

Estudio de la influencia de las condiciones acústicas de salas de call center en su ruido de fondo, evaluación y recomendaciones.

Investigador: Rodrigo A. Astudillo F.
Ingeniero Acústico.

Co-investigador: Juan R. Chávez M.
Ingeniero Acústico

Fecha de Ejecución del Proyecto:
Enero 2015 – Febrero 2017

FUNDACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA - ACHS
Santiago Febrero 2017

CONTENIDO

1.	RESUMEN	2
2.	INTRODUCCIÓN.....	3
3.	OBJETIVOS E HIPOTESIS	4
4.	ANTECEDENTES Y MARCO TEÓRICO	5
5.	MATERIALES Y MÉTODOS	18
6.	CRITERIO DE EVALUACIÓN	28
7.	RESULTADOS.....	29
8.	EVALUACIÓN.....	38
9.	ANÁLISIS.....	46
10.	MEJORAS Y SOLUCIONES	49
11.	CONCLUSIONES.....	60
12.	RECOMENDACIONES	61
13.	BIBLIOGRAFIA DE REFERENCIA.....	63

1. RESUMEN

Numerosos estudios evidencian que el personal operador telefónico, puede presentar exposiciones a ruido calificadas como riesgosas producto de la utilización de los controles de volumen de los auriculares en posiciones máximas, siendo, una de las principales razones, el alto nivel de ruido de fondo presente en las distintas estaciones de trabajo del call center.

El presente proyecto tiene como propósito estudiar las condiciones acústicas generales de recintos utilizados para call centers. El objetivo es definir soluciones para salas y cubículos que mejoren la calidad acústica en los puestos de trabajo y así aporten a la disminución de exposiciones a ruido, bajo los criterios de acción.

Para tal efecto, sobre un conjunto de ocho call centers previamente seleccionados, se efectuaron caracterizaciones acústicas y arquitectónicas a través de mediciones de tiempo de reverberación y dimensiones de salas y cubículos.

Con la información levantada en terreno se montaron modelos computacionales que permitieron desarrollar mapas acústicos de los recintos, evaluándose su condición actual y los efectos al generar modificaciones en la forma y materialidad de las superficies que los componen.

En función de los resultados obtenidos, se entregan recomendaciones a aplicar en el diseño de estas salas y puestos de trabajo, consistentes, principalmente, en la adición de absorción sonora en cielo de recinto y el aumento de superficie y absorción en los paneles que conforman los cubículos.

2. INTRODUCCIÓN

El vertiginoso y globalizado desarrollo de las economías a nivel mundial, ha requerido en las empresas nuevas y eficaces formas de comunicación, tanto con sus clientes externos, como también con empleados y proveedores. Una de las formas de comunicación más aceptadas, tanto por su rapidez, costo y forma de atención presencial, corresponde a los servicios de call center, los cuales establecen un vínculo virtual de comunicación por medio de una plataforma telefónica.

Estos servicios presentan la particularidad, desde el punto de vista acústico, que la exposición a ruido de su personal se debe a la utilización de auriculares acoplados directamente a su sistema auditivo. Diversas evaluaciones, de carácter nacional e internacional, evidencian que estos operadores pueden presentar exposiciones a ruido sobre el respectivo criterio de acción ^[1] ^[2]. De hecho, según mediciones efectuadas por especialista en higiene industrial de la Asociación Chilena de Seguridad durante los últimos 5 años, se ha evidenciado que todos los sistemas de comunicación evaluados pueden generar niveles de ruido considerados riesgosos.

Las exposiciones señaladas son consecuencia de la utilización de los controles de volumen de los auriculares del personal operador telefónico en posiciones máximas. La principal razón de lo anterior, corresponde al nivel de ruido de fondo presente en las distintas estaciones de trabajo del call center, el que está conformado por la energía sonora directa producto de otras conversaciones y que se transmite en relación a las características acústicas del cubículo, más la energía sonora reverberante aportada por la sala que los contiene.

El presente trabajo busca estudiar las condiciones acústicas generales de los call centers con el objetivo de definir las soluciones acústicas, tanto para salas como

cubículos, de tal manera de mejorar la calidad acústica en los puestos de trabajo, con la finalidad de conseguir menores niveles de ruido de fondo y por lo tanto mayor probabilidad de exposiciones bajo los criterios de acción.

Actualmente, no existen directrices en cuanto al diseño acústico de este tipo de locales y sus respectivos cubículos, razón de la importancia de este trabajo.

3. OBJETIVOS E HIPOTESIS

3.1 OBJETIVOS GENERALES:

- Determinar mediante modelación computacional, la influencia de las condiciones acústicas de un call center en su ruido de fondo.
- En relación con los resultados obtenidos, entregar recomendaciones en cuanto a la acústica del local y el diseño de un cubículo “ideal”.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Efectuar levantamiento arquitectónico de ocho recintos utilizados para call center previamente elegidos por sus condiciones acústicas.
- Efectuar mediciones tiempo de reverberación en los call centers seleccionados.
- Desarrollar modelo acústico computacional de los recintos estudiados.
- Determinar recomendaciones a aplicar en el diseño acústico de recintos destinados a call center y sus cubículos.

3.3 HIPÓTESIS DE TRABAJO:

La hipótesis formulada para este trabajo es la siguiente:

“El ruido de fondo presente en cubículos de salas de call center, supera las curvas de calidad acústica consideradas óptimas para dicha actividad”.

4. ANTECEDENTES Y MARCO TEÓRICO

4.1 CALL CENTER Y EXPOSICIÓN OCUPACIONAL A RUIDO

4.1.1 Call Center

Corresponde a una unidad funcional dentro de una empresa (o bien una empresa en sí), constituido por un sistema integrado de telefonía y computación, orientado a potenciar las 3 labores más importantes de una empresa: Adquisición de Clientes, Mantenimiento de Clientes y Cobranzas.

El elemento más importante del call center es el ser humano. Las personas que contestan las llamadas en un call center reciben el nombre de operador(a) o agente telefónico(a), ya que se encargan no sólo de contestar las llamadas, también tienen la capacidad de asesorar y atender cualquier inquietud de los usuarios ^[3]. La Figura N°1 presenta una fotografía de un call center característico.



Figura N°1. Call Center. Fuente: Banco fotográfico del autor.

El puesto de trabajo de un operador o agente telefónico generalmente corresponde a un cubículo, equipado con un computador y la conexión necesaria para el uso del sistema electroacústico de comunicación. Los cubículos se encuentran constituidos y separados entre sí por paneles vidriados, de madera aglomerada enchapada en placas de melamina o revestidas con material textil absorbente acústico, o una mezcla de las anteriores, son de altura mediana que no llega al cielo, generando un semi-aislamiento acústico entre un puesto de trabajo y otro. Ver Figura N°2.

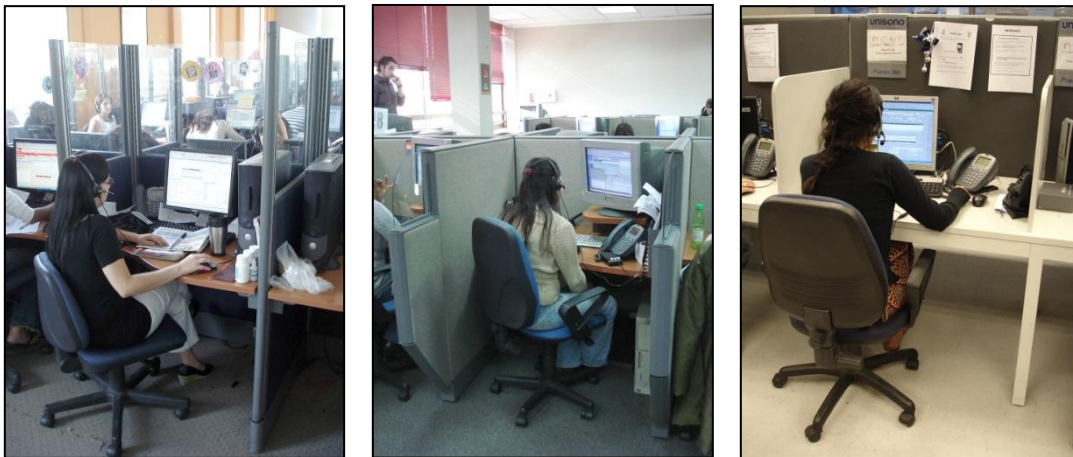


Figura N°2. Puestos de trabajo. Fuente: Banco fotográfico del autor.

4.1.2 Exposición Ocupacional a Ruido

Se entenderá por exposición ocupacional a ruido a aquella exposición que presenta un trabajador en su puesto de trabajo, y que en relación con la dosis recibida, le podría generar Riesgo de Sordera Profesional.

En el oído ocluido del personal operador telefónico, con excepción de aquellos períodos de tiempo en que no se mantiene una comunicación telefónica, se perciben, principalmente, los niveles de ruido, asociados al interlocutor, que se emiten por el auricular del cintillo. En los períodos de tiempo restantes, se percibe el ruido de fondo del lugar, con la consecuente atenuación sonora que proporciona el cintillo telefónico al oído ocluido.

El oído libre del personal operador telefónico está principalmente expuesto al ruido de fondo del call center, que está constituido, principalmente, por las conversaciones telefónicas del personal y, como fuentes de ruido secundarias: tránsito vehicular, equipos de aire acondicionado, etc.

La exposición a ruido en el oído ocluido es de tipo fluctuante y de niveles en relación con las posiciones respectivas de ganancia del sistema (señal del interlocutor), existiendo también la posibilidad de que la señal emitida por el interlocutor sea regulada por el propio personal operador en forma variada, con la consecuente posible exposición a ruido, dependiendo del nivel e inteligibilidad de la señal del interlocutor, de la audición del operador y del ruido de fondo del call center.

El Protocolo de Exposición Ocupacional a Ruido del Minsal, PREXOR, establece como criterio de acción un “Nivel de Acción 82 dB(A)”, éste valor es equivalente a una Dosis de Ruido de 0,5 o 50%, para un tiempo efectivo de exposición de 8 horas ^[4].

La exposición ocupacional a Ruido se determina comparando las dosis de ruido diaria medidas en los trabajadores evaluados con la Dosis Máxima Permissible

(DMP=1) establecidos por la normativa legal vigente ^[5], y la Dosis de Acción señalada anteriormente.

Si la exposición ocupacional a ruido se encuentra sobre la Dosis de Acción, se deben tomar acciones para el control de la exposición e incorporar a los trabajadores en un programa de vigilancia médica ^[4].

4.2 FACTORES ACÚSTICOS QUE INFLUYEN EN EL RUIDO DE FONDO

4.2.1 Tiempo de Reverberación

Uno de los factores más importantes en el diseño acústico de un recinto, es su reverberación.

Se denomina reverberación al sonido que persiste en el interior del recinto después de apagada la fuente emisora. La reverberación está formada por el conjunto de reflexiones que se fusionan unas a otras, y que se extinguen con mayor o menor rapidez dependiendo de la absorción y volumen de la sala ^[6].

El tiempo de reverberación (T) permite cuantificar la reverberación de una sala. Fue definido por W. C. Sabine en 1895, como el tiempo necesario para que, una vez cortada la fuente sonora en la sala, la energía disminuya a una millonésima parte (60 dB).

La ecuación más básica que permite cuantificar el tiempo de reverberación (T) está dada por:

$$T = 0,16 \frac{V}{A} \quad \text{(Ecuación 1)}$$

Considerando la velocidad del sonido como $c=344\text{m/s}$.

Esta ecuación incluye sólo la absorción de las superficies límites, por lo tanto falta agregar en ella la absorción de los objetos y la absorción del aire ^[6].

Una ecuación más general del tiempo de reverberación (Ecuación 2), que incluye la absorción A que corresponde a la absorción de las superficies límites, la absorción A' que corresponde a la absorción de los objetos, y la absorción $4mV$ que corresponde a la absorción del aire ^[6].

$$T = 0,16 \frac{V}{A+A'+4mV} \quad (\text{Ecuación 2})$$

La absorción es dependiente de la frecuencia, luego, el tiempo de reverberación también es dependiente de la frecuencia y por lo tanto, habrá que calcularlo para cada banda de frecuencia ^[6].

4.2.2 Absorción Sonora

Los materiales tienen propiedades acústicas diversas entre unos y otros. Estas propiedades van a depender de la estructura y composición que tengan y en algunos casos de su forma y montaje.

Una de estas propiedades es el Coeficiente de Absorción, abreviado generalmente con la letra griega α (alfa), el que se define como el cociente entre la energía sonora absorbida y la energía incidente sobre una superficie, valor adimensional que teóricamente oscila entre 0 y 1. De esta forma es posible cuantificar la capacidad de absorción sonora de un material determinado y así definir su utilidad para una aplicación específica. En términos generales los materiales que son duros (hormigón, cerámico, vidrio, etc.) son muy reflectantes al sonido y su α es pequeño y en algunos casos muy cercano a 0, a diferencia de materiales blandos y porosos (telas, espumas de poliuretano, lana mineral, etc.) los cuales absorben muy bien al sonido y sus valores de α son más bien altos, tendiendo muchas veces a 1. Los valores de α van a ser siempre característicos del material y deben considerarse como una cualidad propia del elemento.

Si bien la composición y las características físicas dan cuenta de la capacidad de absorber sonido de los materiales, su rendimiento está determinado por la

superficie que ellos cubran. Es decir, si estamos en presencia del mejor material absorbente con que se pueda contar, pero la superficie que cubre es muy pequeña con respecto a la sala que se quiere acondicionar, el resultado final será seguramente imperceptible. Por lo tanto, la cantidad de material a considerar dentro de un proyecto de este tipo es de vital importancia y tiene una directa relación con el tamaño de los recintos y las superficies de las paredes a adaptar.

4.2.3 Índice de Reducción Sonora

El Índice de Reducción Sonora es una medida que caracteriza la propiedad de aislación sonora de un material o un elemento constructivo, tal como un muro, una ventana o una puerta, en una banda de frecuencia establecida medida en laboratorio, de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$R = L_1 - L_2 + 10 * \lg S / A) \text{ (dB)} \quad \text{(Ecuación 3)}$$

Donde:

- L_1 : Nivel de Presión Sonora promedio en la sala donde está la fuente.
- L_2 : Nivel de Presión Sonora promedio en la sala donde está el receptor.
- S : Área de la muestra en ensayo.
- A : Área de la absorción sonora equivalente de la sala donde está el receptor.

4.3 INTERFERENCIA CON LA COMUNICACIÓN

El nivel de presión sonora que genera una conversación moderada, a un metro del locutor, es entre 50 dB(A) y 55 dB(A). Hablando a gritos se puede alcanzar a 75 dB(A) u 80 dB(A). Por otro lado, para que un mensaje oral posea una inteligibilidad del 80% se requiere que éste supere en alrededor de 12 dBA al ruido de fondo ^[7].

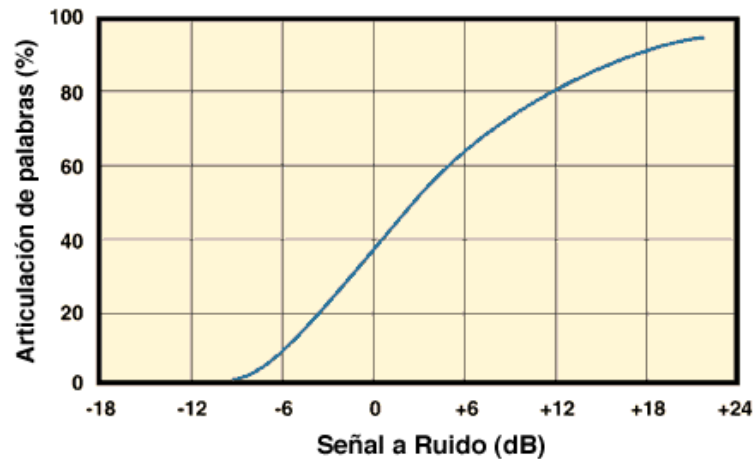


Figura N°3. Porcentaje de articulación de palabras v/s relación señal -ruido
Fuente: Meyer Sound 2006.

Por lo tanto, un ruido de fondo con niveles superiores a 40 dB(A) provocará dificultades en la comunicación oral que sólo podrán resolverse, parcialmente, elevando el tono de voz. A partir de 65 dB(A) de ruido de fondo, la conversación se torna extremadamente difícil.

