



INFORME TÉCNICO

Gestión de Control de Ruido Proyecto Modernización del Puerto de Coquimbo

Región de Coquimbo

Código Doc.:	Versión	Fecha	Ejecutor	Revisor	Aprobador	Descripción
INF_8544-01-22	01	24-08-2022	CRG	MSL	MSL	Primera Entrega



1 INTRODUCCIÓN

Se emite el presente Informe Técnico a solicitud de TPC en atención a lo dispuesto en el punto 8 de la Resolución N° 1257 de la SMA de fecha 01-de Agosto de 2022, que señala *“Realizar un análisis y estudio, que considere el diseño, ejecución y verificación de modelación de ruidos en receptores sensibles, tanto en forma diurna como nocturna, cercanos a los sectores de la fase de construcción del proyecto y el hincado de pilotes, y a partir de ello, proponer nuevas o mejoradas medidas de mitigación a fin de cumplir con los límites establecidos en el D.S. N° 38/11 del MMA. El modelo utilizado deberá ser calibrado con datos de terreno. El estudio deberá ser ejecutado por especialistas en la materia, considerando indicadores de cumplimiento con medios verificables y de valores consistentes, que puedan llegar a implementarse de manera permanente.”*

En virtud de lo anterior, el objetivo del presente estudio dice relación con el diagnóstico de la gestión en control de ruido para las faenas de Hincado de Pilotes y Obras de Construcción en general asociadas al proyecto “Modernización Puerto Coquimbo”, calificado ambientalmente favorable mediante resolución Exenta N° 71 del año 2020. Del mismo modo, considerando las últimas mediciones de la ETFA SEMAM y de la SMA, se contempla la predicción mediante software de modelación de los niveles asociados a las faenas de hincado y patios de construcción del proyecto, alimentado con mediciones en terreno de caracterización acústica de fuentes y procesos ruidosos.

A partir de lo anterior, se analizan las medidas de control hasta ahora implementadas y se proponen medidas adicionales o mejoras, para garantizar el cumplimiento del D.S. N° 38/11 del MMA en atención también al listado de medidas provisionales impuestas por la SMA en la citada resolución N° 1257 del 01-08-2022

2 CONCEPTOS PREVIOS

2.1 Normativa Aplicable

El D.S. N° 38/11 del MMA contiene la norma que regula la emisión de ruido de diversas fuentes de ruido especificadas en el artículo 5 de dicho decreto. Las actividades de construcción es una de las actividades reguladas, independientemente de su dinámica y de la temporalidad de su ejecución. En virtud de lo anterior, una actividad ruidosa como el **Hincado de Pilotes** está regulada por los límites máximos permisibles que esta norma establece.

Dichos límites se definen a partir del descriptor NPC que es un Nivel de Presión Sonora equivalente al que se le aplican ciertas correcciones en función de la ubicación del punto de medición (exterior, interior con ventana abierta, interior con ventana cerrada) y en función de la posible interferencia en las muestras del ruido ambiente



denominado por esta norma como “Ruido de Fondo”. Estos límites si bien son de emisión, deben cumplirse en la posición del receptor, bajo las condiciones más desfavorables y en los momentos de mayor exposición.

La siguiente tabla especifica los límites correspondientes según la Zona de uso de suelo donde se ubique el receptor:

TABLA 1: LÍMITES PERMISIBLES D.S. N°38/11 DEL MMA.

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

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

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

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

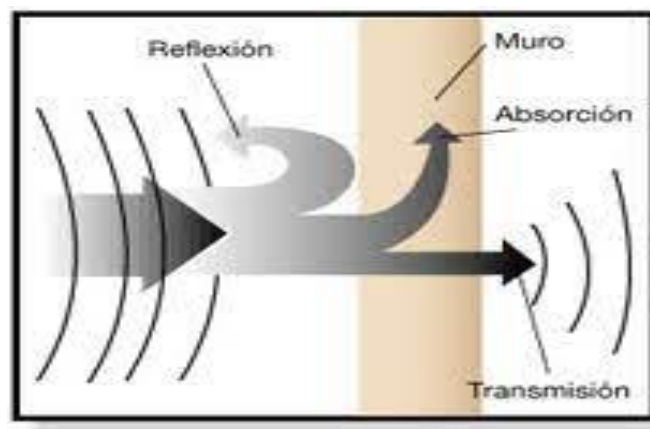


2.2 Control de Ruido

Cuando se habla de control de ruido es importante identificar ciertos conceptos técnicos que son comúnmente usados por los especialistas pero que los titulares de las fuentes emisoras no necesariamente pueden comprender en su total dimensión.

2.2.1 Perdida por Transmisión (TL o R_w):

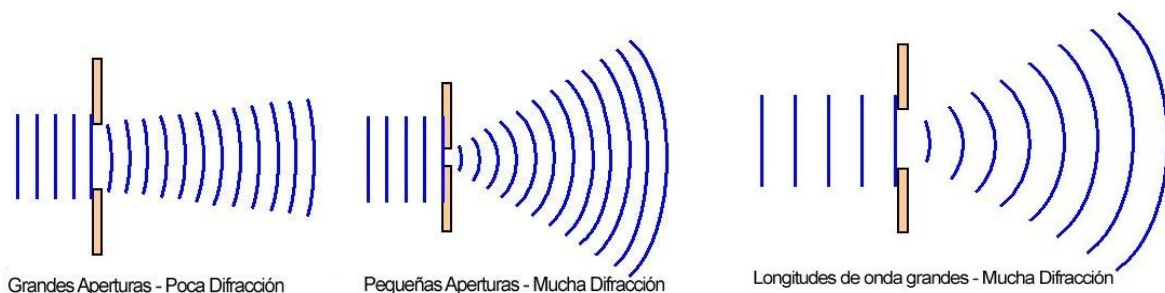
Es un parámetro propio de una partición (material o conjunto de materiales que divide(n) dos cavidades cerradas). Es la relación logarítmica entre la energía sonora incidente sobre la partición y la energía sonora que logra transmitirse hacia el otro lado.



