el NPSeq_{10 seg} en el momento de la voladura.



De la figura anterior es posible deducir que en una voladura típica de las labores de la mina, los niveles de ruido dejan de ser perceptibles a menos de 8 km, distancia menor que la distancia de los poblados más cercanos.

La situación de las voladuras es poco usual en la propagación de los fenómenos sonoros, los cuales son siempre muy locales a diferencia de estos casos donde su área de influencia es significativamente mayor.

5.4.3 RUIDO DE TRÁNSITO EN ETAPA DE OPERACIÓN

Se proyecta un horario de operación de 24 hrs. El nivel de ruido en la etapa de operación considera incrementos de un 10% sobre el flujo actual diurno, considerado sobre las emisiones de vehículos relacionados con las actividades de la mina. Consideraremos que este flujo se mantiene en ambas jornadas de trabajo. Las actividades de la mina en su etapa de operación se evaluarán por separado.

Tabla 16: Nivel de emisión LME Actual y proyectado de camino principal en etapa de operación del nuevo proyecto, producto del incremento del 10%

| ETAPA | LME DE CONTRIBUCIÓN POR VEHÍCULOS QUE INGRESAN AL PREDIO dB(A) | LME TOTAL MODELADO dB(A) |
|--------|--|--------------------------|
| Actual | 48.9 | 59.6 |
| Futura | 49.3 | 59.6 |

De esta forma podemos construir el siguiente cuadro, el cual determina los niveles totales y las contribuciones del proyecto, basándose en los mismos puntos de evaluación observados en la Línea Base.

Tabla 17 Niveles proyectados del tráfico de vehículos y sus contribuciones en la etapa de operación

| PUNTO DE EVALUACIÓN | DISTANCIA FUENTE – RECEPTOR (METROS) | SECTOR | CONTRIBUCIÓN DE VEHÍCULOS QUE INGRESAN AL PREDIO dB(A) | NIVEL DE RUIDO TOTAL MODELADO dB(A) |
|---------------------|--------------------------------------|--|--|-------------------------------------|
| A | 20 | Principal (Salida Garita Tinajones) | 50.4 | 61.6 |
| B | 15 | Principal (Salida Garita Tinajones) | 52.8 | 63.5 |
| C | 20 | Principal (Salida Garita Tinajones) | 50.4 | 61.6 |
| D | 15 | Secundario (Salida Garita San José) | 42.4 | 72.2 |

5.4.4 RUIDO DE TRÁNSITO EN ETAPA DE CONSTRUCCIÓN

En la etapa de construcción las faenas se realizarán en forma autónoma (mayoritariamente con las maquinarias y suministros propios de la minera), de modo que se espera que el flujo vinculado al transporte de material desde el exterior de la mina sea bajo. Utilizaremos entonces la extrapolación del caso considerado en la etapa de operación donde se modeló un incremento de un 10 % del flujo externo, limitándolo sólo a la jornada diurna, ya que se suspenderá el flujo nocturno en la etapa de la construcción.

En términos generales, el flujo por el camino principal a la mina, contempla una gran cantidad de movimientos que no ingresan a la mina (60 Veh/h), y el flujo relacionado a actividades al interior de la mina no supera los 11 Veh/h, lo que presenta los siguientes resultados y contribuciones de niveles de ruido:

Tabla 18. Niveles proyectados del tráfico de vehículos diurnos y sus contribuciones en la etapa de construcción

| PUNTO DE EVALUACIÓN | DISTANCIA FUENTE – RECEPTOR (METROS) | SECTOR | CONTRIBUCIÓN DE VEHÍCULOS QUE INGRESAN AL PREDIO dB(A) | NIVEL DE RUIDO TOTAL MODELADO dB(A) |
|---------------------|--------------------------------------|--|--|-------------------------------------|
| A | 20 | Principal (Salida Garita Tinajones) | 50.4 | 61.6 |
| B | 15 | Principal (Salida Garita Tinajones) | 52.8 | 63.5 |
| C | 20 | Principal (Salida Garita Tinajones) | 50.4 | 61.6 |

Tabla 19: Perfil de nivel de ruido NPSeq de la contribución de los vehículos que ingresan a la minera en el período diurno, en camino principal.