Un caso de mucha importancia hoy en día es el que se presenta al interior de las salas de clases. En establecimientos educacionales cercanos a vías con un alto tránsito vehicular, aeropuertos o zonas industriales, se ha detectado un retraso en el aprendizaje de la lectura. Para lograr una buena comunicación entre el profesor y los alumnos, es básico que el ruido de fondo no supere los 55 dB(A); sin embargo, este nivel suele ser superado ampliamente (colegios ubicados en el centro de la capital están expuestos a 60 dB(A) y, en algunos casos, a 70 dB(A)),

dificultando la comprensión, aumenta la falta de concentración y la baja en el rendimiento de los alumnos, además del desgaste de las cuerdas vocales, sordera por exposición acumulativa al ruido y síntomas relacionados con el estrés, la irritabilidad, pérdida de concentración y fatiga en los profesores ^[8].

4.4 MODELAMIENTO ACÚSTICO ^[9]

El modelamiento acústico es una herramienta para la predicción de niveles sonoros al interior de recintos y áreas de trabajo, que, entre otras cosas, permite realizar una adecuada planificación para la reducción de ruido en zonas de interés.

Cada método de cálculo tiene sus requisitos y restricciones, por lo que la elección de uno u otro dependerá de las necesidades del modelo.

Los métodos utilizados se señalan a continuación:

4.4.1 Método de Imagen

Este modelo trabaja considerando rayos de emisión que nacen desde las fuentes de ruido. Estos rayos viajan por el interior de la sala y al encontrarse con superficies y obstáculos, generan nuevos rayos producto de reflexiones y difracciones. La dirección del nuevo rayo lo determina la imagen virtual de la fuente real y el ángulo de incidencia sobre la superficie en que refleja, como además la difracción a causa de los elementos que se encuentren entre la fuente emisora y el receptor. La intensidad de los rayos está determinada, principalmente, por la distancia que recorre y las características acústicas de las superficies.

El método de imagen se puede utilizar en cualquier tipo de planta, arreglo de fuentes y obstáculos. Se debe considerar que requiere de importantes tiempos de cálculos cuando existe una alta cantidad de reflexiones.

Para el cálculo de la atenuación, el software utilizado se basa en lo establecido por la norma ISO 9613, tanto en su parte 1 y 2, considerando los siguientes aspectos:

- Atenuación sonora debido a la divergencia geométrica (A_{div}):

$$A_{div} = 10 * \log 4\pi (d^2 d_0^2) \quad \text{(Ecuación 4)}$$

Donde:

d : Distancia entre la fuente y el receptor en metros
 d_0 : 1 m

- Atenuación debido a la absorción del aire (A_{atm}):

$$A_{atm} = \alpha * d \quad 1000 \quad (dB) \quad \text{(Ecuación 5)}$$

Donde:

α : Coeficiente de absorción del aire de acuerdo a ISO 9613-1 en dB/km (por octavos de frecuencia)
 d : Distancia entre la fuente y el receptor en metros

- Atenuación barreras Abar, se calcula como:

$$A_{bar} = 10 * \log 3 + (40 \lambda * (C_3 * Z)) \quad \text{(Ecuación 6)}$$

Donde:

C_3 : 1, para una difracción simple
 λ : Longitud de onda en metros
 Z : Diferencia de largo del trayecto

- Pérdida por reflexión RL.

Para una reflexión simple se define como:

$$RL_i = -10 \log 1 - \alpha_i \quad \text{(Ecuación 7)}$$

Para un número “n” (*i de 1 a n*) de reflexiones la pérdida por reflexión total RL se define como:

$$RL = \sum_{i=1}^n R * L_i \quad (\text{Ecuación 8})$$

4.4.2 Método de Partículas

Este método considera un número importante de partículas que se emiten aleatoriamente desde la fuente sonora en todas direcciones. Para este método, la ubicación del receptor y la posición de los elementos no es relevante en el cálculo, sólo contempla la potencia acústica y la dirección de cada partícula radiada y su interacción con las superficies de la sala, no considerando cálculos por difracciones. La estimación del nivel sonoro dentro del recinto considera la suma las energías contribuidas por cada partícula dentro de un volumen definido.

4.4.3 Método de Campo Difuso (Estadístico)

Procedimiento está basado en el clásico método de cálculo de niveles sonoros en recintos de W.C. Sabine. Se considera que el campo acústico generado dentro del recinto es completamente difuso, por lo que la predicción de los niveles sonoros depende sólo de la potencia acústica de las fuentes y de la absorción de las superficies presentes.

El coeficiente de absorción media para todas las superficies contenidas en el recinto, es estimado como:

$$\alpha_m = \frac{\sum \alpha_i * S_i}{S_i} \quad (\text{Ecuación 9})$$

Donde:

S_i : Área superficie parcial i

El tiempo de reverberación es calculado de acuerdo a Sabine como:

$$T_{60} = 0,163 * \frac{V}{S * \alpha_m} \quad (\text{Ecuación 10})$$

Donde:

S : Superficie total del recinto

V : Volumen del recinto

Los modelos levantados son calibrados con mediciones en terreno, con tal de ajustarse lo más posible al comportamiento acústico real de las salas bajo análisis. En estas condiciones, es posible observar cual es el efecto de la materialidad de las superficies de las salas y de los cubículos de trabajo.

Las principales fuentes de ruido presentes al interior de un call center son básicamente las voces de los operadores y el ruido generado por los computadores y sistemas de climatización. Estas fuentes no tienen un gran potencia acústica por si solas, pero al manifestarse en forma simultánea pueden generar un importante efecto en el incremento del ruido de fondo.

CadnaR cuenta con librerías y opciones de edición para caracterizar diversos materiales y de esta forma evidenciar el efecto sobre los parámetros acústicos de interés.

4.5 CURVAS NCB

Cuando se diseña una sala que será ocupada por personas, pretendemos que el ruido de fondo no sea molesto ni perceptible en el desarrollo de nuestras actividades diarias. Este ruido de fondo se denomina “neutral”. En términos de sus características espectrales, nosotros no queremos que el ruido de fondo sea “retumbante” o “silbante”. Tampoco queremos que el ruido de fondo sea de características fluctuantes o impulsivas. Cuando el ruido de fondo no presenta una característica “neutral”, probable que cause algún tipo de distracción, ya sea en forma de molestia o que afecte la productividad. Cuando esto ocurre y la gente se queja por la interferencia o distracción que causa el ruido de fondo, necesitamos ser capaces de evaluar la situación acústica y determinar si tal queja es justificada. Es por esta razón que se propusieron métodos para la clasificación y evaluación del ruido de fondo. Una vez que estos métodos estuvieron disponibles, consultores y diseñadores comenzaron a utilizarlos durante el proceso de diseño como un objetivo primordial para lograr un ambiente acústico “aceptable”. En tales circunstancias su uso es apropiado. Sin embargo, no se debe olvidar que el contexto acústico determina sólo una proporción de las respuestas individuales al ruido y, por lo tanto, la cualidad de “aceptable” depende de las otras circunstancias.

Para la evaluación de la calidad acústica de recintos cerrados existen principalmente tres criterios: Noise Criteria (NC) Curves, Room Criteria (RC) Curves y Balanced Noise Criteria (NCB) Curves; sin embargo, es este último el que ha adquirido la mayor relevancia dado que considera un mayor rango de bandas de frecuencias. Las curvas NCB fueron creadas por Beranek (1989); se aplican a recintos cerrados ocupados por personas y establecen niveles de presión sonora referenciales en frecuencias de banda de octava para el ruido de fondo del lugar. Estas curvas fueron creadas con el propósito de que el ruido de fondo no interfiera con el tipo de actividad que se desarrolla en un determinado

recinto, permitiendo, además, que la comunicación entre las personas sea satisfactoria ^[10]^[11].

La Tabla 1, propone la curva de criterio que se debe elegir de acuerdo al tipo de ocupación que presenta o presentará cierto recinto, indicándose, además, el nivel de presión sonora, NPS dB(A), aproximado ^[12].

La Tabla 2, presenta los niveles de presión sonora establecidos para las distintas curvas NCB, que no deben ser sobrepasados por el ruido de fondo al interior del recinto en evaluación ^[13].

Tipo de espacio (y requerimiento acústico)	Curva NCB	NPS dB(A) aproximado
Estudio de transmisión o de grabación (microfonos usados a distancia).	10	18
Salas de concierto, casas de ópera y salas de recitales (para escuchar débiles sonidos musicales).	10 - 15	18 - 23
Grandes auditorios, grandes teatros y grandes iglesias (para condiciones de muy buena audición).	No exceder 20	28
Salas de grabación, televisión y transmisión (solamente para micrófonos utilizados muy cerca).	No exceder 25	33
Pequeños auditorios, pequeños teatros, pequeñas iglesias, salas para ensayos musicales, grandes salas de conferencias y reuniones (para una audición muy buena), o oficinas de ejecutivos o salas de conferencia para 50 personas (sin amplificación).	No exceder 30	38
Dormitorios, hospitales, cuartos de descanso, residencias, departamentos, hoteles, moteles, etc. (para dormir, descansar, relajarse).	25 - 40	38 - 48
Oficinas privadas o semi-privadas, pequeñas salas de conferencias, aulas, bibliotecas, etc. (para condiciones de buena audición).	30 - 40	38 - 48
Salas de estar y salones en viviendas (para conversar y escuchar radio y televisión).	30 - 40	38 - 48
Grandes oficinas, áreas de recepción, tiendas, cafeterías, restaurantes, etc. (para condiciones moderadamente buenas de audición).	35 - 45	43 - 53
Pasillos, antecorredores, espacios de trabajo en laboratorio, salas de ingeniería, área de secretaría general (para condiciones aceptables de audición).	40 - 50	48 - 58
Pequeños talleres de mantención, salas de control de plantas industriales, oficinas y salas con equipos computacionales, cocinas y lavanderías (para condiciones de audición moderadamente buenas).	45 - 55	53 - 63
Tiendas, garajes, etc. (para comunicación oral y telefónica aceptable). Niveles sobre la NC o NC-60 no son recomendadas para una oficina o situación de comunicación.	50 - 60	58 - 68
Para espacios de trabajo donde no se requieren comunicación verbal o telefónica, pero donde no debe existir riesgo de daño auditivo.	55 - 70	63 - 78

Tabla N°1. Rangos recomendados de Curvas NCB para Diversas Áreas de Actividades.

Curva NCB	Nivel de Presión Sonora (dB)									
	Frecuencia Central de Banda de Octava (Hz)									
	16	31,5	63	125	250	500	1.000	2.000	4.000	8.000
10	78	59	43	30	21	15	12	8	5	2
15	79	61	45	34	26	20	17	13	10	7
20	80	63	49	38	30	25	22	18	15	12
25	81	66	52	42	35	30	27	23	20	17
30	82	69	55	46	40	35	32	28	25	22
35	84	71	58	50	44	40	37	33	30	27
40	85	74	62	54	49	45	42	38	35	32
45	87	76	65	58	53	50	47	43	40	37
50	89	79	69	62	58	55	52	49	46	43
55	92	82	72	67	63	60	57	54	51	48
60	94	85	76	71	67	64	62	59	56	53
65	97	88	79	75	72	69	66	64	61	58

Tabla N°2. Niveles de Presión Sonora para distintas Curvas NCB.

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 CALL CENTER SELECCIONADOS

Para la presente investigación se seleccionaron ocho call center ubicados en la región metropolitana. En la selección se consideró su volumen, capacidad respecto al número de cubículos, tipo de cubículo, materialidad de las superficies que componen el recinto y la disponibilidad para efectuar el presente estudio, evitando tener recintos con características similares.

Muestra 1: tiene una capacidad de 74 cubículos, distribuidos en una planta rectangular. Los cubículos están conformados por paneles de madera aglomerada, revestidos parcialmente con material textil. Respecto a las superficies constructivas del local, presenta piso cerámico, muros de hormigón y cielo falso.

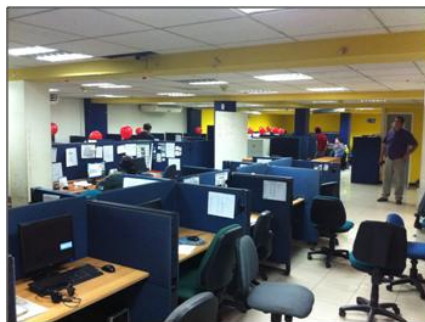
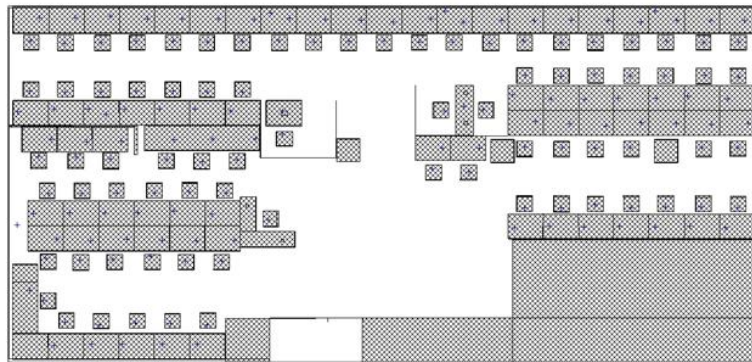


Figura N°4. Muestra N°1. Planta e imágenes de los puestos de trabajo.

Muestra 2: Tiene una capacidad para 195 cubículos, distribuidos en tres plantas rectangulares que conforman una gran planta tipo “U”. Los cubículos están conformados por un panel frontal de madera aglomerada revestido con material textil, escritorio de madera aglomerada revestida con melanina, paneles laterales de vidrio y madera aglomerada con material textil. Respecto a las superficies construidas del local presenta piso cerámico y alfombra, muros sólidos y cielo falso.

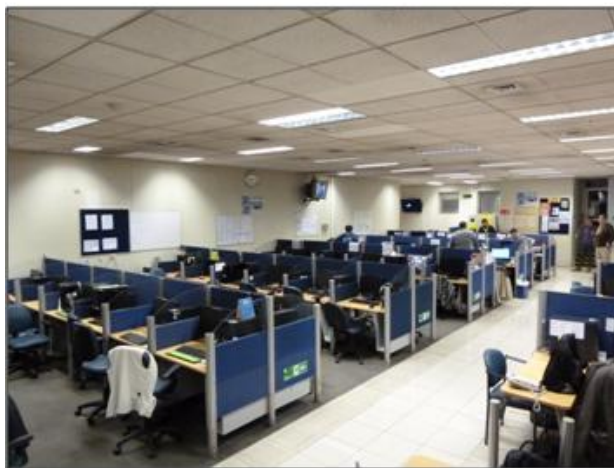
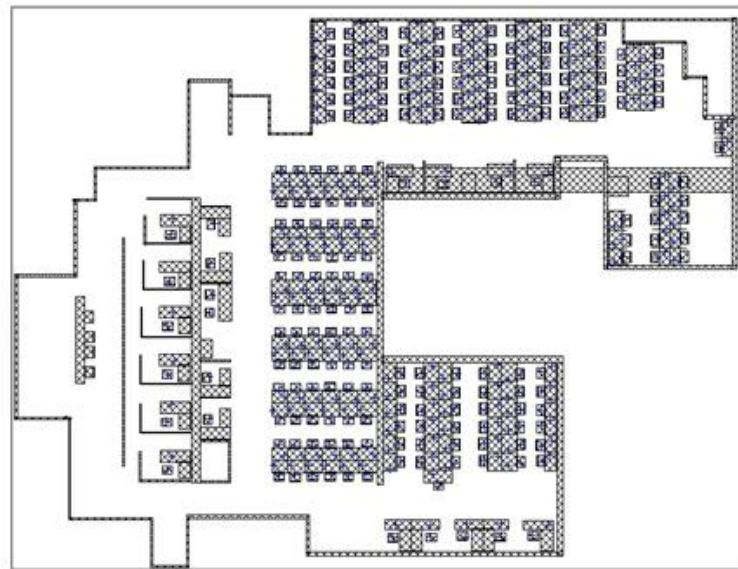


Figura N°5. Muestra N°2. Planta e imágenes de los puestos de trabajo.

Muestra 3: Tiene una capacidad para 148 cubículos, distribuidos una planta rectangular. Los cubículos están conformados por paneles laterales y frontal de madera aglomerada revestidos con material textil. Respecto a las superficies construidas del local presenta piso vinílico, muros sólidos estructurales de hormigón y cielo americano.