Este parámetro es válido considerarlo cuando la transmisión por todas las otras caras de los recintos es despreciable, lo que implica que existe total hermetismo y solo la partición bajo estudio transmite las ondas sonoras.

2.2.2 Difracción Sonora:

Fenómeno que se produce cuando una onda sonora puede rodear un obstáculo o propagarse a través de una pequeña abertura.

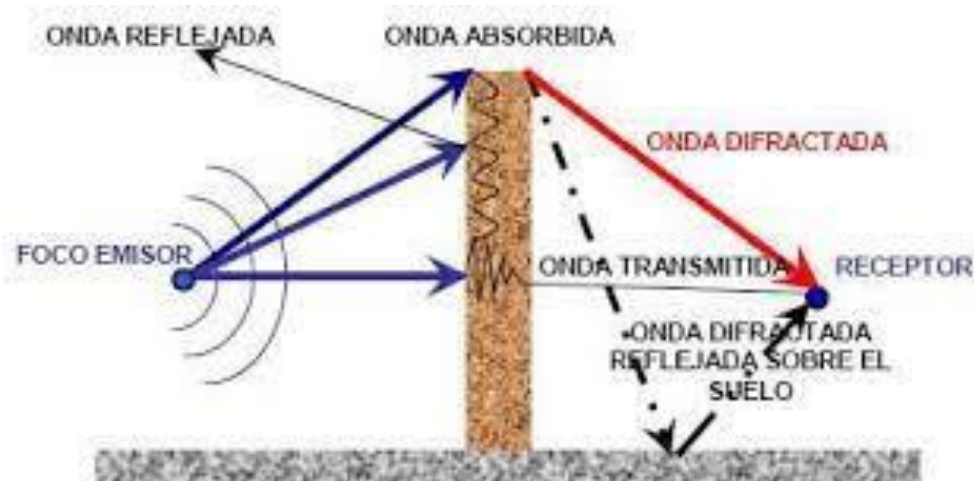




De lo anterior se desprende que para un correcto control de ruido no deben existir aberturas en el objeto que se utiliza como obstáculo para reducir la energía de la onda que se propaga.

2.2.3 **Barrera Acústica:**

Una barrera acústica es un obstáculo a la propagación sonora cuyo efecto se ve determinado tanto por la pérdida por transmisión del material que la compone, como por la difracción que genera sobre las ondas que inciden.



También el efecto de una barrera se ve determinado por el tipo de sonido a controlar, siendo más efectivas en aquellos con mayor componente en frecuencias medias y altas donde es menos drástico el fenómeno de la difracción, que en aquellos sonidos graves (frecuencias bajas)

2.2.4 **Perdida por Inserción (IL):**

Es el parámetro adecuado para caracterizar la eficiencia de una medida de control de ruido ya que relaciona el nivel de presión sonora sobre un receptor antes y después de aplicar los dispositivos de control de ruido.



3 VISITA A TERRENO

Entre el 18 y 20 de Agosto de 2022 se visitó el puerto de Coquimbo, específicamente la obra de construcción del Proyecto Modernización. Dicha visita efectuada por especialista de Ruido Ambiental tuvo como objetivo identificar y caracterizar las principales fuentes de ruido en funcionamiento normal dentro de las instalaciones así como las faenas de hincado de pilotes que corresponden a ruidos esporádicos. Para lo anterior se efectuaron mediciones en el campo cercano a las distintas fuentes obteniendo a partir de ello el nivel de potencia sonora que permite alimentar el software de modelación. (ver apartado 3.2)

Paralelamente se visitaron 4 receptores (2 pertenecientes a la RE N° 71/2020 y 2 señalados por la SMA) correspondientes a los sectores residenciales potencialmente más expuestos al ruido del proyecto, (ver apartado 3.5), efectuando mediciones conforme el procedimiento establecido por el D.S. N° 38/11 del MMA.

3.1 Horario

En terreno se constató que las labores de hincado de pilotes se ejecutan exclusivamente en horario diurno mientras que los trabajos en los patios y muelle se ejecutan en horario diurno y nocturno. En virtud de lo anterior, las mediciones se efectuaron principalmente en horario diurno (condición más desfavorable) aunque también se efectuaron muestras desde receptores en horario nocturno verificando que no se perciben ruidos provenientes de las obras de construcción del proyecto ejecutadas dentro del recinto TPC, verificando visualmente solo algunas faenas menores de carpintería y movimiento de grúas, protegidas por las medidas de control existentes.

3.2 Instrumental

Las mediciones en terreno se efectuaron mediante sonómetro integrador debidamente calibrado tal como acredita certificado que se acompaña en Apéndice 1, verificada dicha calibración antes de las mediciones mediante calibrador acústico correspondiente. A continuación se detallan marca y modelo del instrumental utilizado en terreno.

- Sonómetro Clase 2 Marca Larson Davis Modelo LxT2
- Calibrador Marca Larson Davis Modelo CAL 200
- Trípode 1.5 m
- GPS

3.3 Mediciones Hincado de Pilotes

Se efectuaron mediciones tanto al Hincado vertical como Diagonal. Las siguientes fotografías dan cuenta del procedimiento.



Hincado de Pilotes Vertical (se aprecia uso de Barrera de 10 m de altura tipo encamisado al martinete)



Medición Hincado Diagonal

3.4 Mediciones Patios Construcción

La siguientes fotografías dan cuenta de las mediciones efectuadas.

Patio de Fabricación Pilotes Sur – Camión Pluma



Patio de Fabricación Pilotes Sur - Grúa





Puente de Acceso	Taller de Misceláneos
	

3.5 Medidas Implementadas

De acuerdo con lo informado por TPC y registro fotográfico obtenido en terreno, el proyecto actualmente cuenta con medidas de control consistentes en:

- Recubrimiento de torre guía con barreras acústicas herméticas de 10 m de altura, de material sólido (madera) con estructura metálica de soporte recubiertas con material aislante tipo BAF.
- Recubrimiento exterior e interior de martinete con material BAF y material absorbente acústico.
- Barrera acústica de 5,5 m completando muro poniente de Patio de Fabricación de Pilotes Norte
- Barrera acústica de 5,5 m en deslinde Poniente del Patio de Prefabricados.
- Barreras modulares trasladables de 2.5 m dispuestas cercanas a fuentes de ruido y procesos específicos.