| DISTANCIA AL EJE DE CALZADA (m) | CONTRIBUCIÓN AL NIVEL DE RUIDO EN HORARIO DIURNO dB(A) |
|--|---|
| 3 | 62.1 |
| 4 | 60.3 |
| 5 | 58.9 |
| 6 | 57.9 |
| 7 | 57.1 |
| 8 | 56.4 |
| 9 | 55.7 |
| 10 | 55.2 |
| 11 | 54.6 |
| 12 | 54.1 |
| 13 | 53.7 |
| 14 | 53.2 |
| 15 | 52.8 |
| 20 | 50.4 |
| 25 | 48.9 |
| 30 | 47.5 |
| 40 | 45.5 |
| 50 | 44.2 |
| 60 | 43.1 |
| 70 | 42.2 |
| 80 | 41.5 |
| 90 | 40.8 |
| 100 | 40.2 |

6.- EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS

6.1 EVALUACIÓN DE LOS NIVELES DE RUIDO ACTUALES

De acuerdo a lo verificado en terreno los puntos evaluados tienen un Grado de sensibilidad II (mixta) que según la citada Norma Suiza 814.41 se definen como: “Zonas donde ninguna empresa perjudicial es autorizada, especialmente en las zonas de habitación así como aquellas reservadas a las construcciones e instalaciones públicas”. Luego, es posible determinar qué zonas actualmente están dentro de los rangos permisibles y cuáles superan estos valores límites de inmisión, lo cual se obtiene de los siguientes cuadros:

Tabla 20: Diferencia comparativa entre los Niveles medidos en el período diurno en la Línea Base y los Valores límites exigidos según la normativa de la Confederación Suiza N°814.41-

| PUNTO | LÍNEA BASE dB(A) | NORMA SUIZA OPB 814.41 - ZONA II dB(A) | EVALUACIÓN |
|-------|---------------------|--|------------|
| A | 60.2 | 60 | No cumple |
| B | 60.6 | 60 | No cumple |
| C | 52.8 | 60 | Cumple |
| D | 69.1 | 60 | No cumple |

Tabla 21: Diferencia comparativa entre los Niveles medidos en el período nocturno en la Línea Base y los Valores límites exigidos según la normativa de la Confederación Suiza N°814.41-

| PUNTO | LÍNEA BASE dB(A) | NORMA SUIZA OPB 814.41 - ZONA II dB(A) | EVALUACIÓN |
|-------|---------------------|--|------------|
| A | 54.1 | 50 | No cumple |
| B | 45.0 | 50 | Cumple |

Se observa que parte de los niveles actuales registrados ya superan los niveles máximos recomendados por la normativa Suiza.

6.2 EVALUACIÓN DE LOS NIVELES DE RUIDO FUTUROS

Como parte de los actuales niveles de ruido de una misma zona de sensibilidad actualmente ya se encuentran superando los niveles recomendados por la Norma Suiza, se procederá a bajar un grado de sensibilidad de toda la zona, de modo que se evaluarán los niveles proyectados con respecto a los niveles de la zona III consideradas como *zonas donde se admiten empresas medianamente perjudiciales, especialmente en las zonas de habitación y artesanales como en zonas agrícolas*. Esta conversión a un grado de menor sensibilidad se establece en el artículo 43 N°2 del Reglamento 814.41 de la Normativa en uso.

Se destaca el hecho que se evaluará exclusivamente la contribución de los vehículos directamente vinculados con la mina, considerando las modelaciones de ruido realizadas a partir de los flujos de ingreso de vehículos a la mina.

6.2.1 ETAPA DE OPERACIÓN

Para la etapa de operación se evaluará tanto en el período diurno como nocturno, ya que la mina operará en ambos períodos. La evaluación con respecto a la normativa Suiza se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 22: Evaluación de la etapa de operación del proyecto según la normativa de la Confederación Suiza N°814.41

| PUNTO | CONTRIBUCIÓN DEL NIVEL PROYECTADO dB(A) | NORMA SUIZA OPB 814.41 ZONA III | | EVALUACIÓN |
|-------|---|---------------------------------|---------------------|---------------|
| | | LIMITE DIURNO dB(A) | LIMITE DIURNO dB(A) | |
| A | 50.4 | 65 | 55 | <i>Cumple</i> |
| B | 52.8 | 65 | 55 | <i>Cumple</i> |
| C | 50.4 | 65 | 55 | <i>Cumple</i> |
| D | 42.4 | 65 | 55 | <i>Cumple</i> |

Luego, se presenta la evaluación en función de la Normativa Chile 1619, la cual mide la reacción de la comunidad en función a la variación del ruido de fondo.