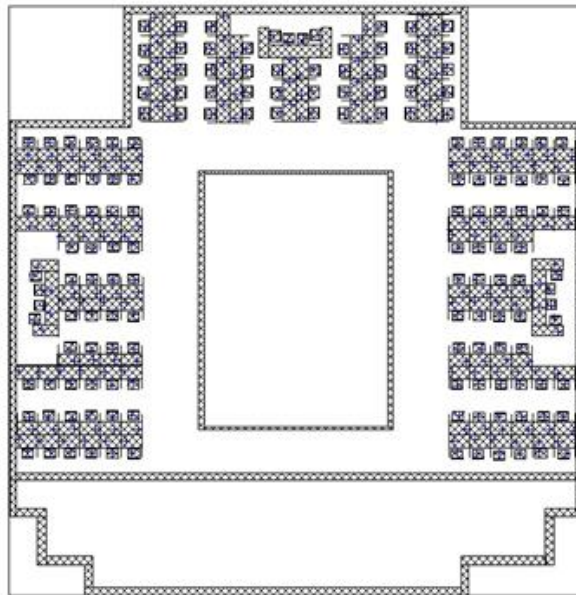


Figura N°6. Muestra N°3. Planta e imágenes de los puestos de trabajo.

Muestra 4: Tiene una capacidad para 88 cubículos, distribuidos en dos plantas rectangulares. Los cubículos están conformados por escritorio de madera aglomerada revestida con melanina, panel frontal de madera aglomerada revestida con material textil y paneles laterales vidriados. Respecto a las superficies construidas del local presenta piso cerámico, muros que forman parte de la estructura del edificio y cielo correspondientes a la losa del piso superior.

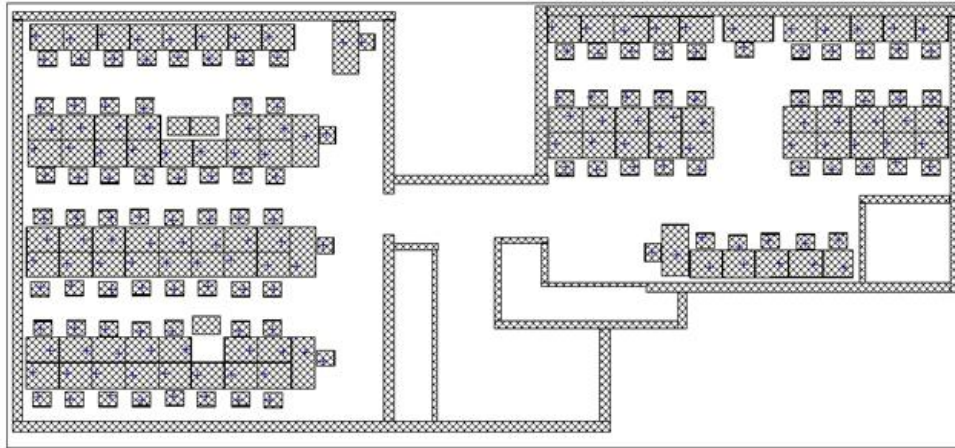


Figura N°7. Muestra N°4. Planta e imágenes de los puestos de trabajo.

Muestra 5: Tiene una capacidad para 65 cubículos, distribuidos una planta rectangular. Los cubículos están conformados por paneles de madera aglomerada, revestidos con material textil y láminas de vidrio en su parte superior. Respecto a las superficies construidas del local, presenta piso de material vinílico en pasillos y alfombra en el sector de cubículos, muros de hormigón y cielo americano.



Figura N°8. Muestra N°5. Planta e imágenes de los puestos de trabajo.

Muestra 6: Tiene una capacidad para 30 cubículos, distribuidos una planta rectangular. Los cubículos están conformados por panel frontal de placa metálica perforada con material absorbente acústico en su interior, escritorio de madera aglomerada revestida con melamina, paneles laterales de vidrio sobre el escritorio y madera aglomerada con material textil bajo el mismo. Respecto a las superficies construidas del local, presenta piso de alfombra, ventanas y tabique de volcanita en sus contornos y cielo americano.

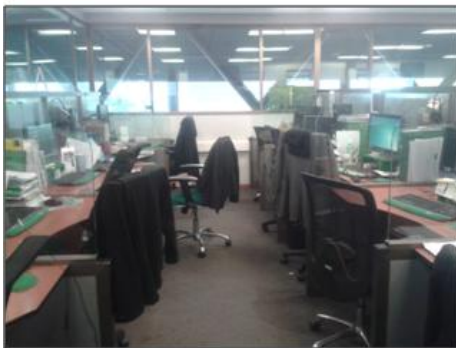
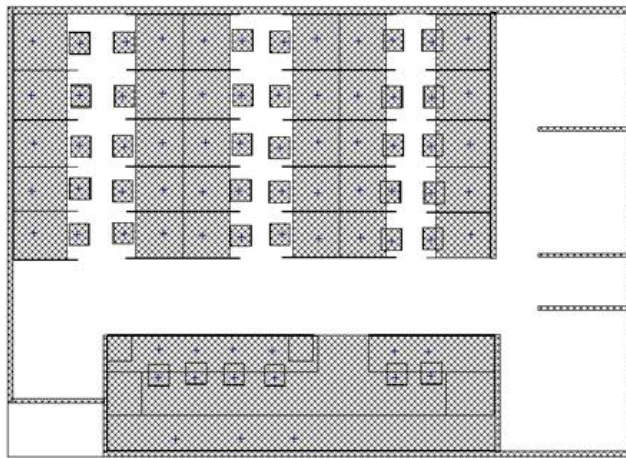


Figura N°9. Muestra N°6. Planta e imágenes de los puestos de trabajo.

Muestra 7: Tiene una capacidad para 58 cubículos, distribuidos una planta rectangular. Los cubículos están conformados por paneles de madera aglomerada revestidos con placas de melamina. Respecto a las superficies construidas del local, presenta piso flotante, muros de hormigón y cielo americano.

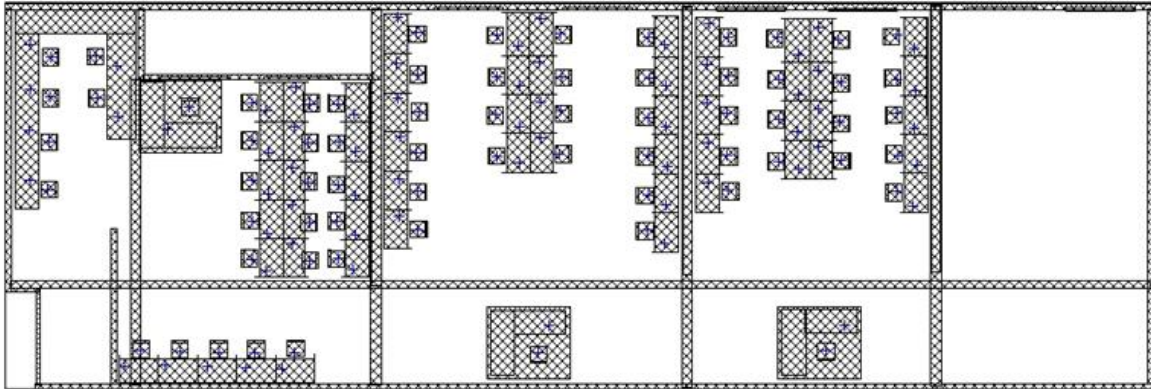


Figura N°10. Muestra N°7. Planta e imágenes de los puestos de trabajo.

Muestra 8: Tiene una capacidad para 92 cubículos, distribuidos una planta tipo “L”. Los cubículos están conformados por paneles de madera aglomerada, revestidos con material textil tanto en sus paneles laterales como en su panel frontal. Respecto a las superficies constructivas del local, presenta piso flotante, muros de hormigón y cielo correspondiente a la losa del piso superior.

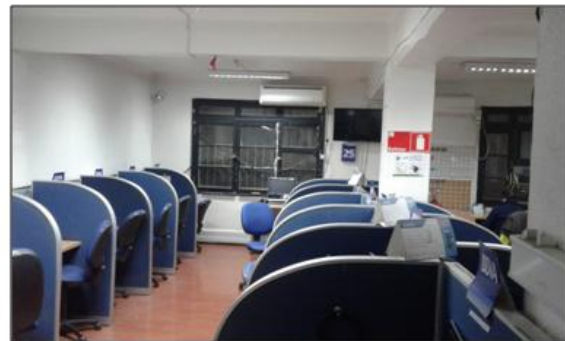
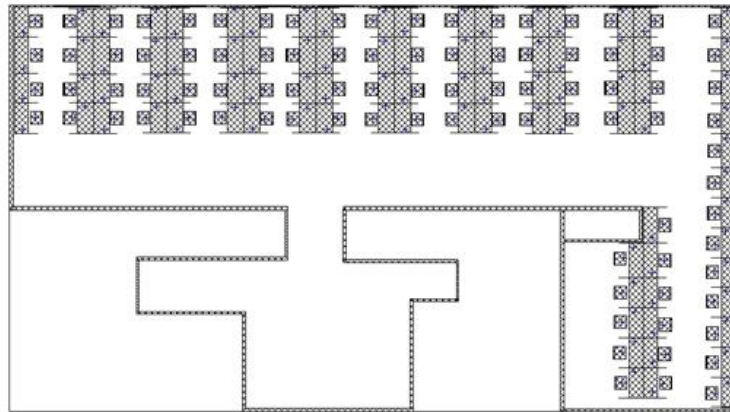


Figura N°11. Muestra N°8. Planta e imágenes de los puestos de trabajo.

5.2 INSTRUMENTACIÓN UTILIZADA

Para el desarrollo de los distintos levantamientos arquitectónicos, se dispuso de medidor laser de distancias.

Para la medición del tiempo de reverberación, se utilizó sonómetro marca 01 dB, modelo Solo Black, cargado con módulo para edificios, y una pistola a fogueo como fuente de ruido impulsivo.

Considerando parámetros como: costo, funcionalidad, representación en el país, etc., se efectuó una revisión en el mercado asociado a los software de predicción de niveles de ruido al interior de recintos cerrados, seleccionándose y adquiriendo software de la empresa DataKustik, modelo Cadna R “Prediction of Noise Level inside Rooms”.

5.3 MEDICIONES EN TERRENO

En cada uno de los call center seleccionados, se efectuó un levantamiento arquitectónico y mediciones de su tiempo de reverberación.

Para el levantamiento arquitectónico se efectuaron mediciones de las dimensiones del recinto, incluyendo los módulos de trabajo, puertas, ventanas, pilares y cualquier otro elemento que pudiese influir en la acústica del local, además de la descripción de la materialidad de sus superficies y los elementos señalados anteriormente.

Para las mediciones del tiempo de reverberación, se utilizó la metodología propuesta en norma ISO 3382-2 ^[14].

5.4. MODELACIÓN DE NIVELES DE PRESIÓN SONORA

Los modelos construidos fueron levantados considerando la arquitectura, materialidad y fuentes de ruido presentes en los recintos. Cada uno de los modelos fue calibrado ajustando los coeficientes de absorción de los materiales hasta obtener el mismo tiempo de reverberación medido en terreno. Una vez finalizado el ajuste, se procede a estimar el nivel de presión sonora sobre una malla de cálculo posicionada a 1,2 m. del suelo cuando se genera la emisión de todas las fuentes de ruido de manera simultánea. Las fuentes de ruido principales que se consideran en el cálculo son la voz humana y la emisión de ruido de computadores y sistemas de ventilación.

En primera instancia se realiza un mapa acústico isófono el que clasifica los sectores con diferencias de 1 dB de nivel de presión sonora global. Lo anterior permite identificar los sectores más críticos pudiéndose definir la ubicación de los puntos de inmisión a analizar en más detalle.

Una vez definido los sectores donde profundizar el análisis, se procede a reemplazar a un locutor por un punto de inmisión y se realiza la estimación del ruido percibido en dicha ubicación en octavos de frecuencia.

6. CRITERIO DE EVALUACIÓN

Dado que el personal ejecutivo telefónico de los call center en estudio, pueden presentar tiempos de exposición superiores a 8 horas, en donde el nivel de acción ya no sería 82 dB(A), consideraremos 80 dB(A) como nivel de acción para la presente investigación. Por otro lado, considerando que una buena relación señal/ruido se logra a partir de +12 dB (ver figura N°3), el ruido de fondo como valor global no debería superar los 68 dB(A), razón por la que al asociar este nivel a la curvas NCB, para que el ruido de fondo no interfiera con las actividades de comunicación que en estos recintos se desarrollan, el criterio de control corresponderá a la curva NCB-60, situación que además se encuentra en el rango propuesto en las curvas NCB para recintos con condiciones de comunicación oral y telefónica aceptables, cuyos niveles máximos de presión sonora por banda de octava se presentan en el siguiente cuadro.

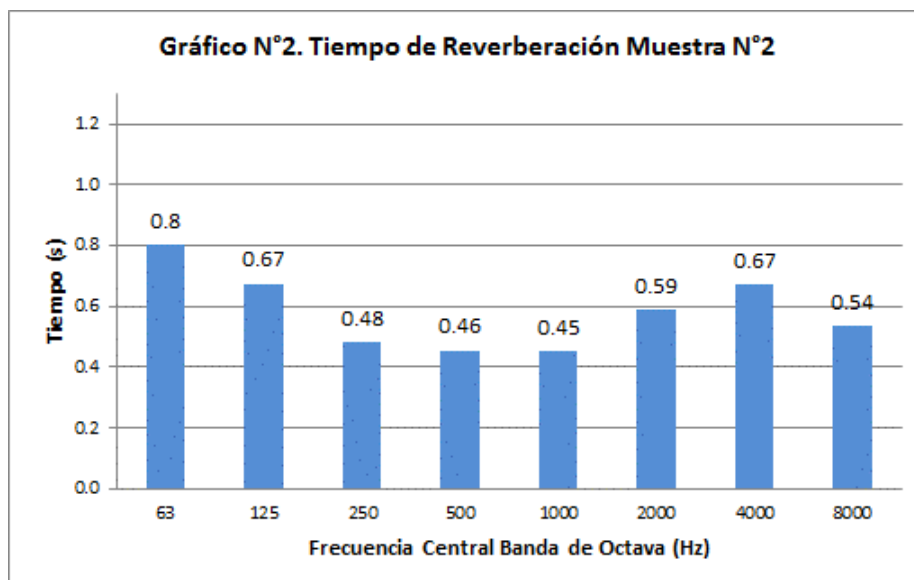
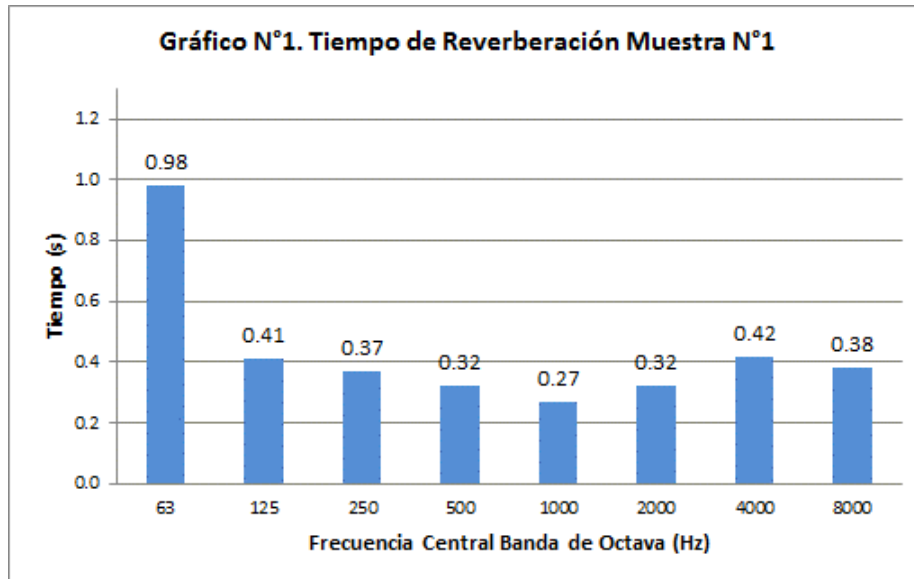
	Nivel de Presión Sonora (dB)								
	Frecuencia Central Banda de Octava (Hz)								
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	A
NCB-60	76	71	67	64	62	59	56	53	68