Barrera Acústica Patio Fabricación de Pilotes Norte – 5.5 m de altura



Barrera Acústica Patio de Prefabricados – 5.5 m de altura



Barreras modulares a procesos específicos

3.6 Receptores

Las siguientes figuras muestran los receptores visitados





R4





4 MODELACIÓN Y ANÁLISIS

A continuación, se detallan los aspectos considerados para estos efectos.

4.1 Software y Modelo

Se efectuaron modelaciones mediante el software de predicción sonora Predictor-LIMA Versión 2021, desarrollado por la empresa Softnoise (Brüel & Kjaer) que, para efectos del presente Proyecto, utiliza en su algoritmo de predicción de la norma ISO 9613 "Acoustics - Attenuation of sound during propagation outdoors - Part 1: Calculation of the absorption of sound by the atmosphere; Part 2: General method of calculation"

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

4.2 Parámetros de Entrada y Escenarios de Modelación

Se generó un escenario representativo lo más fielmente posible de la situación en terreno, disponiendo una fuente puntual en las posiciones del martinete, se consideró la estructura del muelle y un factor de reflexión adecuado para la superficie del mar.

El modelo consideró dos tipos de hinchado (diagonal y Vertical) en su posición al día de las mediciones. Se considera para efectos de calibración la situación sin medidas de control y luego el modelo aplicando las medidas de control detalladas en el apartado 3.4.

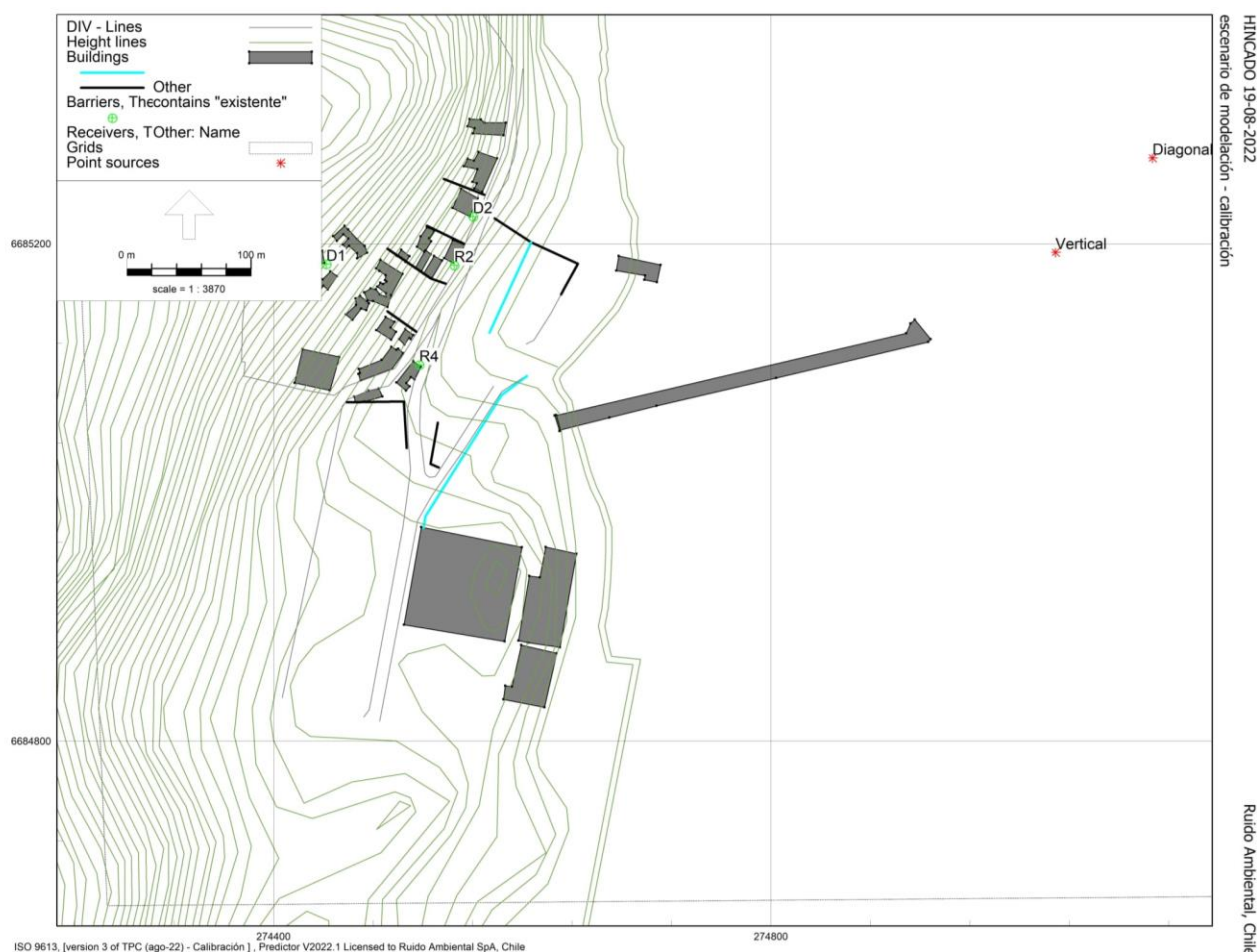
TABLA 2: NIVELES DE POTENCIA FUENTES DE RUIDO

Fuente de Ruido	Frecuencia (Hz)								NWS [dB(A)]
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
CAMIÓN PLUMA (Patio Fabricación Sur)	88,7	89,6	81,4	81,5	83,2	78,8	74,3	69,1	87
GRÚA (Patio Fabricación Sur)	106,3	92,0	85,8	87,2	87,1	81,0	75,1	68,7	91
GENERADOR TALLER MISCELANEOS (con semiencierro)	83,4	80,2	73,3	65,9	57,5	54,4	45,3	38,9	69
GENERADOR 8882 MUELLE	82,3	96,9	86,5	77,9	74,7	71,6	67,1	62,0	84
FRENTE DE TRABAJO AL FINAL DEL MUELLE	86,4	88,7	81,4	81,7	75,5	73,1	69,1	70,4	83
CORTE DE METAL EN MUELLE	80,8	83,8	77,2	75,0	79,8	82,8	90,0	88,0	93
HORMIGONADO (REF BS5228 C4-28)	107,0	108,0	101,0	100,0	97,0	96,0	87,0	81,0	103
HINCADO VERTICAL	119,9	121,7	119,8	126,1	125,1	124,3	114,9	104,9	130
HINCADO DIAGONAL	117,8	118,5	119,7	121,1	119,4	116,2	111,1	94,3	124