Tabla 23: Evaluación de la etapa de operación del proyecto según la normativa Chilena NCh1619

| PUNTO | LÍNEA BASE dB(A) | CONTRIBUCIÓN DEL NIVEL PROYECTADO dB(A) | DIFERENCIA NCh1619 dB(A) | EVALUACIÓN |
|-------|---------------------|--|--------------------------------|--|
| A | 60.2 | 50.4 | -9.8 | <i>No hay reacción de la comunidad</i> |
| B | 60.6 | 52.8 | -7.8 | <i>No hay reacción de la comunidad</i> |
| C | 52.8 | 50.4 | -2.4 | <i>No hay reacción de la comunidad</i> |
| D | 69.1 | 42.4 | -26.7 | <i>No hay reacción de la comunidad</i> |

Tabla 24: Evaluación de la etapa de operación del proyecto según la normativa Chilena NCh1619

| PUNTO | LÍNEA BASE dB(A) | CONTRIBUCIÓN DEL NIVEL PROYECTADO dB(A) | DIFERENCIA NCh1619 dB(A) | EVALUACIÓN |
|-------|---------------------|--|--------------------------------|--|
| A | 54.1 | 50.4 | -3.7 | <i>No hay reacción de la comunidad</i> |
| B | 45.0 | 52.8 | 7.8 | <i>Quejas esporádicas</i> |

Se observa que aunque el proyecto en su etapa de operación cumplirá mayormente con los estándares y recomendaciones utilizados, será necesario establecer un programa de mitigación de ruido producto del flujo vehicular en el período nocturno en los sectores poblados cercanos.

6.2.2 ETAPA DE CONSTRUCCIÓN

La etapa de construcción se evaluará exclusivamente en el período diurno, ya que no se realizarán trabajos en la jornada nocturna. Se consideró que el incremento del movimiento de vehículos desde el exterior de la mina en el período diurno del orden estimado de un 10% por sobre el flujo actual. Se evaluará la contribución de los vehículos que ingresan a la minera, descartando otros vehículos que circulen por la vía que no tengan relación directa con la minera.

De esta forma la evaluación para la etapa de construcción con respecto a la normativa Suiza se presenta en la siguiente tabla:



Tabla 25: Evaluación de la etapa de construcción del proyecto según la normativa de la Confederación Suiza N°814.41

| PUNTO | CONTRIBUCIÓN DEL NIVEL PROYECTADO | NORMA SUIZA OPB 814.41 ZONA III | EVALUACIÓN |
|-------|-----------------------------------|---------------------------------|---------------|
| A | 50.4 | 65 | <i>Cumple</i> |
| B | 52.8 | 65 | <i>Cumple</i> |
| C | 50.4 | 65 | <i>Cumple</i> |

Luego, se presenta la evaluación de esta misma etapa en función de la Normativa Chile 1619, la cual mide la reacción de la comunidad en función a la variación del ruido de fondo.

Tabla 26: Evaluación de la etapa de construcción del proyecto según la normativa Chilena NCh1619

| PUNTO | LÍNEA BASE dB(A) | CONTRIBUCIÓN DEL NIVEL PROYECTADO dB(A) | DIFERENCIA NCh1619 dB(A) | EVALUACIÓN |
|-------|------------------|---|--------------------------|--|
| A | 60.2 | 50.4 | -9.8 | <i>No hay reacción de la comunidad</i> |
| B | 60.6 | 52.8 | -7.8 | <i>No hay reacción de la comunidad</i> |
| C | 52.8 | 50.4 | -2.4 | <i>No hay reacción de la comunidad</i> |

Se observa que, en base a los antecedentes presentados, el proyecto en su etapa de construcción cumplirá los estándares y recomendaciones utilizados para la evaluación. Esto se produce siempre y cuando no se registren flujo vehicular en el período nocturno.

6.3 EVALUACIÓN DE LAS ACTIVIDADES INTERNAS DE LA MINA

Para evaluar las actividades ruidosas propias de la actividad en la mina se considerará el sector poblado más cercano, correspondiente a la localidad de Cerro Verde, ubicada a 10 [km] radiales desde la mina. Este sector está representado por el punto de evaluación A de la Línea de Base.

Se utilizará como criterio de referencia los límites de exposición de la norma establecida por la Confederación Suiza N° 814.41 para los ruidos de las Industrias, Artes y Oficios, todos considerados fuentes fijas. Se definirá en esta evaluación un grado de sensibilidad II para la zona en evaluación.