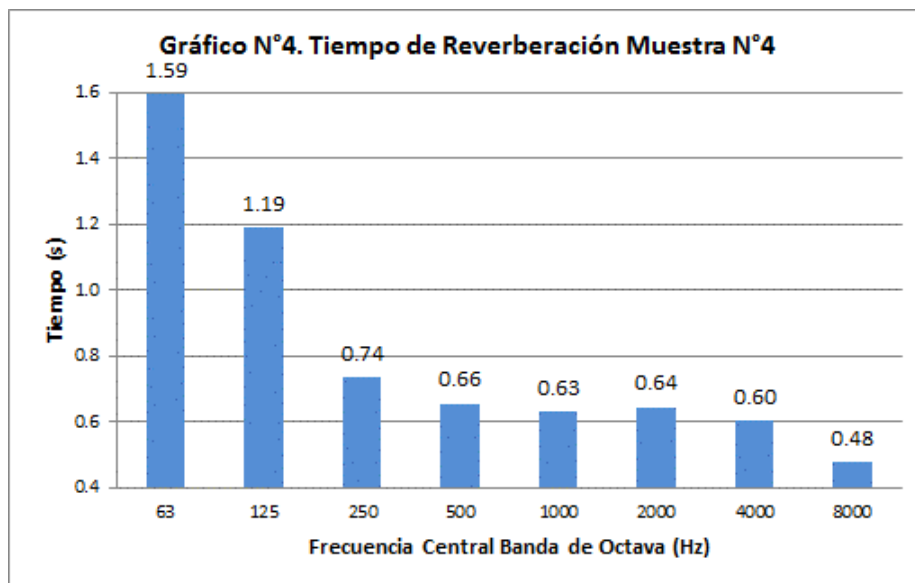
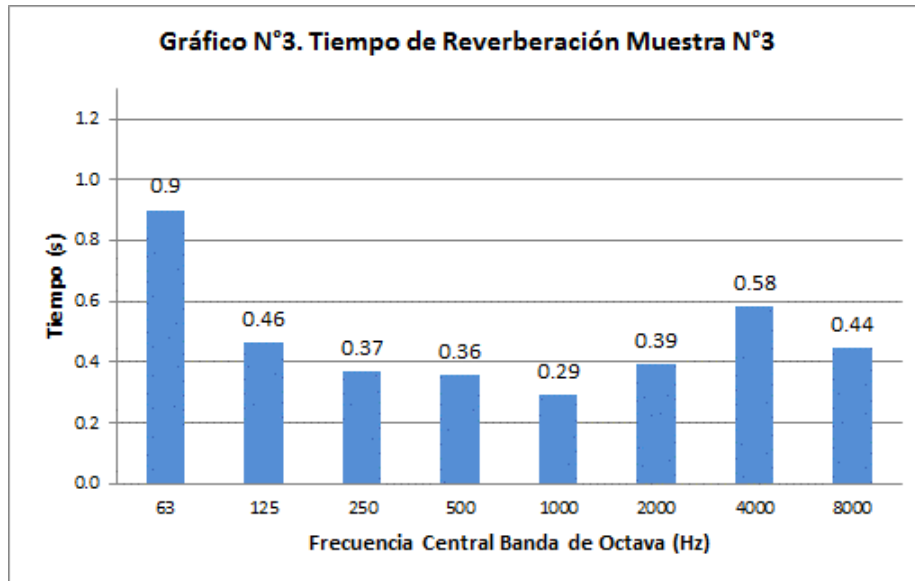
Tabla N°3. Criterio de Evaluación: Curvas NCB-60.

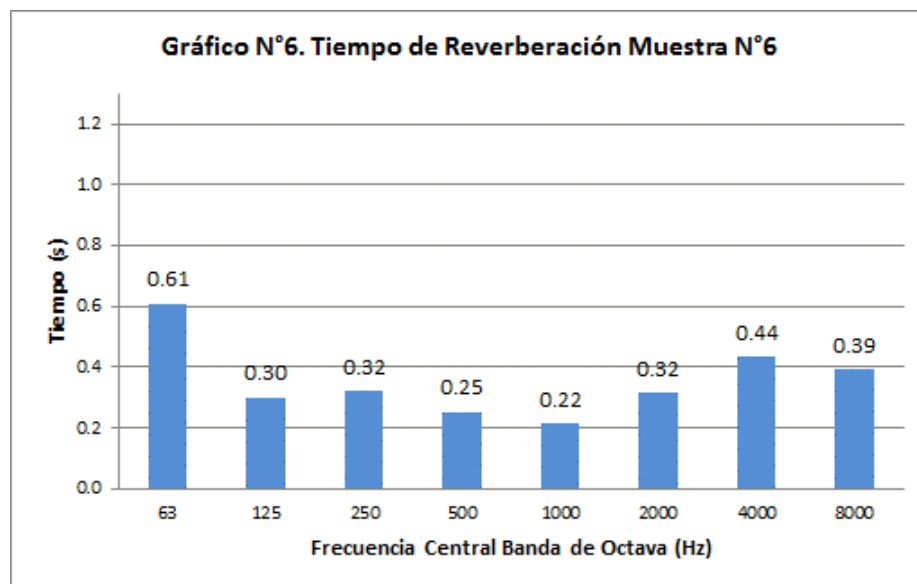
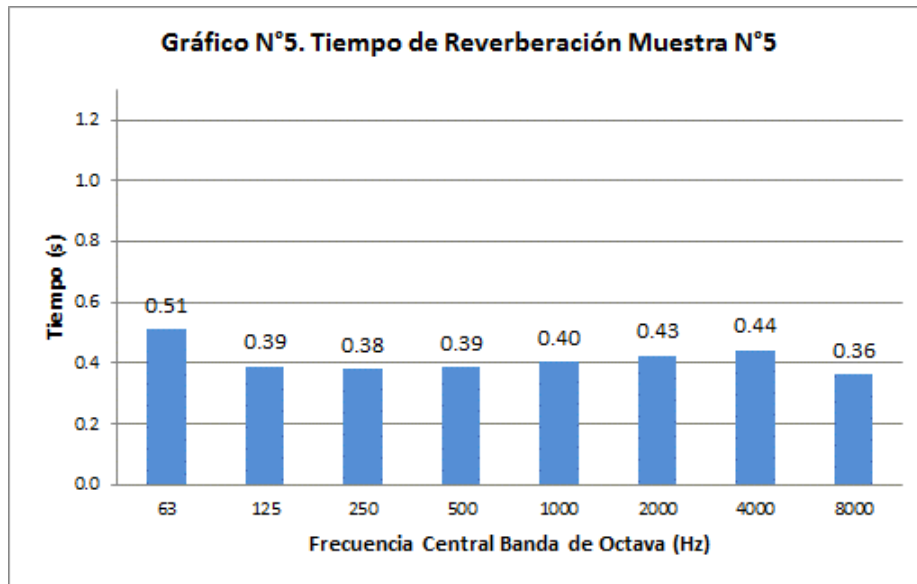
7. RESULTADOS

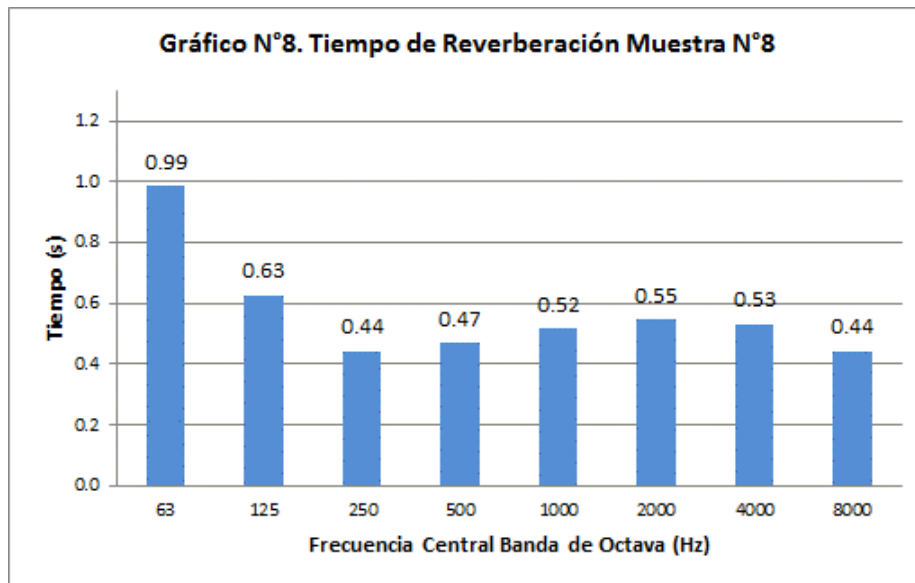
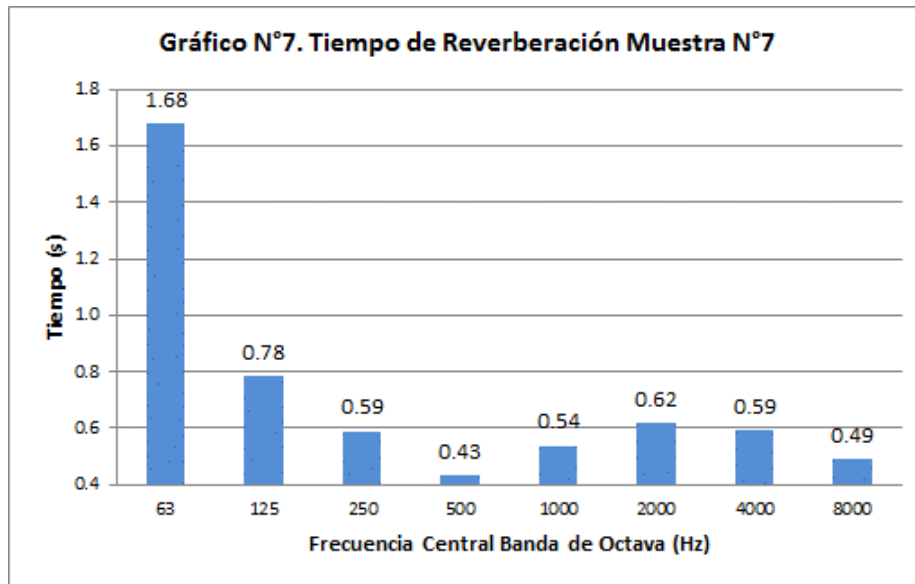
7.1 TIEMPOS DE REVERBERACIÓN

Los siguientes gráficos representan los tiempos de reverberación medidos en banda de octava para cada una de las muestras asociadas al presente estudio.









7.2 MODELACIÓN

De los distintos métodos disponibles en CadnaR, se utilizó el de Partículas ya que al considerar la alta cantidad de fuentes involucrada en los cálculos, éste es el que posee la mejor relación entre precisión y velocidad de cálculo.

La modelación utilizada para la estimación de los niveles de presión sonora dentro de los recintos, tiene en cuenta la simultaneidad de todas las fuentes acústicas y el tiempo de reverberación de cada recinto, éste último ajustado utilizando el Método de Campo Difuso disponible en el programa de modelación. Los resultados se representan en un mapa acústico isófono con resolución de 1 dB(A).

7.2.1 Modelación Muestra N° 1

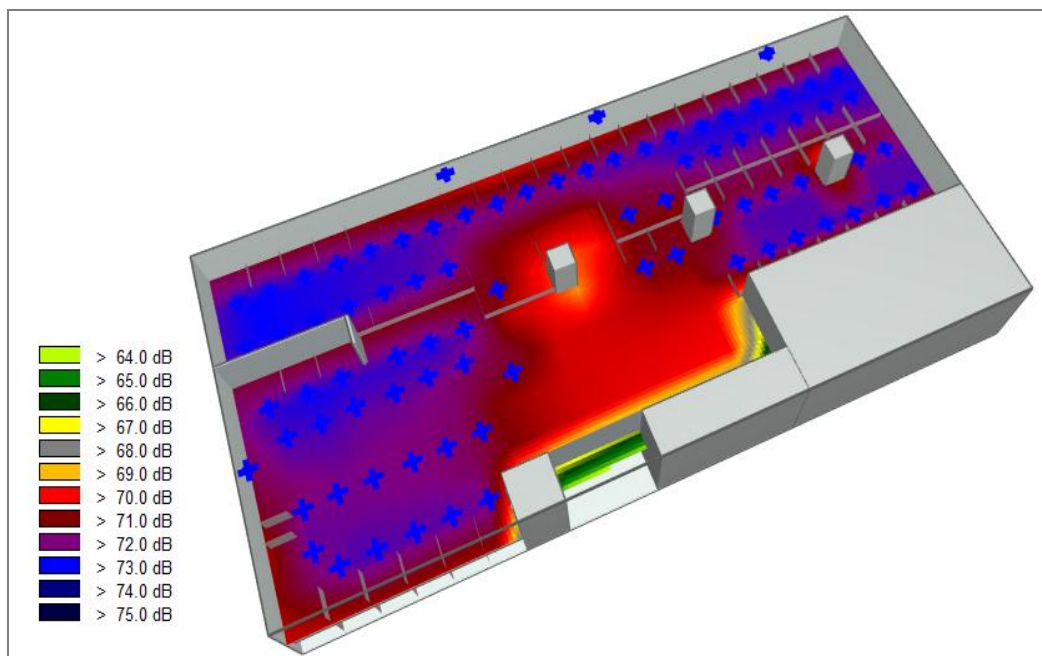


Figura N°12. Modelación con curvas isófonas Muestra N°1.

7.2.2 Modelación Muestra N° 2

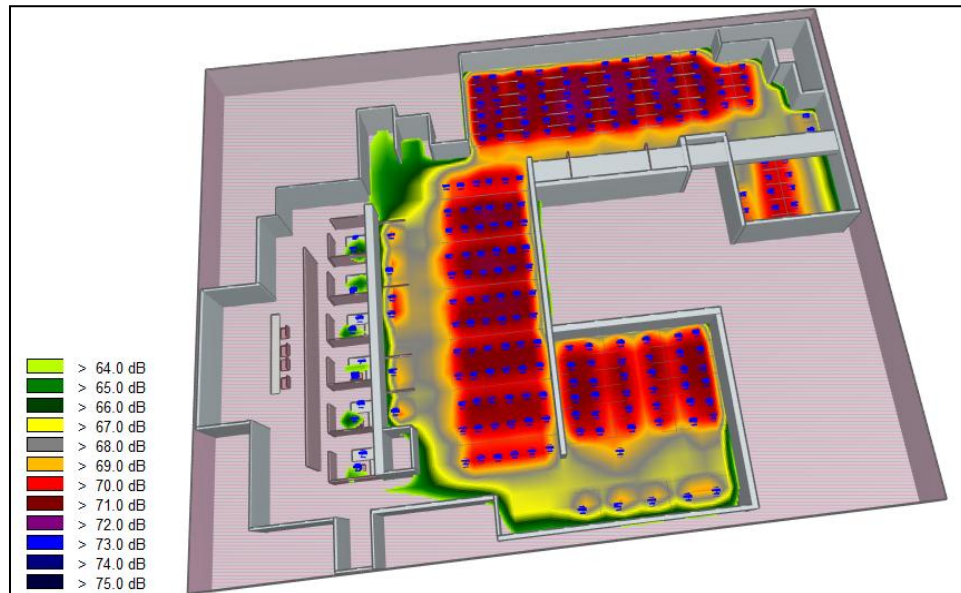


Figura N°13. Modelación con curvas isófonas Muestra N°2.

7.2.3 Modelación Muestra N° 3

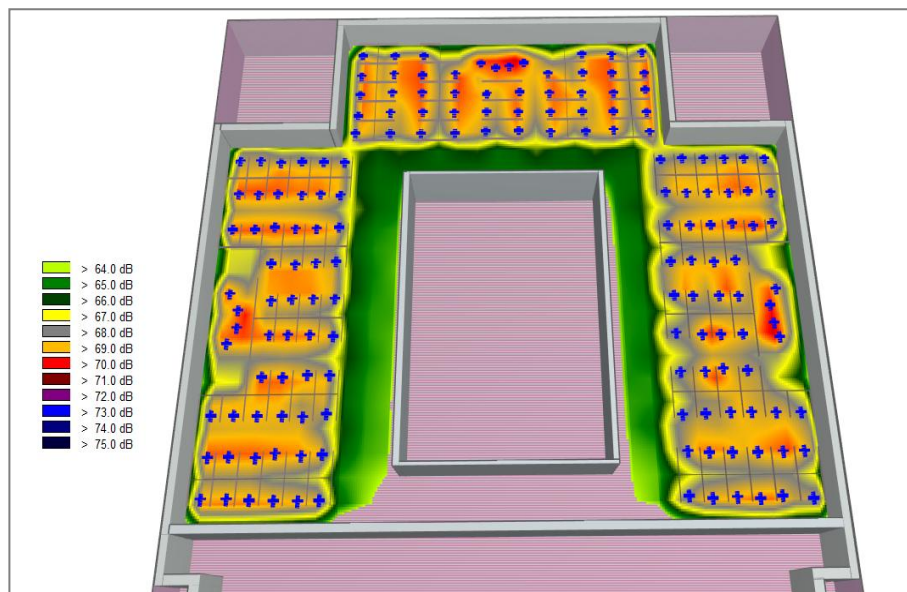


Figura N°14. Modelación con curvas isófonas Muestra N°3.