- **ESCENARIO HINCADO VERTICAL:** Como escenario de control, se recreó la posición del hincado del día 19-08-2022 (pilote 80) en condición sin medidas de control, para efectos de calibración del modelo.
- **ESCENARIO HINCADO DIAGONAL:** Como escenario de control se recreó la posición del hincado diagonal el 19-08-2022 sin medidas de control
- **ESCENARIO PATIOS CON MEDIDAS:** Se generó un escenario de trabajo desfavorable con fuentes de ruido en los distintos patios de construcción, alimentado de la identificación de fuentes efectuada en terreno y añadiendo datos de referencia internacional para aquellas faenas como hormigonado que si bien no se constató en la visita puede producirse. Se consideran las barreras acústicas existentes, así como las medidas provisionales planteadas por la resolución de la SMA y medidas adicionales recomendadas en este estudio.

FIGURA 1: ESCENARIO DE MODELACIÓN HINCADO DE PILOTES (SITUACIÓN MEDIDA 19-08-2022)



Nota: En líneas negras se muestran muros existentes y en celeste Barreras acústicas



FIGURA 2: ESCENARIO PATIOS CONSTRUCCIÓN



4.3 Mapas de ruido Hincado Pilotes

Las siguientes tablas y figuras dan cuenta de la calibración del modelo y los mapas de ruido obtenidos donde los niveles proyectados hacia los receptores concuerdan con lo medido por Ruido Ambiental y la ETFa SEMAM.

TABLA 3: HINCADO DE PILOTES SIN MEDIDAS [dB(A)] MEDIDO Y MODELADO

Receptor	MODELADO Vertical	MEDIDO VERTICAL Ruido Ambiental	MEDIDO VERTICAL SEMAM	MODELADO Diagonal	MEDIDO DIAGONAL Ruido Ambiental	MEDIDO DIAGONAL SEMAM
D1	64	67	--	57	--	--
D2	66	67	--	60	58	58
R2	66	64	66	59	--	60
R4	65	--	62	58	--	58

NOTA: No fue posible completar mediciones en todos los puntos debido a la duración del proceso de Hinka.



FIGURA 3: MAPA DE RUIDO HINCADO VERTICAL SIN MEDIDAS

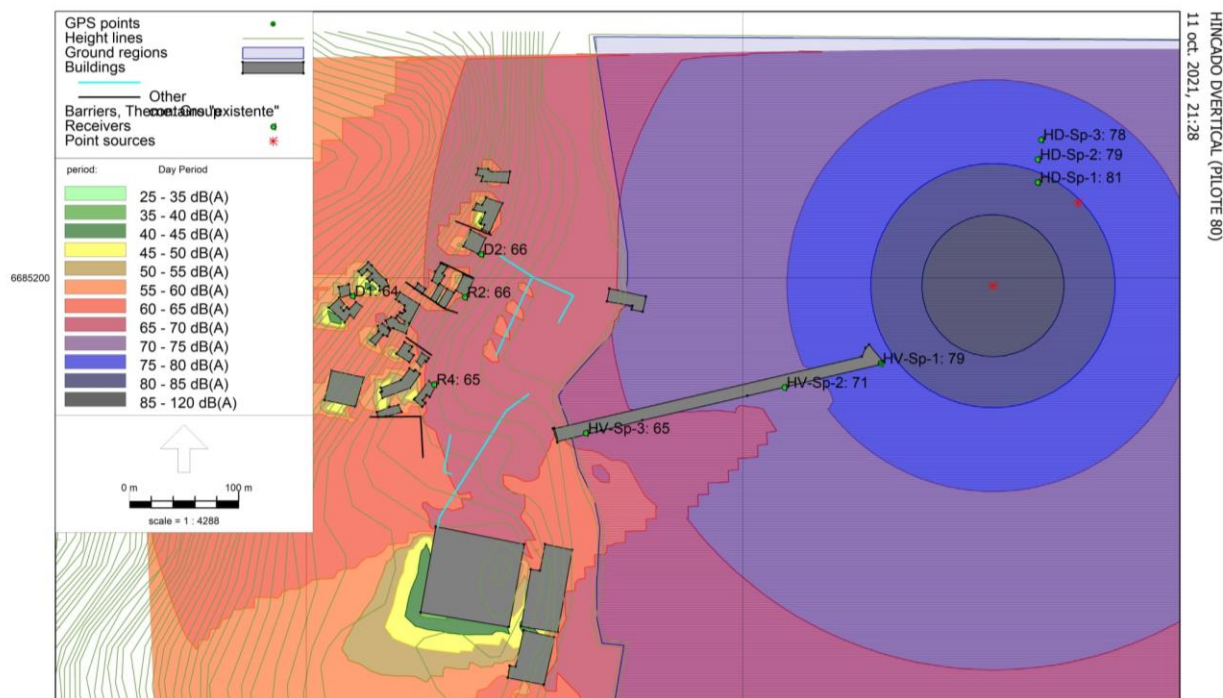
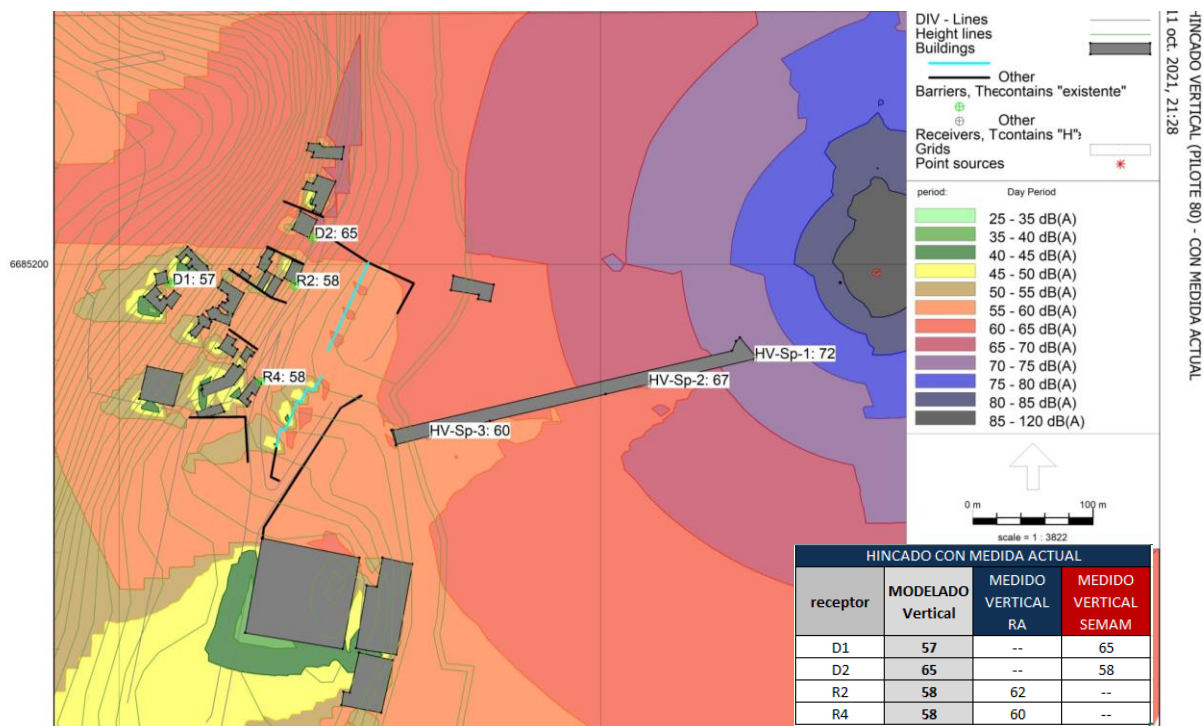