Tabla 27 Evaluación de las actividades internas de la mina en el poblado más cercano

| ACTIVIDAD | NIVEL PROYECTADO dB(A) | NIVEL DE PLANIFICACIÓN dB(A) ZONA II | EVALUACIÓN |
|--------------------------------------|------------------------|--------------------------------------|---------------|
| Conjunto de actividades actuales | 38 | 45 | <i>Cumple</i> |
| Conjunto de actividades con proyecto | 38 | 45 | <i>Cumple</i> |
| Voladuras | 38 | 45 | <i>Cumple</i> |

6.4 EVALUACIÓN DE IMPACTOS POR RUIDO SOBRE LA FAUNA

Los efectos del ruido en animales no ha sido investigado en detalle como resulta con los efectos del ruido en el ser humano. Aún así, para este caso es posible evaluar a modo general los impactos secundarios del proyecto por efectos del ruido sobre una pequeña población de guanacos que habita esporádicamente en sectores cercanos al lugar del futuro emplazamiento de la planta concentradora.

Según la *Guía Ambiental para el Manejo de Problemas de Ruido en la Industria Minera*, del Ministerio de Energía y Minas del Perú, existen algunos criterios generales que permiten definir el posible impacto sobre la fauna, determinados esencialmente por el tipo de ruido y los niveles de presión sonora que se produzcan. Si los niveles observados son bajos (bajo los 100 dB(A)) y de carácter continuo, no generará ni interrupción de sus actividades típicas, ni reacciones de estrés, ni reacciones de escape, ni reacciones de defensa, lo cual determina que no existirá un mayor impacto con respecto a la fauna silvestre del entorno.

Es posible utilizar los niveles del punto de medición interior 2, el cual es representativo de los niveles de dicho sector, y suponer que dichos niveles se incrementarán hasta los observados en el punto de medición 1, el cual está cercano a la planta chancadora. De esta forma podemos construir el siguiente cuadro de evaluación:

Tabla 28. Evaluación de los impactos por ruido en la fauna silvestre del sector

| SECTOR | NIVEL ACTUAL NPSeq dB(A) | NIVEL FUTURO NPSeq dB(A) | EVALUACIÓN |
|---|-----------------------------|-----------------------------|-------------------|
| Representativo del entorno actual de los guanacos | 37.9 | 55.9 | <i>No impacta</i> |

6.5 EVALUACIÓN DE LOS NIVELES DE VIBRACION

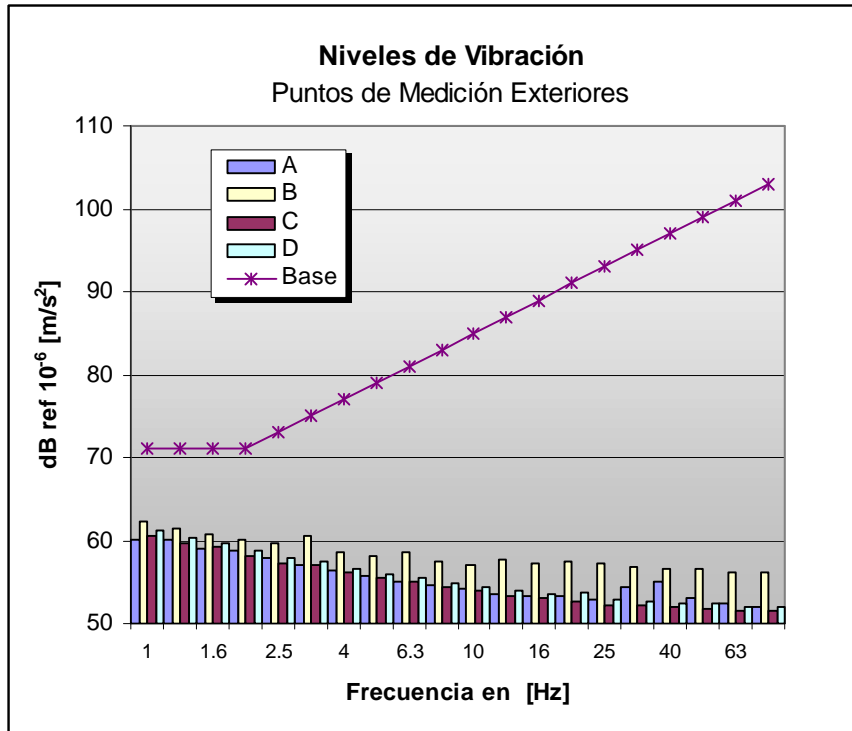
Para analizar las vibraciones nos referimos a la ISO 2361, que fija los máximo niveles de vibración por bandas de tercio de octava (entre los 0.8 y los 80 [Hz]) inducidos a edificaciones, utilizaremos la curva base, que es la más exigente, ya que se destina a la evaluación de vibración continua en recintos de alto grado de protección y la compararemos con los niveles de aceleración obtenidos en terreno. Se evaluarán sólo los puntos en los cuales se identificaron receptores sensibles, como se establece en la tabla N° 5. Para la evaluación de las voladuras se utilizará el máximo registrado en el monitoreo continuo.