7.2.4 Modelación Muestra N° 4

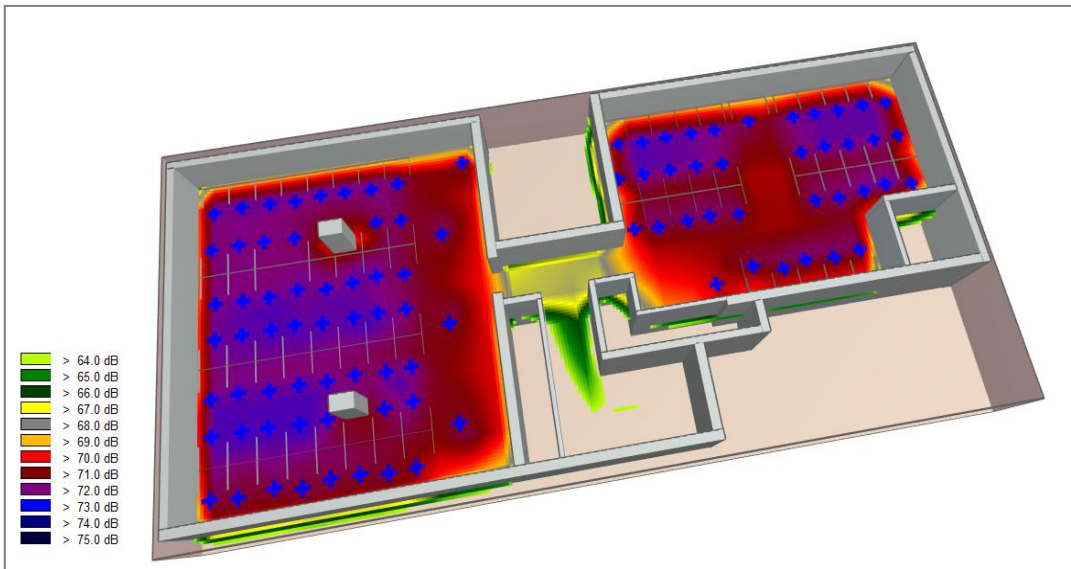


Figura N°15. Modelación con curvas isófonas Muestra N°4.

7.2.5 Modelación Muestra N° 5

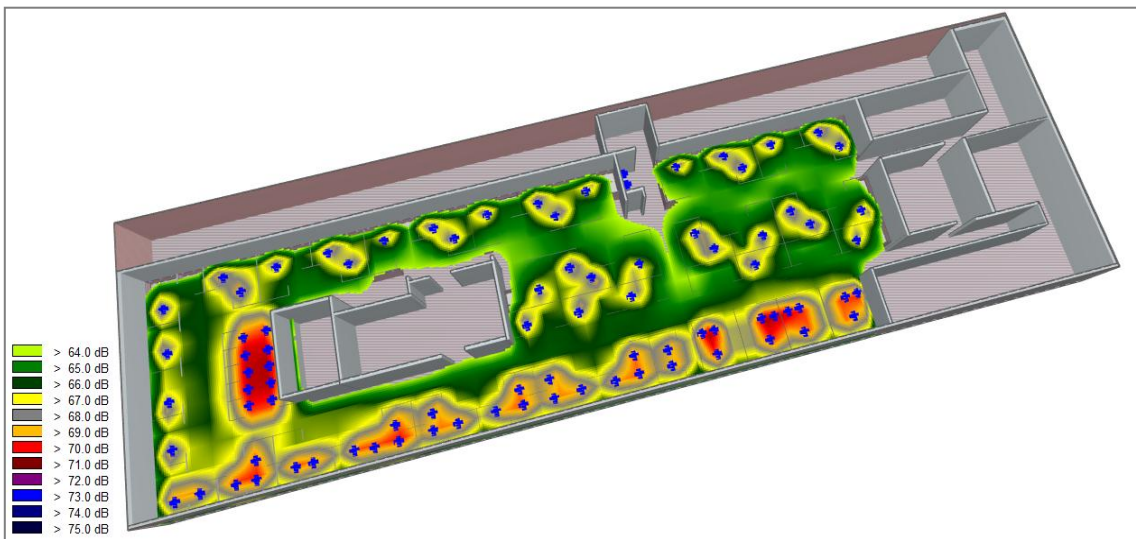


Figura N°16. Modelación con curvas isófonas Muestra N°5.

7.2.6 Modelación Muestra N° 6

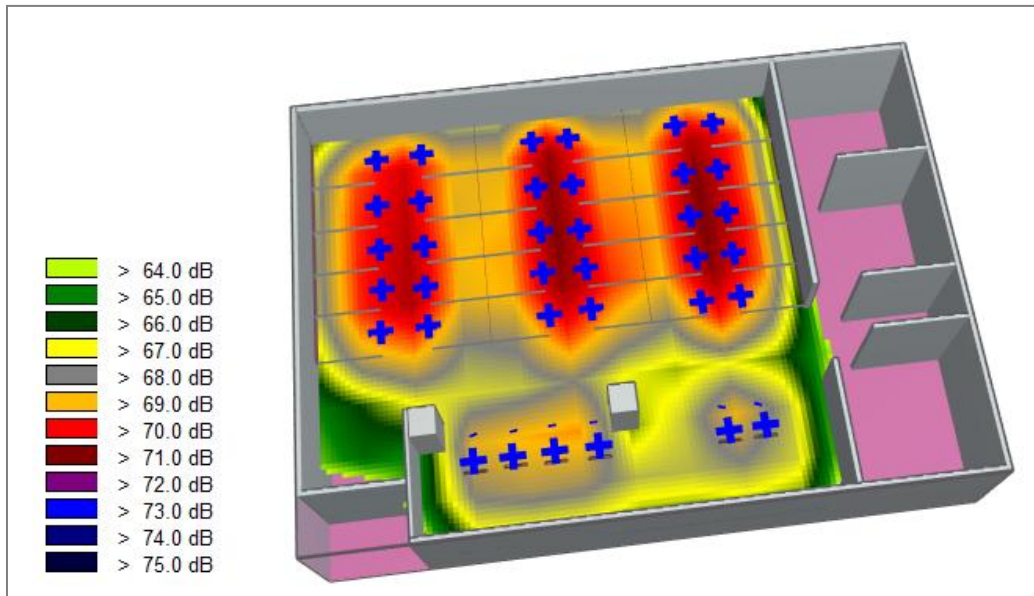


Figura N°17. Modelación con curvas isófonas Muestra N°6.

7.2.7 Modelación Muestra N° 7

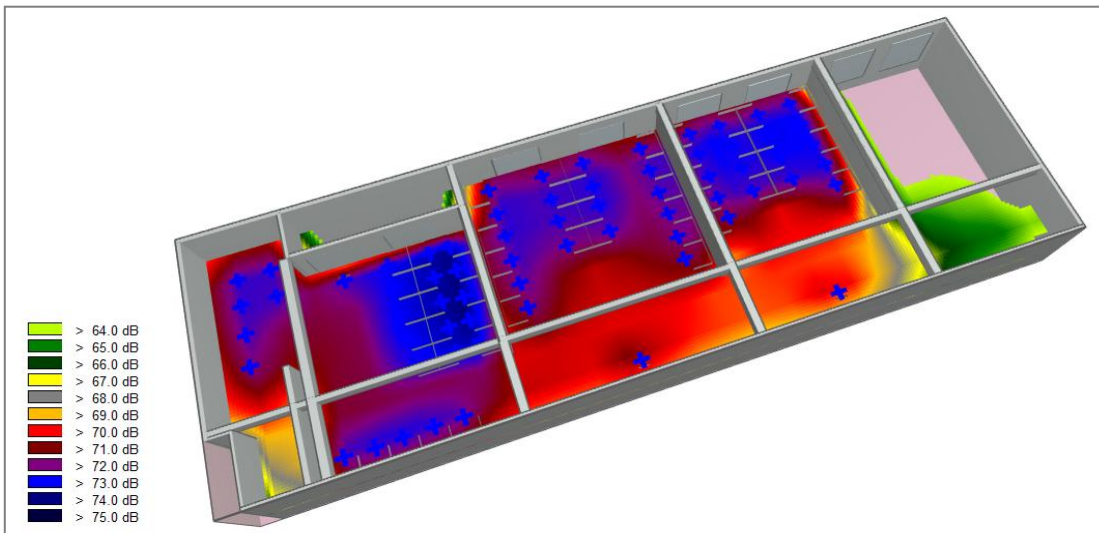


Figura N°18. Modelación con curvas isófonas Muestra N°7.

7.2.8 Modelación Muestra N° 8

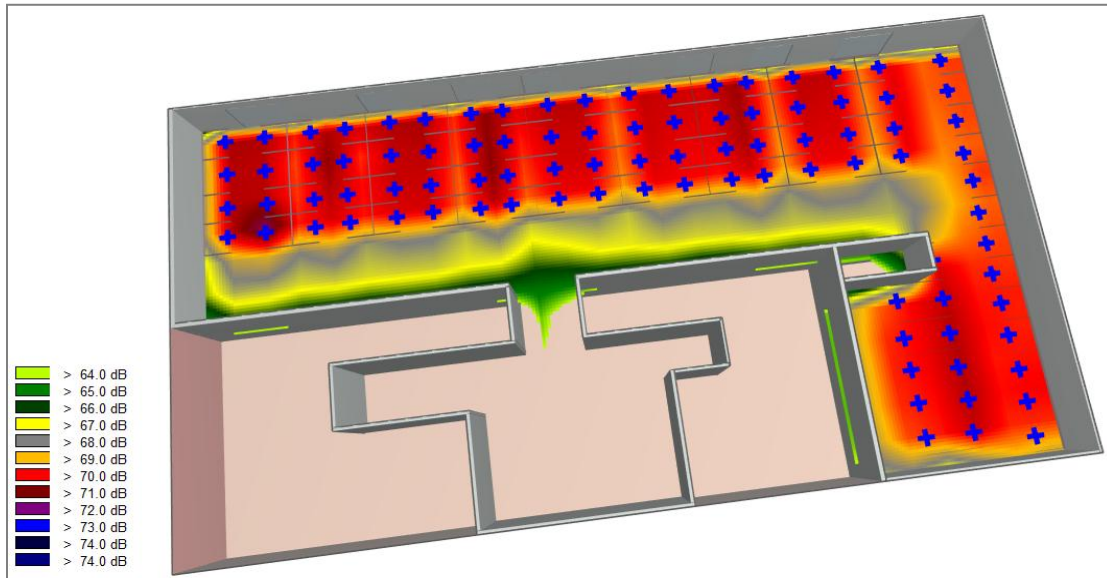


Figura N°19. Modelación con curvas isófonas Muestra N°8.

8. EVALUACIÓN

La modelación con todas las fuentes acústicas simultáneas permite visualizar los sectores con mayores niveles de presión sonora. Con esta información se seleccionan distintos puntos de inmisión al interior de los recintos destacándose los con mayor criticidad.

A continuación se muestran los resultados para cada uno de los puntos de inmisión seleccionados y se comparan con el criterio de referencia, destacando con color los valores que superan el límite.

8.1 Puntos seleccionados de evaluación. Muestra N° 1

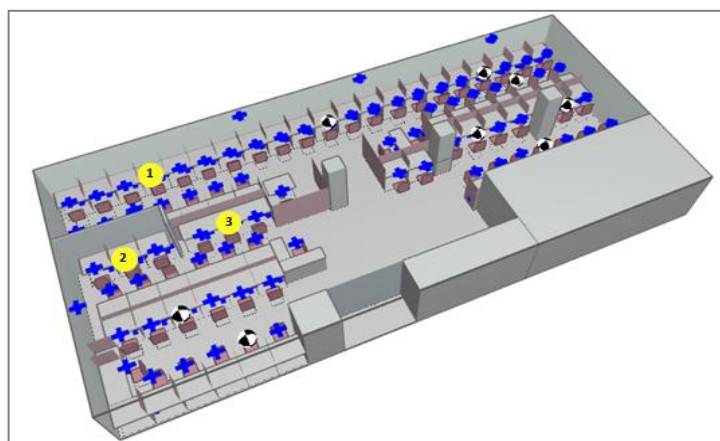


Figura N°20. Puntos seleccionados de evaluación. Muestra N° 1.

M1	Nivel de Presión Sonora (dB)								
	Frecuencia Central Banda de Octava (Hz)								
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	A
NCB-60	76	71	67	64	62	59	56	53	68
P1	54	64	70	72	65	59	54	49	72
P2	54	64	70	72	65	58	53	49	71
P3	53	64	70	72	65	58	53	48	71

Tabla N°4 Niveles de Presión Sonora en puntos de inmisión Muestra N° 1

8.2 Puntos seleccionados de evaluación. Muestra N° 2

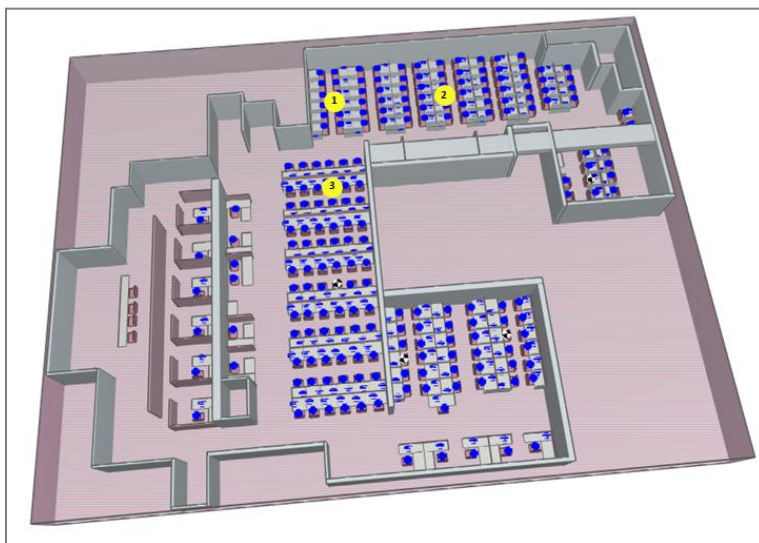


Figura N°21. Puntos seleccionados de evaluación. Muestra N° 2.

Los resultados para los puntos de inmisión seleccionados son los siguientes:

M2	Nivel de Presión Sonora (dB)								
	Frecuencia Central Banda de Octava (Hz)								
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	A
NCB-60	76	71	67	64	62	59	56	53	68
P1	53	64	68	71	65	59	52	49	70
P2	53	64	68	71	65	59	53	47	71
P3	52	63	68	71	65	59	53	47	70

Tabla N°5 Niveles de Presión Sonora en puntos de inmisión Muestra N° 2

8.3 Puntos seleccionados de evaluación. Muestra N° 3

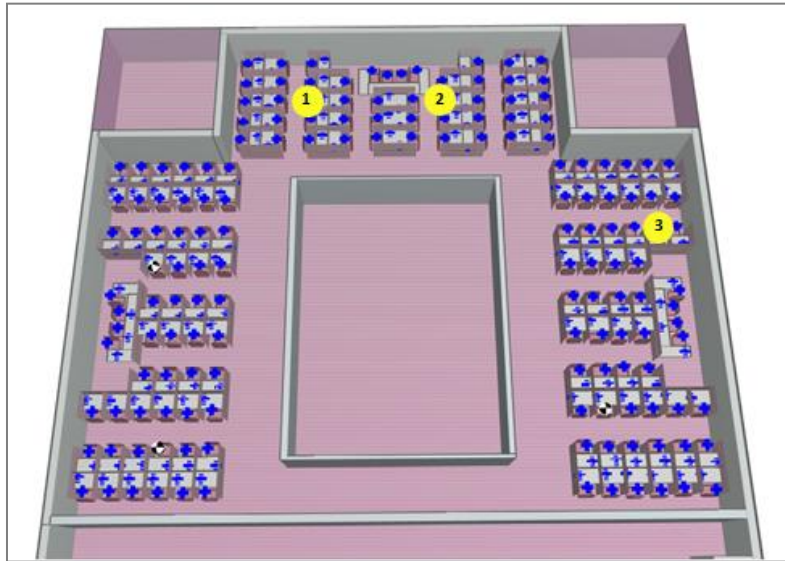


Figura N°22. Puntos seleccionados de evaluación. Muestra N° 3.