FIGURA 4: MAPA DE RUIDO HINCADO VERTICAL CON BARRERA EN SITUACIÓN ACTUAL



Se aprecia claramente eficiencia sobre Receptores R2, R4 y D1



5 RECOMENDACIONES

5.1 Optimización Medidas existentes

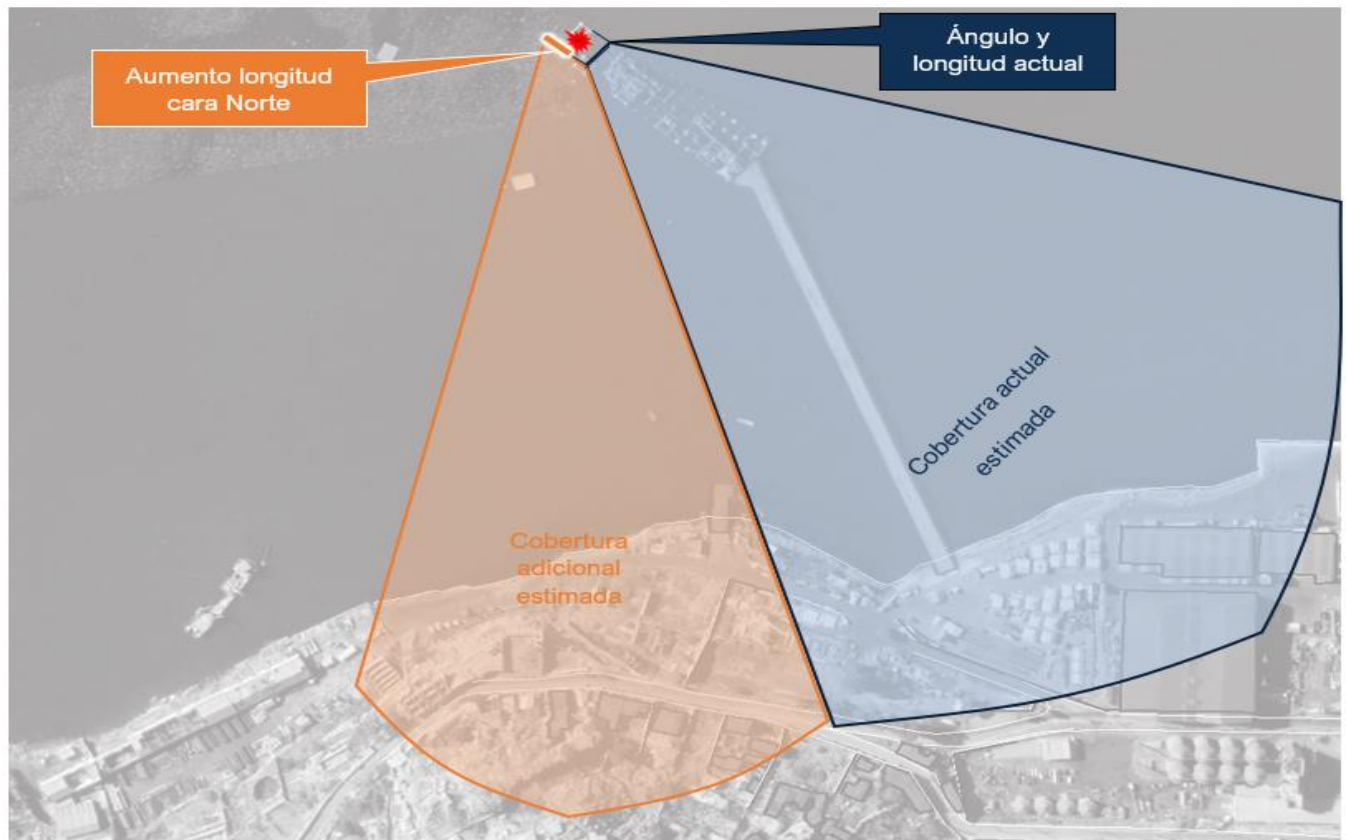
Del análisis de los resultados de modelaciones alimentada mediante datos representativos de la situación medida, y recreando las medidas de control existentes, se han determinado las siguientes acciones para optimizar la eficiencia y cumplir en todo momento con los límites normativos tal como lo demuestran las modelaciones.