Los resultados de esta evaluación se observan en la siguiente tabla :

Tabla 29: Evaluación de vibraciones para el periodo diurno y nocturno según la ISO 2361

| PUNTO DE EVALUACIÓN | PERÍODO | EVENTO | NIVEL DE ACCELERACIÓN EQUIVALENTES dB ref: 10^{-6} [m/s ²] | EVALUACIÓN SEGÚN NORMA ISO 2361 |
|---------------------|----------|----------|---|---------------------------------|
| A | Diurno | Voladura | 73.6 | <i>Cumple</i> |
| A | Diurno | Tráfico | 70.2 | <i>Cumple.</i> |
| B | Diurno | Tráfico | 74.9 | <i>Cumple.</i> |
| C | Diurno | Tráfico | 69.9 | <i>Cumple.</i> |
| D | Diurno | Tráfico | 73.3 | <i>Cumple.</i> |
| A | Nocturno | Tráfico | 69.6 | <i>Cumple.</i> |
| B | Nocturno | Tráfico | 69.3 | <i>Cumple.</i> |

Figura.- 16: Evaluación de vibraciones para el periodo diurno y nocturno según la ISO 2361



La totalidad de los registros mostraron que los niveles de vibración existentes actualmente están por debajo de los máximos permitidos por la normativa, esto se debe principalmente a la solidez de las estructuras y al escaso flujo vehicular existente.

Por lo que de acuerdo con la metodología, mediciones y normativas utilizadas en este estudio, se concluye que actualmente las poblaciones evaluadas en el presente informe no se encuentran en una situación de impacto negativo producto de vibraciones generadas por actividades asociadas al quehacer humano desarrolladas en estos sectores.

7.- PLAN DE MITIGACION

Se identificaron impactos en la actual y futura operación de la Minera, dado principalmente por el flujo de vehículos que circulan en los sectores poblados más cercanos a la minera.

Para obtener una reducción de los niveles medidos en la inmisión, se recomienda seguir el siguiente plan de acciones:

- ***Control del aumento de flujo vehicular***

Para definir un plan de manejo tendiente a controlar el flujo vehicular, resulta conveniente definir el concepto de Flujo Equivalente Acústico:

$$VEQ = V_L + 11 * V_P$$

Donde V_L corresponde al flujo horario de vehículos livianos y

V_P corresponde al flujo horario de vehículos pesados.

A partir del concepto de flujo equivalente acústico, se recomienda tomar como valor máximo, un VEQ de 21 (veh/h). Este valor obedece al criterio de mantener el cumplimiento de la Normativa Suiza, además de mantener un incremento de nivel de ruido que se manifieste en ***“Quejas Esporádicas por parte de la Comunidad” o una Calificación de “Poca Molestia”*** Según la NCh 1619.

- ***Control de velocidad***

Para los sectores poblados en que el flujo equivalente supere el valor de 21 (veh/h) se recomienda una reducción de velocidad de 50 a 30 km/h, aplicable solamente a vehículos livianos y medianos (hasta 3 ton). Esta medida, reduce los niveles de ruido en 5 dB(A) aproximadamente.

8.- PLAN DE SEGUIMIENTO

Debido al carácter temporal y reversible de la etapa de construcción y operación, se recomienda implementar un monitoreo que tendrá como objetivo verificar que los flujos vehiculares cumplan los límites fijados por la normativa de referencia de la Confederación Suiza 814.41. Para esto se dispondrán de mediciones de niveles de presión sonora continuo equivalente (NPSeq), según los procedimientos mencionados. Los puntos medidos corresponderán como mínimo a los puntos utilizados en la etapa de evaluación descrita. Cada punto de medición deberá ser registrado por un período de tiempo como mínimo de 15 minutos, y ubicado lo más cercano a los receptores sensibles de estar siendo afectados.