Los resultados para los puntos de inmisión seleccionados son los siguientes:

M3	Nivel de Presión Sonora (dB)								
	Frecuencia Central Banda de Octava (Hz)								
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	A
NCB-60	76	71	67	64	62	59	56	53	68
P1	50	62	66	68	61	55	51	43	67
P2	50	62	66	68	61	55	50	42	67
P3	50	63	66	69	62	56	51	45	68

Tabla N°6 Niveles de Presión Sonora en puntos de inmisión Muestra N° 3

8.4 Puntos seleccionados de evaluación. Muestra N° 4

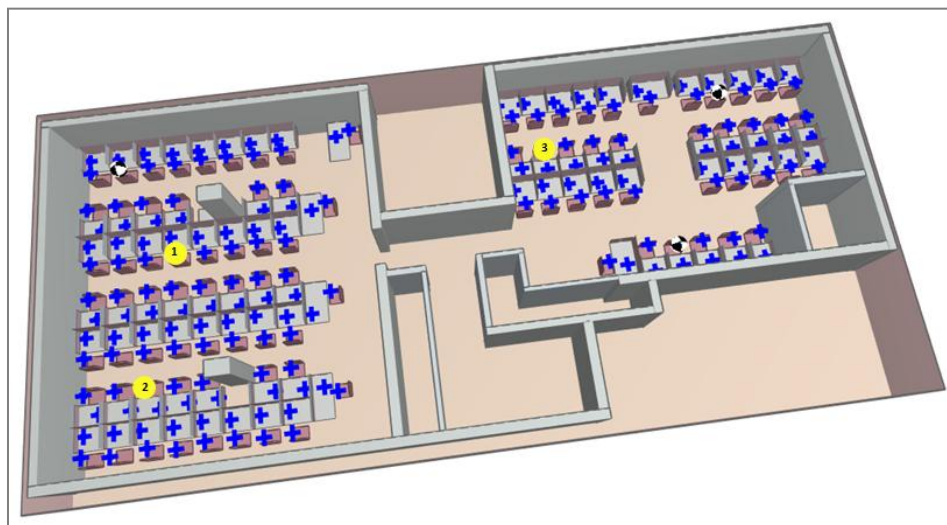


Figura N°23. Puntos seleccionados de evaluación. Muestra N° 4.

Los resultados para los puntos de inmisión seleccionados son los siguientes:

M4	Nivel de Presión Sonora (dB)								
	Frecuencia Central Banda de Octava (Hz)								
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	A
NCB-60	76	71	67	64	62	59	56	53	68
P1	53	66	69	72	66	59	53	48	71
P2	53	66	69	72	66	59	53	48	72
P3	52	65	69	72	65	59	52	47	71

Tabla N°7 Niveles de Presión Sonora en puntos de inmisión Muestra N° 4

8.5 Puntos seleccionados de evaluación. Muestra N° 5

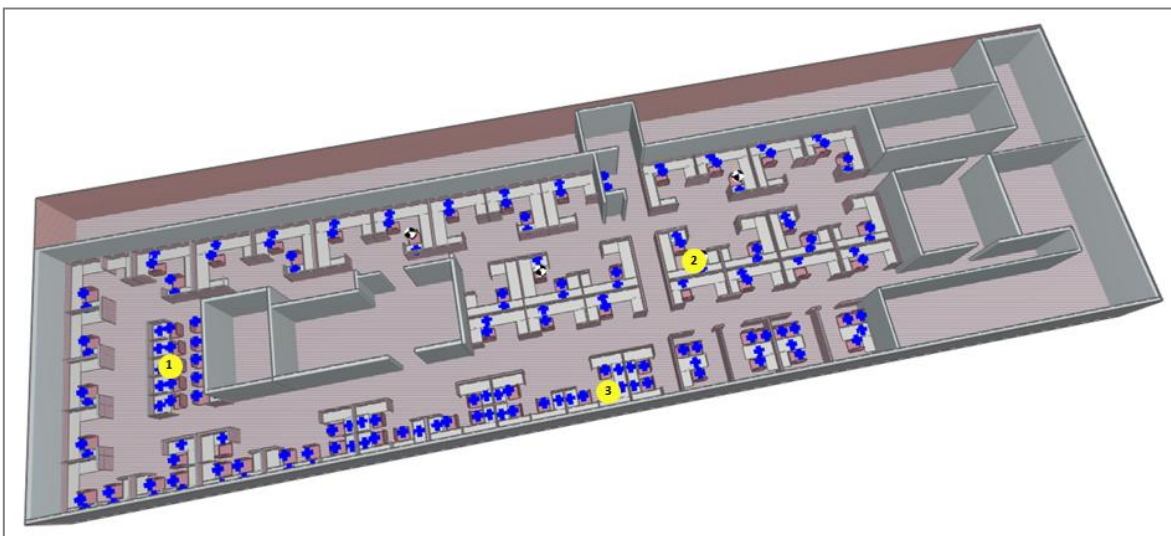


Figura N°24. Puntos seleccionados de evaluación. Muestra N° 5.

Los resultados para los puntos de inmisión seleccionados son los siguientes:

M5	Nivel de Presión Sonora (dB)								
	Frecuencia Central Banda de Octava (Hz)								
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	A
NCB-60	76	71	67	64	62	59	56	53	68
P1	48	62	66	69	64	57	51	45	69
P2	46	58	62	65	60	53	46	42	65
P3	47	59	64	67	61	55	49	44	66

Tabla N°8 Niveles de Presión Sonora en puntos de inmisión Muestra N° 5

8.6 Puntos seleccionados de evaluación. Muestra N° 6

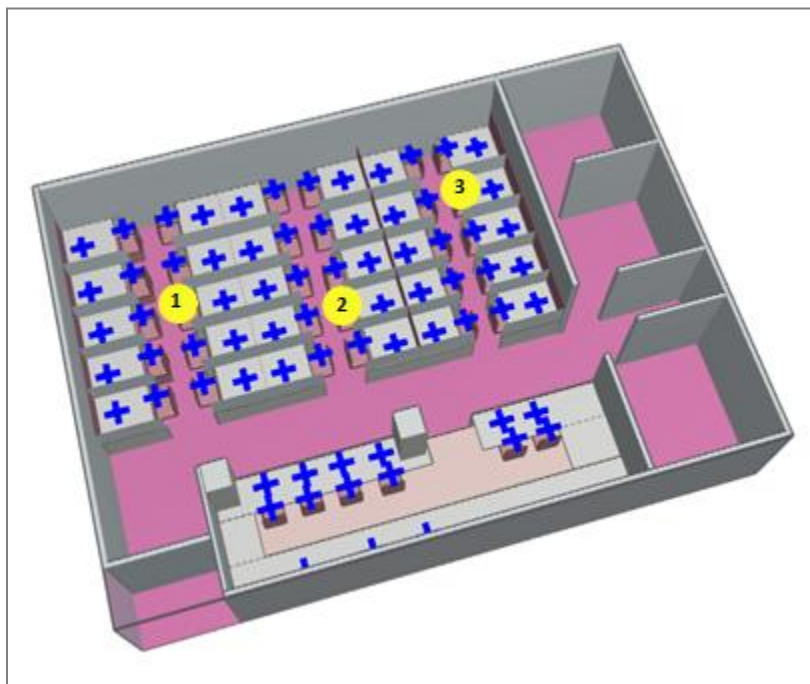


Figura N°25. Puntos seleccionados de evaluación. Muestra N° 6.

Los resultados para los puntos de inmisión seleccionados son los siguientes:

M6	Nivel de Presión Sonora (dB)								
	Frecuencia Central Banda de Octava (Hz)								
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	A
NCB-60	76	71	67	64	62	59	56	53	68
P1	52	61	66	70	63	56	52	47	69
P2	52	62	67	70	64	57	52	48	69
P3	52	61	66	70	63	57	52	48	69

Tabla N°9 Niveles de Presión Sonora en puntos de inmisión Muestra N° 6

8.7 Puntos seleccionados de evaluación. Muestra N° 7

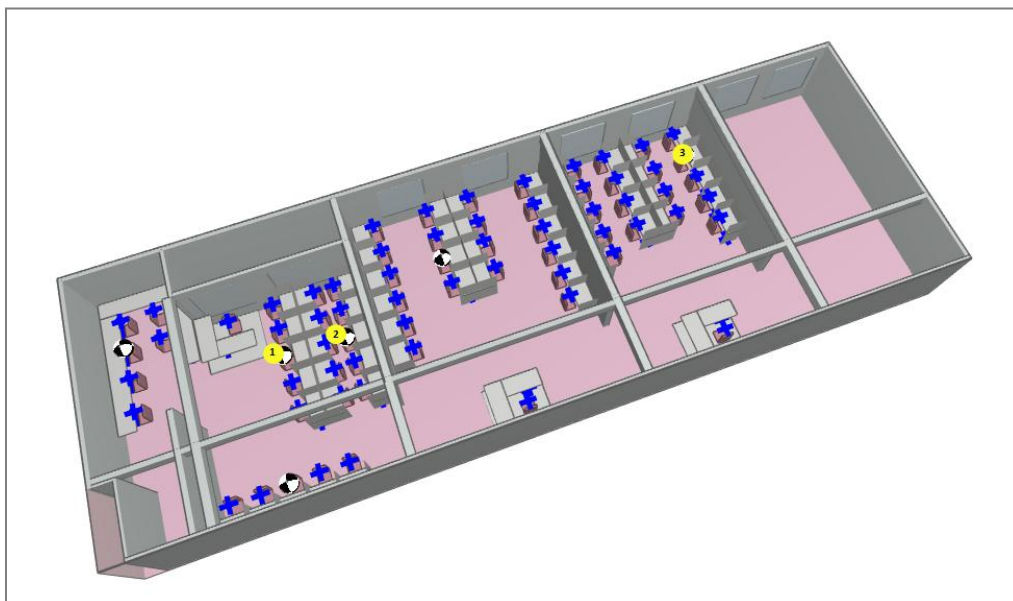


Figura N°26. Puntos seleccionados de evaluación. Muestra N° 7.

Los resultados para los puntos de inmisión seleccionados son los siguientes:

M7	Nivel de Presión Sonora (dB)								
	Frecuencia Central Banda de Octava (Hz)								
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	A
NCB-60	76	71	67	64	62	59	56	53	68
P1	51	65	69	72	67	59	53	47	72
P2	52	66	70	74	68	60	55	49	73
P3	51	65	69	73	67	60	54	48	72

Tabla N°10 Niveles de Presión Sonora en puntos de inmisión Muestra N° 7

8.8 Puntos seleccionados de evaluación. Muestra N° 8

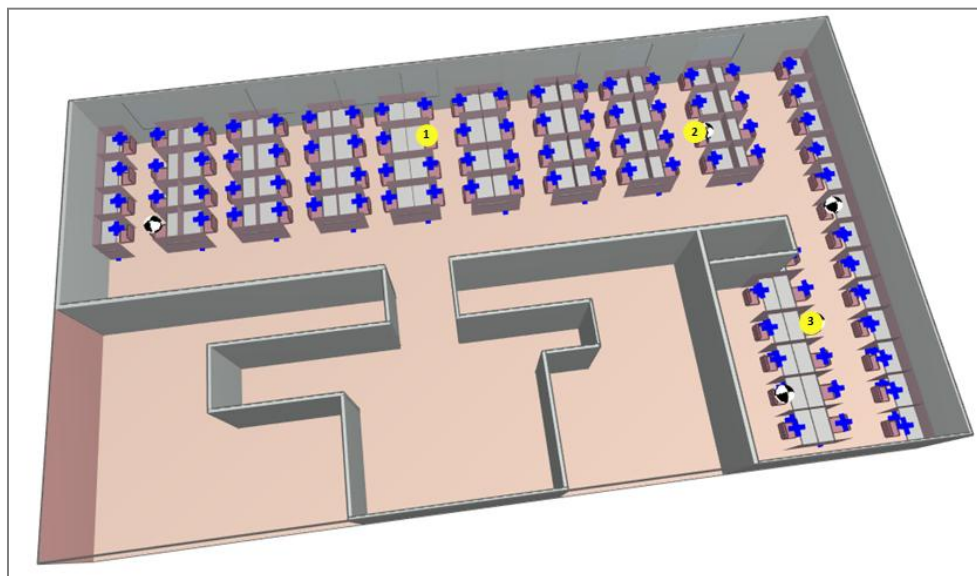


Figura N°27. Puntos seleccionados de evaluación. Muestra N° 8.

Los resultados para los puntos de inmisión seleccionados son los siguientes:

M8	Nivel de Presión Sonora (dB)								
	Frecuencia Central Banda de Octava (Hz)								
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	A
NCB-60	76	71	67	64	62	59	56	53	68
P1	49	63	67	69	63	57	50	46	68
P2	50	63	67	69	63	57	51	46	69
P3	49	63	66	68	62	56	50	45	68

Tabla N°11 Niveles de Presión Sonora en puntos de inmisión Muestra N° 8

9. ANÁLISIS

De manera previa al análisis de la evaluación efectuada, se presenta tabla N° 12, correspondiente a un resumen de las características acústico-arquitectónicas de las muestras en estudio, incluyendo un indicador denominado “Superficie Equivalente”, correspondiente a la relación entre el área total de cada recinto, incluyendo sus pasillos, respecto al número de cubículos existente.

Tabla N°12. Características acústico-arquitectónicas de las muestras en estudio.

Muestra	Piso	Cielo	Separadores del Cubículo	T rev*	Superficie equivalente (m ²)	Puntos sobre el criterio de referencia
1	Cerámico	Americano	Madera aglomerada revestida con material textil, cuya profundidad alcanza el escritorio y no cubre la cabeza del operador y su altura es de 1,39 m.	0,32	1,4	12
2	Cerámico y alfombra	Americano	Madera aglomerada revestida con material textil en su parte inferior y vidrio en su parte superior, cuya profundidad alcanza el escritorio y no cubre la cabeza del operador y su altura es de 1,30 m.	0,50	1,4	12
3	Vinílico	Americano	Madera aglomerada revestida con material textil, cuya profundidad es variable y supera el escritorio cubriendo la cabeza del operador y su altura es de 1,37 m.	0,35	1,8	3
4	Cerámico	Losa de hormigón	Madera aglomerada revestida con material textil en su parte inferior y vidrio en su parte superior, cuya profundidad alcanza el escritorio y no cubre la cabeza del operador y su altura es de 1,30 m.	0,67	1,5	12
5	Vinílico y Alfombra	Americano	Madera aglomerada revestida con material textil en su parte inferior y vidrio en su parte superior, cuya profundidad cubre la cabeza del operador y su altura es de 1,30 m.	0,39	4,9**	5
6	Alfombra	Americano	Panel frontal de placa metálica perforada con material absorbente en su interior y paneles laterales de vidrio sobre el escritorio y madera aglomerada revestida con material textil bajo el escritorio, cuya profundidad es variable y cubre en gran medida al operador, su altura es de 1,3 m.	0,28	1,8	9

7	Flotante	Americano y Losa de hormigón	Paneles de melanina, cuya profundidad alcanza el escritorio y no cubre la cabeza del operador y su altura es de 1,35 m.	0,54	0,8***	14
8	Flotante	Losa de hormigón	Panel de madera aglomerada revestida con material textil, cuya extensión supera el escritorio, pero no cubre totalmente la cabeza del operador y su altura es de 1,3 m.	0,5	1,4	6

* *Tiempo de reverberación promedio entre las bandas de 250 Hz y 2000 Hz.*

** *Dado que la planta tiene dos zonas, con superficies equivalentes muy distintas, para efectos del presente estudio consideraremos las más representativa en cuenta al número de modulo y que es la que se presenta en la tabla.*

*** *En esta muestra se presenta una heterogénea distribución de módulos por lo que el análisis considera la superficie equivalente más crítica,*

También se presenta la siguiente tabla N°13, la cual, para cada muestra y para cada banda en donde se superó la referencia NCB60, se indica el promedio aritmético en dB de dichos excesos respecto al valor establecido por la referencia.

Tabla N°13. Promedio aritmético en (dB) de excesos respecto a curva de referencia NCB-60.

Muestra	Frecuencia Central Banda de Octava (Hz)								A
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
M1	-----	-----	3	8	3	-----	-----	-----	3
M2	-----	-----	1	7	3	-----	-----	-----	2
M3	-----	-----	-----	4	-----	-----	-----	-----	-----
M4	-----	-----	2	8	4	-----	-----	-----	3
M5	-----	-----	-----	3	-----	-----	-----	-----	-----
M6	-----	-----	-----	6	1	-----	-----	-----	1
M7	-----	-----	2	9	5	1	-----	-----	4
M8	-----	-----	-----	5	1	-----	-----	-----	-----

9.1 Ninguna de las muestras evaluadas satisface plenamente, el criterio de evaluación establecido como referencia, NCB-60, siendo las muestras M3 y M5 las que presentan el mejor comportamiento y las muestras M2 y M7 las que presentan la peor calidad acústica.

Las muestras M3 y M5 presentan el mejor comportamiento, dado que habiendo superado el valor de referencia en algunas bandas, el valor global (dBA) es inferior al valor establecido como criterio. Respecto a sus características acústicas- arquitectónicas, podemos inferir que estas muestras presentan los mayores valores de superficie equivalente y sus tiempos de reverberación promedio se encuentran entre los menores valores medidos (inferiores a 0,4 s) y los paneles separadores de sus cubículos presentan profundidades que cubren de mejor manera la cabeza del operador.