Al respecto, se considera adecuado como estrategia de control de ruido, robustecer el encamisado tipo “C” que se utiliza actualmente en la torre de hincia, mediante las siguientes acciones:

- Optimizar rendimiento de la barrera añadiendo material absorbente por la cara interior tipo lana mineral o similar de al menos 50 mm de espesor, cubierta por material poroso tipo malla para evitar su deterioro.
- Aumentar ángulo de cobertura de barrera acústica de manera que la cara frontal se encuentre perpendicular al eje de propagación sonora entre el punto de impacto y los receptores R2 y D2. En caso que no sea factible se aumentará la longitud de la cara norte del encamisado al doble de su longitud actual, aumentando el ángulo de proyección sobre el sector norte de la zona residencial costera (receptores evaluados) ver esquema (sin escala)



•

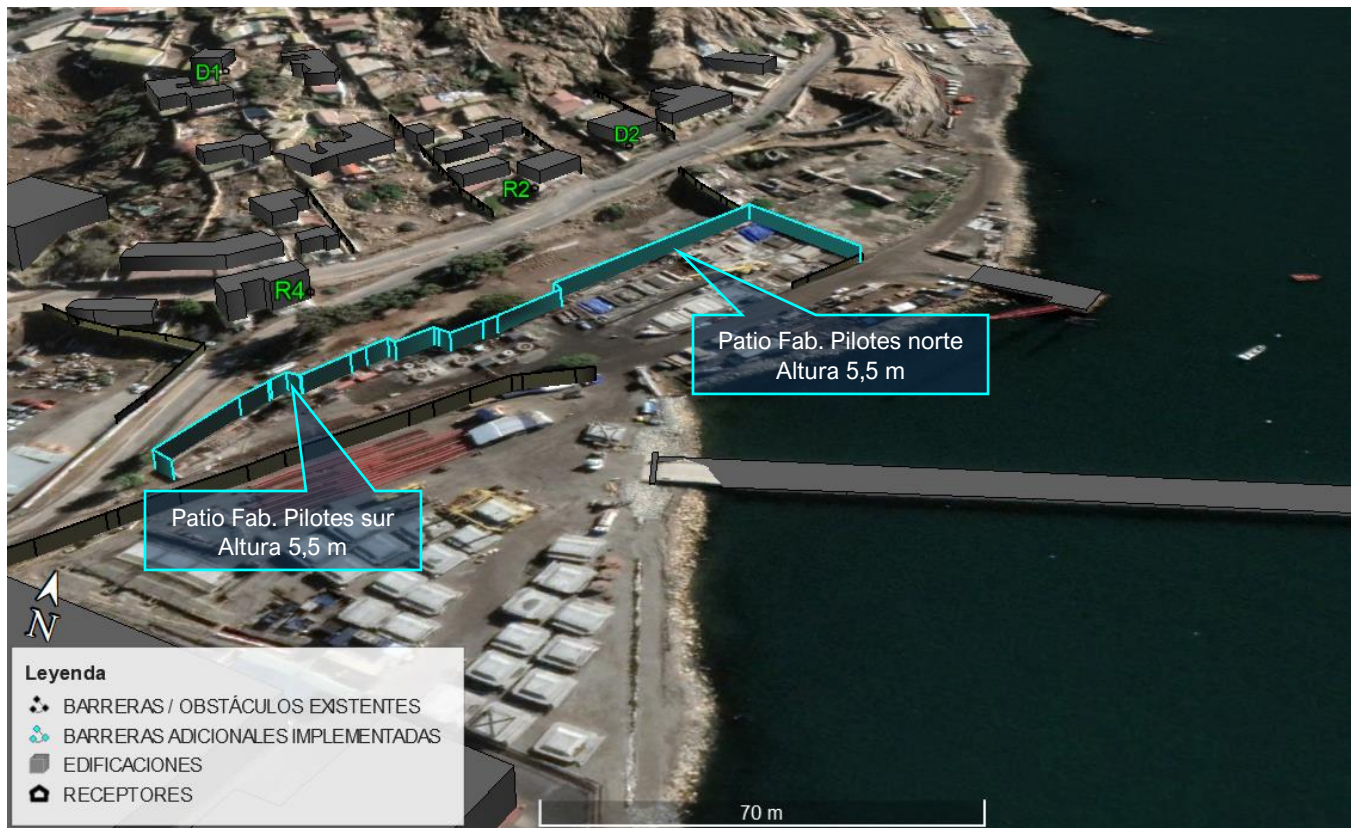


- Extender cobertura hasta el pelo de agua de las barreras (encamisado) reduciendo lo más posible la transmisión y reflexión sonora por debajo de la barrera.

Adicionalmente, se deberán hacer las gestiones para que el punto de impacto del hincado de pilotes verticales se ubique siempre dentro de la zona de cobertura de la barrera acústica. Esto se puede lograr hincando pilotes más cortos o aumentando la altura de la barrera y de la torre de hinca.

5.2 Medidas Adicionales

- Implementar barrera acústica de 5,5 m en el deslinde poniente del patio de fabricación de Pilotes, con el objetivo de proteger al sector representado por los puntos R4 y D1 (ver figura).



Nota: Figura incluye medida provisional en patio norte señalada por la SMA en su resolución, precisando altura de 5, 5 m que resulta suficiente a la luz de los resultados del modelo.