El contenido de los informes deberá indicar a lo menos:

1. Fecha y hora de medición.
2. Identificación del tipo de ruido tanto espacial como temporal (maquinarias, tráfico vehicular, etc.)
3. Identificación del receptor (punto de inmisión), indicando con un croquis o foto el lugar donde se realizó cada registro, señalando las distancias a las superficies u obstáculos más cercanos como también puntos de referencia.
4. Identificación de otras fuentes de ruidos ajenas a la que se evalúa y que influya en la medición, especificando su origen y característica.
5. Valores obtenidos de NPSeq para la fuente de ruido, complementado con otros descriptores adecuados, tales como niveles mínimos (NPSmín), máximos (NPSmáx), percentiles (Ln), etc.
6. Se deberán obtener, en el caso que sea necesario, los valores de NPSeq para el ruido de fondo, con el fin de realizar las correcciones.
7. Certificación de instrumental utilizado vigente.
8. Datos de la persona responsable de las mediciones.

9.- CONCLUSIONES GENERALES

SOBRE LA EVALUACIÓN DE RUIDO

Parte de los niveles de ruido actuales y proyectados superan los niveles recomendados en los sectores habitacionales más cercanos al proyecto. Se identificó que el principal efecto del proyecto sobre la población es el flujo de vehículos (camiones y camionetas) involucrados en las actividades de transporte tanto de material como de personal desde la zona de labores a diferentes lugares, ya que las actividades propias de la mina (incluidas las voladuras) no afectan a los poblados vecinos, producto de la distancia que separa dichos sectores.

Los niveles de ruido actuales superan los límites recomendados, producto de la circulación de vehículos que no corresponden a las actividades de la minera. Se evaluaron las contribuciones exclusivas de la minera, proyectadas para las etapas de operación y construcción, donde sólo se identificaron posibles impactos por ruido, dado por la circulación de vehículos en la etapa de operación en el período nocturno, para lo cual será necesario implementar un plan de control de tráfico en el camino que llega hacia la entrada principal de la minera, el cual pasa por sectores poblados.

Por otro lado, no se identificaron impactos secundarios sobre la fauna silvestre en el entorno del sector donde se realizará el proyecto

SOBRE LA EVALUACIÓN DE VIBRACIONES

Los niveles de vibración actuales y proyectados no superan los niveles recomendados en los sectores habitacionales más cercanos al proyecto. Las principales fuentes de vibraciones son el flujo de vehículos pesados y livianos por las vías asociadas al ingreso y salida de la Mina. Las vibraciones inducidas por voladuras no son perceptibles.



10.- INSTRUMENTACIÓN UTILIZADA

- Analizador de Tiempo Real LARSON•DAVIS modelo 2900, configurado como medidor de Nivel de Presión Sonora tipo 1.
- Calibrador de Niveles Sonoros LARSON•DAVIS modelo CAL200.
- Acelerómetro PCB modelo 353M198 y preamplificador LARSON•DAVIS modelo PRA950L4.
- Micrófono de ½” para exteriores LARSON•DAVIS modelo 2541.
- Pre-Amplificador de Micrófono LARSON•DAVIS modelo PRM 900-B.
- Computador personal conexión software, para el procesamiento de datos, *RTA Control*.
- Higro-termómetro *Extech* modelo 445900, sensor de Temperatura y Humedad relativa del Aire.

11.- NORMAS UTILIZADAS

- **Ministerio de Energía y Minas**, Guía Ambiental para el manejo de problemas de Ruido. Lima. Perú, 1998.
- **Reglamento 814.41** sobre la protección contra el ruido (OPB), Consejo Federal Suizo.
- **ISO 2631** “*Evaluation of human exposure to whole-body vibration*”, Part 2: *Continuos and shock-induced vibration in buildings (1 to 80 Hz)*
- **ISO 1996, Acoustics** “*Description and Measurement of Environmental Noise*.”
- Software Designers & Consulting Engineers for Noise Control & Environmental Protection “**SoundPLAN**” – **User Manual**.

Matías Zañartu Salas
Ingeniero Civil en Sonido y Acústica
Departamento Técnico
CONTROL ACUSTICO Ltda.

Christian Gerard Buchi
Ingeniero Acústico
Evaluación y Proyectos
CONTROL ACUSTICO Ltda.