Por el contrario, las muestras M2 y M7 son las que presentan el peor comportamiento, dado que ambas presentan 4 bandas en que superan la referencia y también presentan las mayores desviaciones respecto al valor global establecido como referencia. Respecto a sus características acústicas- arquitectónicas, podemos inferir que estas muestras se encuentran entre las que presentan los mayores tiempos de reverberación (superior e igual a 0,5 s) y superficies equivalentes inferiores al valor promedio (1.9 m²) y los paneles separadores de sus cubículos presentan profundidades que sólo alcanzan el escritorio, dejando lateralmente al descubierto la cabeza del operador, sumado al hecho de contienen superficies acústicamente reflectantes.

Las muestras restantes: M1, M4, M6 y M8, se encuentran con características intermedias a las ya señaladas.

9.2 Respecto a las bandas de octava en evaluación, podemos señalar que en las bandas de 63 Hz, 125 Hz, 4 000 Hz y 8 000 Hz, los valores de ruido de fondo nunca superaron los establecidos por el criterio de referencia NCB 60, en tanto, las bandas en donde sí se superó la referencia se encontraron en el rango entre 250 Hz y 2 000 Hz, siendo la banda de 500 Hz la única en que para todas las muestras superó la referencia, hecho atribuido a que la principal fuente de ruido, voz humana, presenta su mayor energía en dicha banda.

10. MEJORAS Y SOLUCIONES

A continuación, para cada muestra evaluada, se proponen mejoras en sus características acústicas, presentándose la modelación de esta modificación y tabla con los valores resultantes en los puntos de medición seleccionados anteriormente.

En las mejoras no se consideró el acondicionamiento en pisos, ni paredes o muros, ya que según lo señalado por el personal a cargo de los recintos que componen las muestras, no es viable por las condiciones de limpieza que deben presentar los pisos y por la presencia de elementos constructivos en ellos (puertas, ventanas, pilares, etc.).

Las modificaciones de las características acústicas de los recintos, consideran la instalación de cielo acústico, en tanto, las modificaciones en los cubículos consideran el aumento de altura y su revestimiento con material absorbente acústico.

10.1 Soluciones Muestra N° 1

En la muestra M1, originalmente los módulos contenían separadores laterales que no cubrían al operador. Para la mejora se proponen módulos laterales textiles desde el piso hasta 1,5 m de altura cubriendo al operador. Además, el cielo se cubrió con panel tipo knauf con perforaciones circulares rectilíneas 8/18 R y 200 mm de plenum (distancia entre cielo y losa).

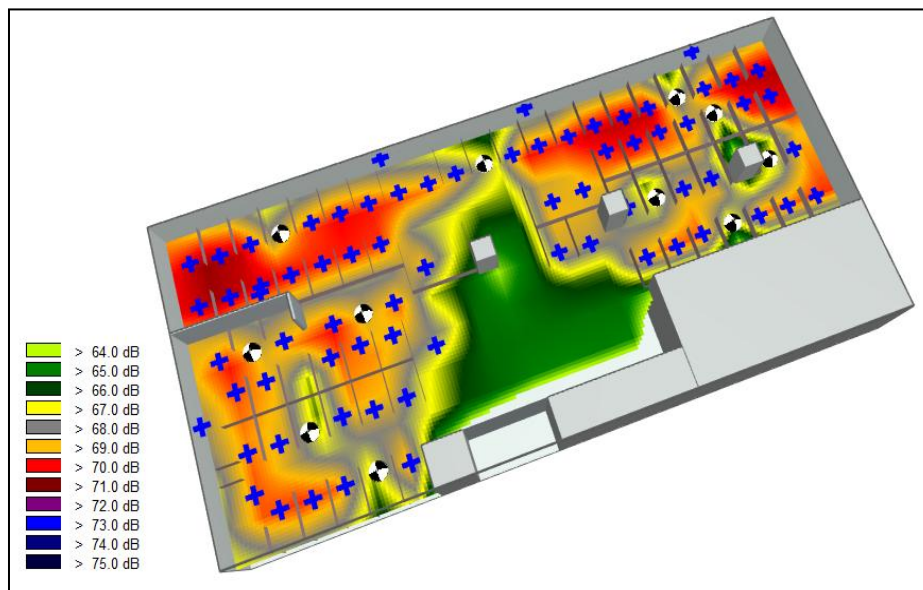


Figura N°28. Mapa acústico Isófono posterior a mejoras. Muestra N°1.

Los resultados obtenidos en los mismos puntos inmisión antes descritos, posterior a la mejora son los siguientes:

M1	Nivel de Presión Sonora (dB)								
	Frecuencia Central Banda de Octava (Hz)								
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	A
NCB-60	76	71	67	64	62	59	56	53	68
P1	53	63	67	69	63	57	51	48	69
P2	53	63	67	69	63	57	51	48	69
P3	53	63	67	69	63	57	51	48	69

Tabla N°14. Niveles de Presión Sonora en puntos de inmisión Muestra 1 posterior a soluciones.

10.2 Soluciones Muestra N° 2

En la muestra M2, originalmente los módulos contenían separadores laterales que no cubrían al operador. Para la mejora se consideraron módulos laterales textiles desde el piso hasta 1,5 m de altura y que cubran al operador. Además, el cielo se cubrió con panel tipo knauf con perforaciones circulares rectilíneas 8/18 R y 200 mm de plenum (distancia entre cielo y losa).

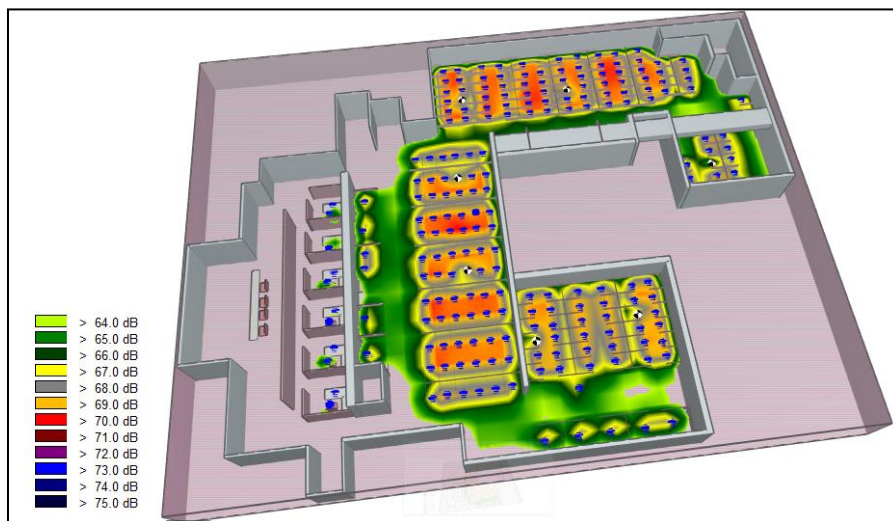


Figura N°29. Mapa acústico Isófono posterior a mejoras. Muestra N° 2.

Los resultados obtenidos en la posterior a la mejora en los mismos puntos inmisión antes descritos son los siguientes:

M2	Nivel de Presión Sonora (dB)								
	Frecuencia Central Banda de Octava (Hz)								
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	A
NCB 60	76	71	67	64	62	59	56	53	68
P1	52	63	67	69	63	57	50	46	68
P2	53	63	67	69	63	56	50	46	68
P3	52	63	67	69	63	56	50	46	68

Tabla N°15 Niveles de Presión Sonora en puntos de inmisión Muestra N° 2 posterior a soluciones

10.3 Soluciones Muestra N° 3

En la muestra M3, originalmente los módulos contenían separadores laterales que cubrían al operador con una altura insuficiente. Para la mejora se consideraron módulos laterales textiles desde el piso hasta 1,5 m de altura y que cubran completamente la cabeza del operador.

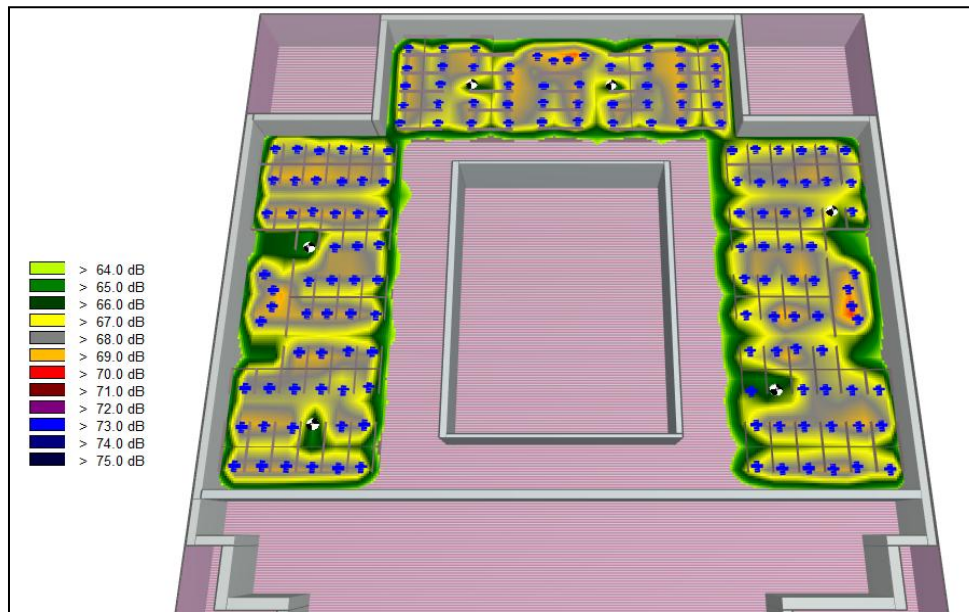


Figura N°30. Mapa acústico Isófono posterior a mejoras. Muestra N° 3.

M3	Nivel de Presión Sonora (dB)								
	Frecuencia Central Banda de Octava (Hz)								
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	A
NCB 60	76	71	67	64	62	59	56	53	68
P1	50	62	65	67	60	55	49	43	67
P2	50	62	65	67	60	55	50	44	67
P3	50	62	66	68	61	56	50	46	68

Tabla N°16. Niveles de Presión Sonora en puntos de inmisión Muestra N° 3 posterior a soluciones

10.4 Soluciones Muestra N° 4

En la muestra M4, originalmente los módulos contenían separadores laterales parciales y cubrían solo en la parte superior del escritorio sin cubrir la cabeza del operador. Para la mejora se consideraron módulos laterales textiles desde el piso hasta 1,5 m de altura y que cubran lateralmente la cabeza del operador. Además se contemple la instalación de cielo tipo knauf con perforaciones circulares rectilneas 8/18 R y 200 mm de plenum (distancia entre cielo y losa).

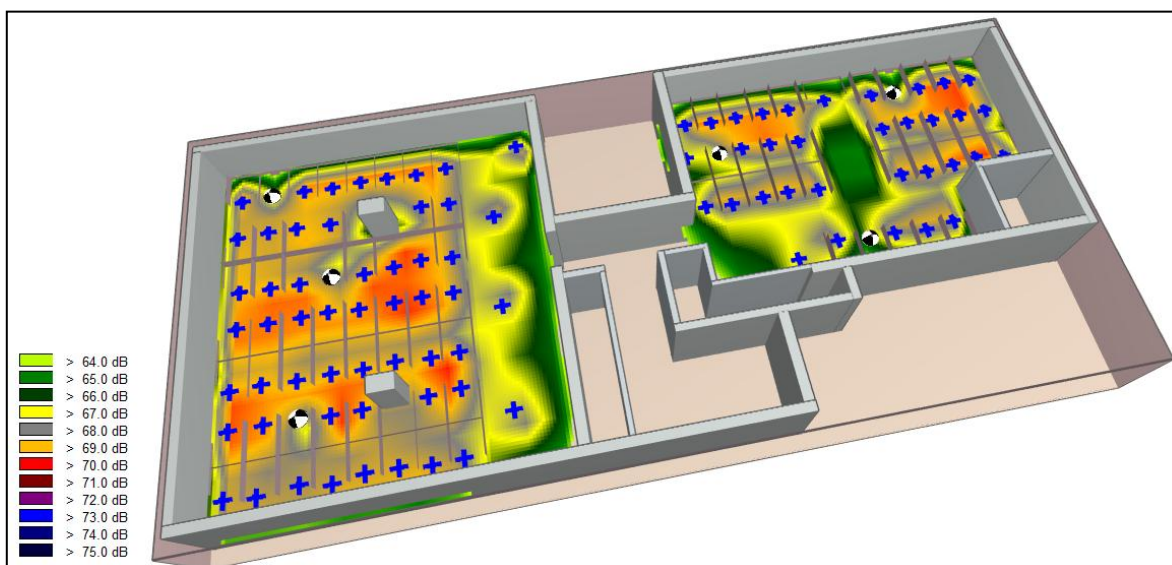


Figura N°31. Mapa acústico Isófono posterior a mejoras. Muestra N° 4.

M4	Nivel de Presión Sonora (dB)								
	Frecuencia Central Banda de Octava (Hz)								
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	A
NCB 60	76	71	67	64	62	59	56	53	68
P1	52	63	67	68	62	56	50	47	68
P2	52	64	67	68	62	56	50	47	68
P3	51	64	66	68	62	56	49.8	45	68

Tabla N°17 Niveles de Presión Sonora en puntos de inmisión Muestra N° 4 posterior a soluciones

10.5 Soluciones Muestra N° 5

En la muestra M5, Los cubículos originales tienen la parte superior de vidrio. Este modelo considera todo el módulo cubierto de material texti y de 1,5 m de altural. Además en el sector de donde los cubículos están más juntos, los módulos se extendieron para cubrir al operador. Finalmente se contempla la instalación de cielo tipo knauf con perforaciones circulares rectilíneas 8/18 R y 200 mm de plenum (distancia entre cielo y losa).

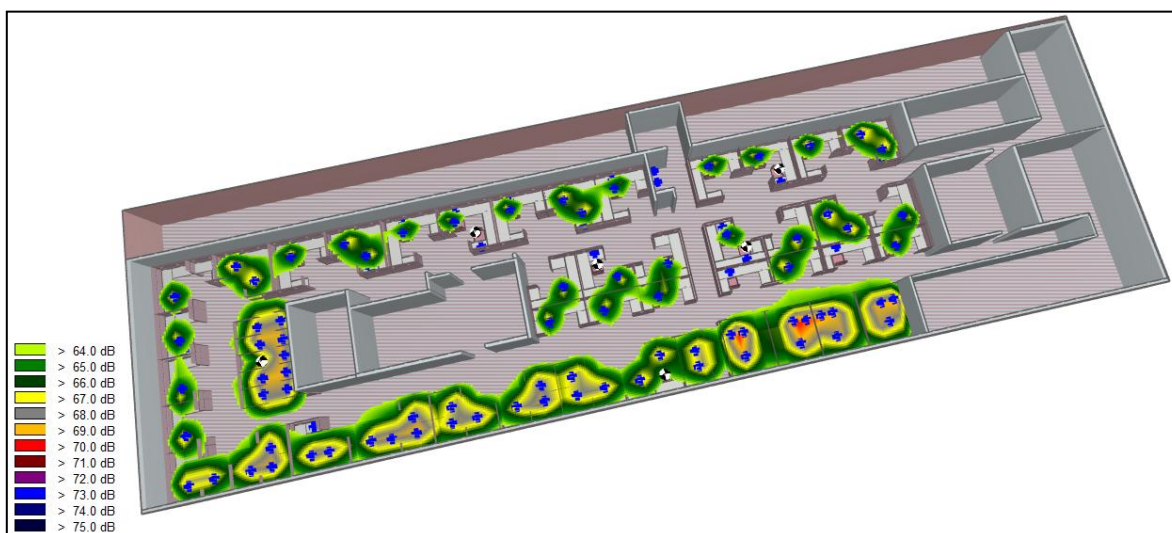


Figura N°32. Mapa acústico Isófono posterior a mejoras. Muestra N° 5.

M5	Nivel de Presión Sonora (dB)								
	Frecuencia Central Banda de Octava (Hz)								
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	A
NCB 60	76	71	67	64	62	59	56	53	68
P1	49	62	65	67	61	55	49	44	67
P2	46	58	61	63	57	51	44	39	63
P3	47	59	63	64	59	53	47	43	64

Tabla N°18 Niveles de Presión Sonora en puntos de inmición Muestra N° 5 posterior a soluciones

10.6 Soluciones Muestra N° 6

En la muestra M6, se cambió la absorción de los módulos a tipo textil y se subió la altura de los separadores laterales y frontales a 1,5 m. Ante la imposibilidad de alargar los módulos por poco espacio. Si el punto de inmisión se ingresa hacia el interior del módulo se obtienen mejoras significativas.