6 RESULTADOS

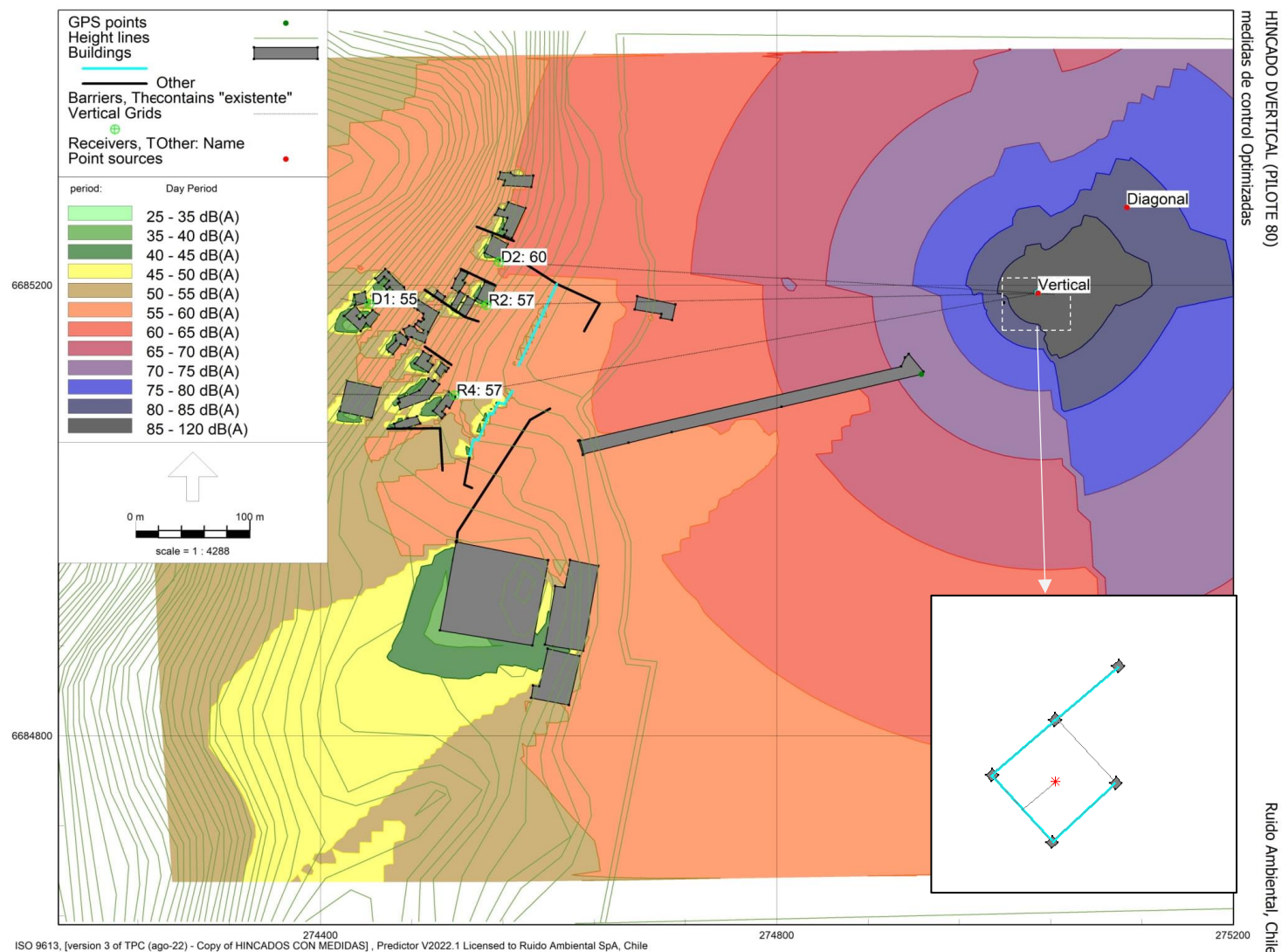
A continuación, se presentan los resultados considerando las medidas de control optimizadas.

6.1 Escenario Proyectado (Medidas Optimizadas)

La siguiente figura presenta el mapa de ruido que da cuenta de la propagación sonora mediante un código de colores cada 5 dB, obtenido con la implementación de medidas en todos los tipos de hincado y en Patios de Construcción.



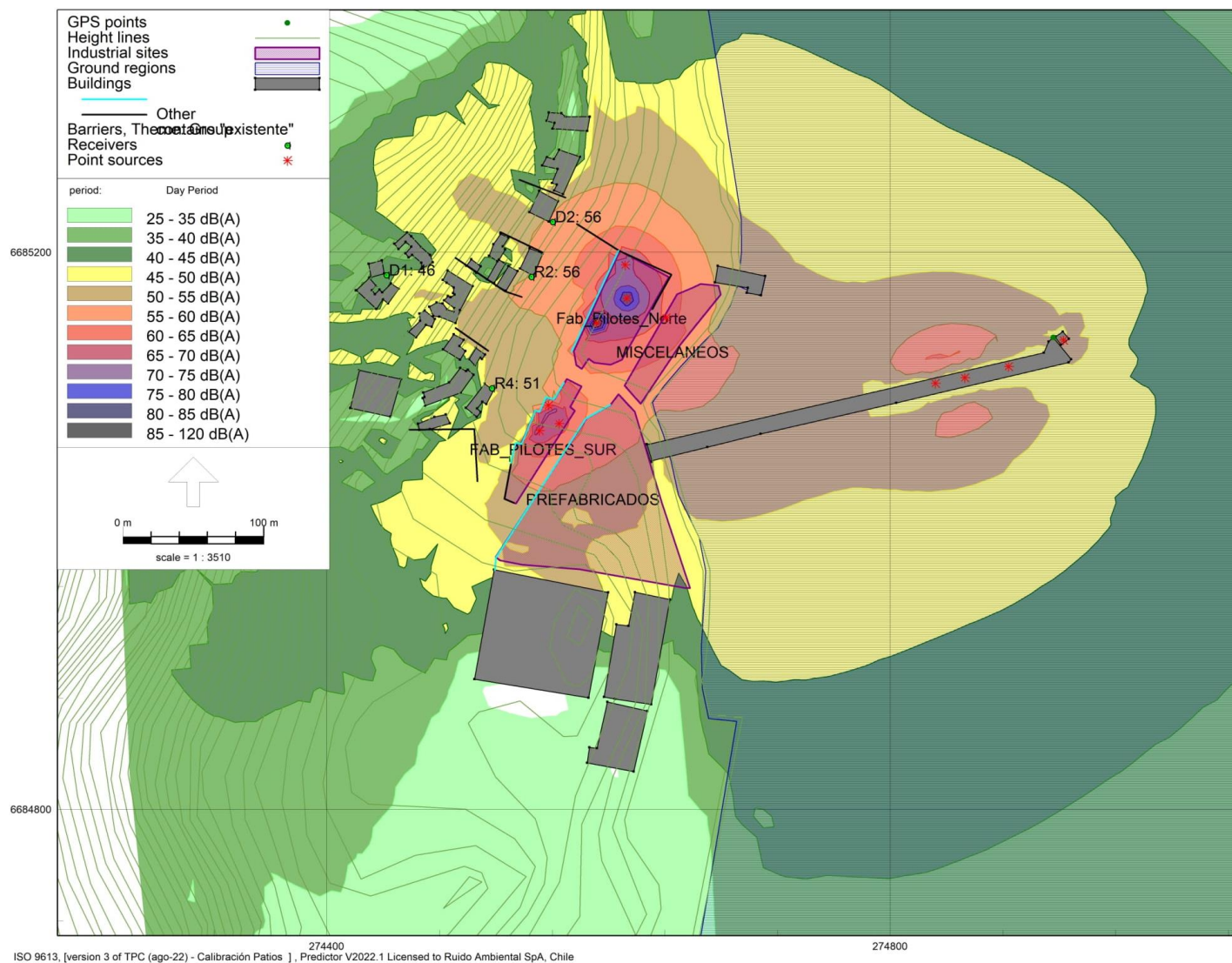
FIGURA 5: MAPA DE RUIDO ESCENARIO PROYECTADO – HINCADO VERTICAL [CON MEDIDA OPTIMIZADA]



Fuente: Software Predictor LIMA V2021



FIGURA 6: MAPA DE RUIDO ESCENARIO PROYECTADO – PATIOS CONSTRUCCIÓN [CON MEDIDAS]



MODELACIÓN DESFAVORABLE PATIOS TPC - CON BARRERAS
AGOSTO 2022

Ruido Ambiental, Chile



6.2 Evaluación Cumplimiento D.S. N° 38/11 del MMA

La siguiente tabla resume los resultados obtenidos presentados en el mapa anterior.

TABLA 4: RESULTADOS MODELACIÓN – HINCADO DIAGONAL

Receptor	NPS Hincado Diagonal	Límite Diurno	Evaluación D.S. 38/11 MMA
D1	57	60	Cumple
D2	60	60	Cumple
R2	59	60	Cumple
R4	58	60	Cumple

TABLA 5: RESULTADOS MODELACIÓN – HINCADO VERTICAL CON MEDIDAS OPTIMIZADAS

Receptor	NPS Hincado Vertical Con Medidas Optimizadas	Límite Diurno	Evaluación D.S. 38/11 MMA
D1	55	60	Cumple
D2	60	60	Cumple
R2	57	60	Cumple
R4	57	60	Cumple

TABLA 6: RESULTADOS MODELACIÓN – PATIOS CONSTRUCCIÓN CON MEDIDAS

Receptor	NPS Patios de Construcción Con Medidas	Límite Diurno	Evaluación D.S. 38/11 MMA
D1	46	60	Cumple
D2	56	60	Cumple
R2	56	60	Cumple
R4	51	60	Cumple

Como se puede apreciar, todos los niveles modelados se encuentran **por debajo de los 60 dB correspondiente el límite normativo en horario diurno de acuerdo con el D.S N° 38/11 del MMA.**



7 CONCLUSIONES

Se analizó la gestión en el control de ruido implementada por TPC para las faenas de Hincado de Pilotes y obras de construcción ejecutadas en los distintos patios de servicios del Proyecto “Modernización del Puerto de Coquimbo”. Para lo anterior se realizó una visita a terreno entre el 18 y 20 de Agosto de 2022, donde se diagnosticó la situación actual, caracterizando las principales fuentes de ruido y las medidas de control implementadas. Se verificaron trabajos de hincado vertical y diagonal exclusivamente en horario diurno, y obras de construcción en patios y muelle en ambos horarios con mucho menor intensidad durante la noche, no siendo perceptibles desde receptores. Se constataron una serie de medidas de control ya implementadas por TPC, detalladas en apartado 3.5. del presente estudio.

Se efectuaron modelaciones específicas del hincado de pilotes, recreando lo más fielmente posible la situación sin medidas de control, el escenario con las medidas ya implementadas y un escenario con medidas optimizadas, con el objetivo de garantizar el cumplimiento del D.S. N° 38/11 del MMA cumpliendo además con lo impuesto por la resolución de la SMA N° 1257 del 01-08-2022. De acuerdo con lo anterior, se generaron recomendaciones que dicen relación con la mejora de la implementación, montaje y mantención de las medidas existentes, dando relevancia al concepto de ángulo de cobertura de las barreras tipo encamisado implementadas.

Se modeló también un escenario desfavorable que da cuenta del trabajo en los patios de construcción y muelle, con las medidas de control existentes y provisionales señaladas por la SMA en la citada resolución que ya se encuentran implementadas, determinando el cumplimiento holgado de los límites aplicables.

Con todo lo anterior, las modelaciones arrojan **niveles menores o iguales que 60 dB(A) sobre los receptores con lo que se cumple el mencionado criterio de evaluación diurno para Zona II del D.S. N° 38/11 del MMA.**

Elaboró:

CAMILO ROCHA GANA
Ingeniero Civil en Sonido y Acústica
Jefe de Proyectos
Ruido Ambiental SpA



APÉNDICE 1: CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

APÉNDICE 2 : ARCHIVOS KMZ MAPAS DE RUIDO

APÉNDICE 3: CV RUIDO AMBIENTAL SPA