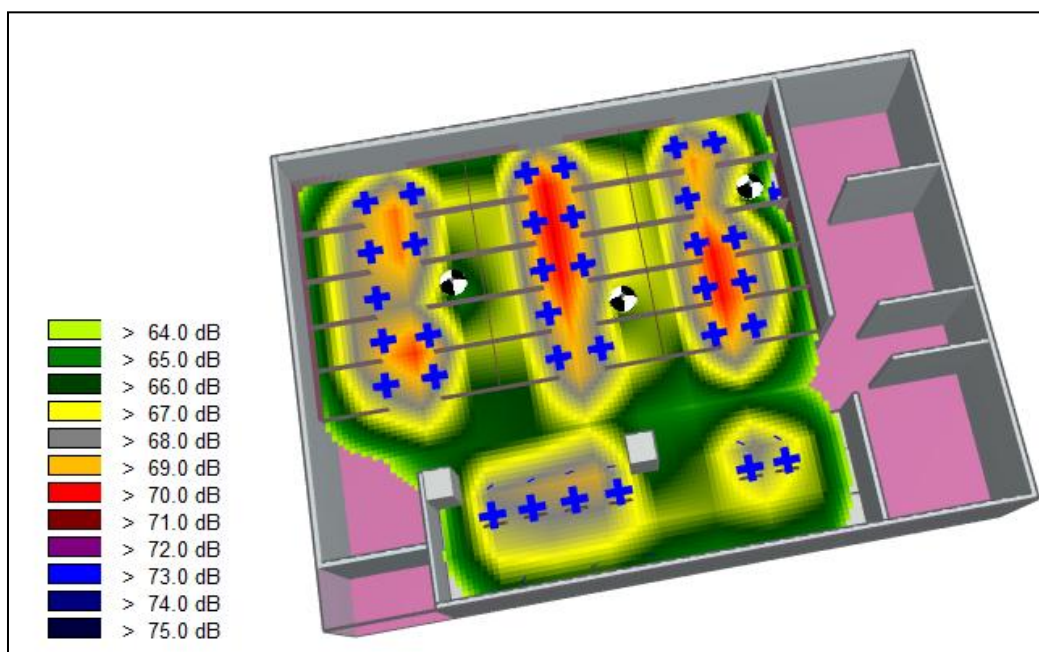


Figura N°33. Mapa acústico Isófono posterior a mejoras. Muestra N° 6.

M6	Nivel de Presión Sonora (dB)								
	Frecuencia Central Banda de Octava (Hz)								
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	A
NCB	76	71	67	64	62	59	56	53	68
P1	52	60	64	66	60	54	49	45	66
P2	52	60	65	67	60	54	49	45	67
P3	52	60	64	67	60	54	49	45	66

Tabla N°19 Niveles de Presión Sonora en puntos de inmisión Muestra N° 6 posterior a soluciones

10.7 Soluciones Muestra N° 7

En la muestra M7, originalmente los módulos contenían separadores laterales parciales sin ningún tipo de recubrimiento acústico, además la distribución no es homogénea presentándose distintas superficies equivalentes, es decir, sectores con diferentes densidades de módulos por zona. Para la mejora se consideraron módulos laterales textiles desde el piso hasta 1,5 m de altura y que cubran lateralmente la cabeza del operador, lo anterior en los sectores donde pudiese implementarse; para los puntos 2 y 3 se contempló que el operador se ubicase hacia el interior del módulo lo más posible. Además, el cielo se cubrió con panel tipo knauf con perforaciones circulares rectilíneas 8/18 R y 200 mm de plenum (distancia entre cielo y losa).

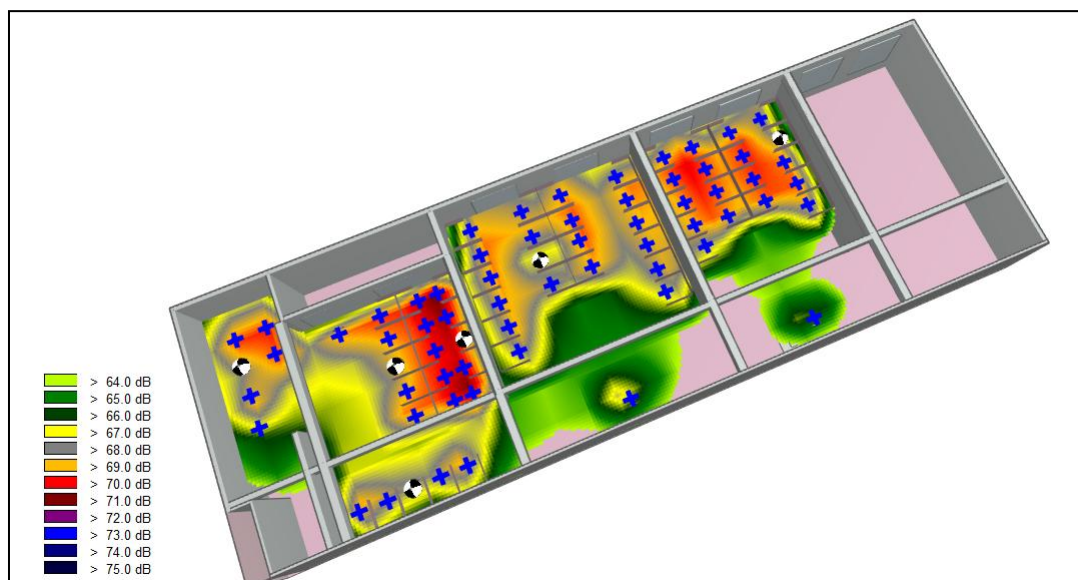


Figura N°34. Mapa acústico Isófono posterior a mejoras. Muestra N° 7.

M7	Nivel de Presión Sonora (dB)								
	Frecuencia Central Banda de Octava (Hz)								
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	A
NCB 60	76	71	67	64	62	59	56	53	68
P1	51	63	67	69	63	57	51	47	69
P2	51	64	68	70	64	57	51	47	69
P3	50	63	67	68	62	56	49	46	68

Tabla N°20 Niveles de Presión Sonora en puntos de inmisión Muestra N° 7 posterior a soluciones

10.8 Soluciones Muestra N° 8

En la muestra M8, solo se aumentó altura de separadores de módulos laterales y frontales a 1,5 m.

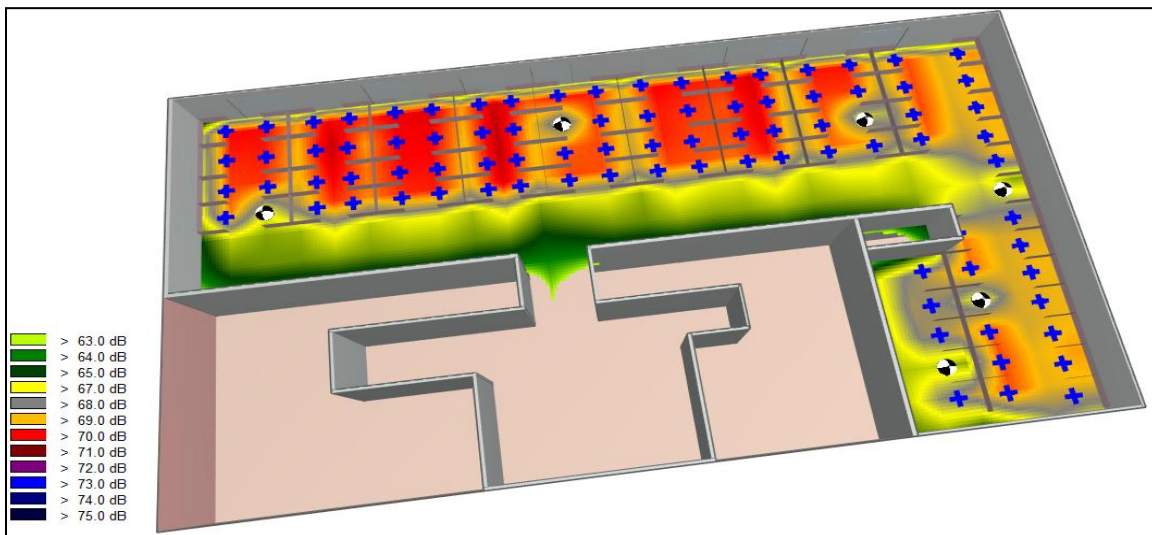


Figura N°35. Mapa acústico Isófono posterior a mejoras. Muestra N° 8.

M8	Nivel de Presión Sonora (dB)								
	Frecuencia Central Banda de Octava (Hz)								
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	A
NCB 60	76	71	67	64	62	59	56	53	68
P1	50	63	66	68	62	56	50	44.7	68
P2	50	63	66	68	62	56	50	45	68
P3	49	62	66	67	61	55	50	45	67

Tabla N°21. Niveles de Presión Sonora en puntos de inmisión Muestra N° 7 posterior a soluciones

10.9 Resumen Resultados de Mejoras

Al igual que la Tabla N° 13, la siguiente tabla N° 22 presenta, para cada muestra y para cada banda en donde se superó la referencia NCB60, el promedio aritmético en dB de dichos excesos respecto al valor establecido por la referencia.

Tabla N°22 Promedio aritmético en (dB) de excesos respecto a curva de referencia NCB-60.

Muestra	Frecuencia Central Banda de Octava (Hz)								A
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
M1	-----	-----	-----	5	1	-----	-----	-----	1
M2	-----	-----	-----	5	1	-----	-----	-----	-----
M3	-----	-----	-----	3	-----	-----	-----	-----	-----
M4	-----	-----	-----	4	-----	-----	-----	-----	-----
M5	-----	-----	-----	1	-----	-----	-----	-----	-----
M6	-----	-----	-----	3	-----	-----	-----	-----	-----
M7	-----	-----	-----	5	1	-----	-----	-----	1
M8	-----	-----	-----	4	-----	-----	-----	-----	-----

Todas las muestras evaluadas presentaron mejoras significativas respecto de su ruido de fondo, no obstante, ninguna de las muestras evaluadas satisface plenamente el criterio de evaluación establecido como referencia, NCB-60, siendo la muestra M5 la que logró el mejor comportamiento y las muestras M1 y M7 las que presentan la calidad acústica más desfavorable entre las muestras estudiadas.

La muestra M5 presenta el mejor comportamiento, dado que habiendo superado el valor de referencia en la banda de 500 Hz, este es de sólo 1 dB y, debido al punto de medición asociado a un sector donde se presenta una superficie baja superficie equivalente o una alta densidad de cubículos por superficie. La buena calidad acústica de esta muestra, obedece, principalmente, a su buena superficie equivalente, en suma con las mejoras realizadas respecto del aumento de su absorción sonora en cubículos y cielo.

Respecto a sus características acústicas- arquitectónicas, podemos inferir que estas muestras presentan los mayores valores de superficie equivalente y sus tiempos de reverberación promedio se encuentran entre los menores valores medidos (inferiores a 0,4 s) y los paneles separadores de sus cubículos presentan profundidades que cubren de mejor manera la cabeza del operador.

A pesar de las mejoras implementadas en las muestras M1, M2 y M7, estas presentan los mayores excesos en la banda de 500 Hz y en M1 y M7 se excede el valor global. Situación atribuible a que sus superficies equivalentes se encuentran bajo el promedio, resultando poco efectivo el acondicionamiento acústico propuesto mientras no se mejore esta condición.

Respecto a las bandas de octava en evaluación, podemos señalar que con las mejoras efectuadas, sólo en las bandas de 500 Hz y 1000 Hz, los valores de ruido de fondo superaron los establecidos por el criterio de referencia NCB 60, siendo, nuevamente la banda de 500 Hz, la única que para todas las muestras superó la referencia.

11. CONCLUSIONES

11.1 Mediante modelación computacional, se efectuó evaluación acústica a ocho call centers de la ciudad de Santiago, resultando todos ellos con una mala calidad acústica, dado que los respectivos niveles de ruido de fondo superaron el criterio de referencia, curva NCB-60.

11.2 En relación con los resultados obtenidos, se modelaron modificaciones de las características acústicas de cada una de las muestras en estudio, ya sea adicionando absorción sonora en cielo y superficies de cubículos, como aumentando las dimensiones de estos últimos. Los resultados de estas modificaciones indican mejoras sustanciales que, con excepción de la banda de 500 Hz, la que no pudo alcanzar niveles bajo la referencia, se reflejan en que los niveles globales en un 75% de las muestras y los niveles de las bandas de octava en un 63% de las muestras, disminuyeron sus valores hasta quedar bajo el criterio utilizado como referencia curva NCB-60.

12. RECOMENDACIONES

De los resultados obtenidos en la presente investigación, se desprenden las siguientes recomendaciones a considerar para el diseño o remodelación de un call center:

12.1 Acondicionar acústicamente el cielo del recinto, con un material que presente características de absorción sonora del orden de:

Coeficiente de Absorción Sonora					
Frecuencia Central Banda de Octava (Hz)					
125	250	500	1000	2000	4000
0.45	0.6	0.7	0.6	0.55	0.65

Tabla N°23 Coeficiente de Absorción Sonora recomendada para cielos.

Siempre que sea posible, la instalación de alfombras en pisos y el acondicionamiento acústico de muros o paredes, es sumamente útil desde el punto de vista acústico.

12.2 En el mismo sentido, revestir con superficie absorbente acústica los paneles que conforman los cubículos de los trabajadores. Una conformación adecuada es revestir los paneles con una capa de espuma de poliuretano (5mm) y paño de material textil por el exterior.

12.3 Las dimensiones de los paneles que conforman el cubículo, deberán ser tal que los paneles laterales alcancen la espalda del trabajador y que su altura, incluyendo el panel frontal, por lo menos alcance a cubrir la cabeza del trabajador, en éste sentido se sugiere una altura mínima de 1.5 m. Ver Figura N°36.

Una forma de alcanzar lo señalado respecto a la profundidad de los paneles laterales es diseñar escritorios que permitan acercar al operador al panel frontal como lo ejemplifica el escritorio de la Figura N°37.



Figura N°36 Ejemplo de módulos con adecuada cobertura lateral y frontal.



Figura N°36. Ejemplo de escritorio que permite acercar al operador al interior del cubículo .

13. BIBLIOGRAFIA DE REFERENCIA

- 1 A. Piretti, P. Nataletti, A. Pioroni, R. Sisto, F. Pedrielli. "Occupational noise exposure for call-center workers ". Inter –Noise 2007. Istanbul, Turkey.
- 2 J.A. Patel, Broughton K. "Assessment of the noise exposure of the call center operators". Ann Occup. Hyg., Vo 46, N° 8, 2002, 653-661.
- 3 ¿Qué es un Call Center? Javier Vásquez Aguilar. Julio 2003. www.gestiopolis.com.
- 4 Protocolo de Exposición Ocupacional a Ruido (PREXOR) del MINSAL, año 2013.
- 5 DECRETO SUPREMO N° 594/1999, Reglamento sobre Condiciones Sanitarias y Ambientales Básicas en los Lugares de Trabajo.
- 6 Torres R., "Estudio de la Calidad Acústica de Salas de Clases en Colegios de Valdivia, utilizando STI", Valdivia, Chile, 2008.
- 7 Meyer Sound. Factor that Affect Intelligibility in Sound Systems. <http://www.meyersound.de/support/papers/speech/section2.htm>.
- 8 Lacaste G. Desafío ambiental: Estudiar sin contaminación acústica. <http://www.edicionesespeciales.elmercurio.com/destacadas/detalle/index.asp?idnoticia=0121042005021X0060045>.
- 9 Manual CadnaR: Program for noise prediction in rooms, DataKustik GmbH (www.datakustik.de). 2013.
- 10 Deliyski DD, Shaw HS, Evans MK. 2004. Adverse Effects of Environmental Noise on Acoustic Voice Quality Measurements. J Voice. Mar. 19(1): 15-28.
- 11 Tocci GC, Cavanaugh Tocci Associates, Inc. 2000. Room Noise Criteria-The State of the Art in the Year 2000. <http://www.cavtocci.com/portfolio/publications/tocci.pdf>.
- 12 Beranek LL.1989. Application of NCB noise criterion curves. Noise Control. Eng J.33 (2):45- 56. Broner N.2005. AM Rating and Assessment of noise. <http://www.airah.org.au/downloads/2005-03-01.pdf>.

- 13 Wang J Sound Vib. 2005. Identification of the number and locations of acoustic sources. Journal of Sound and Vibration 284: 393-420.
- 14 ISO 3382-2. "Acoustics - Measurement of room acoustic parameters - Part 2: Reverberation time in ordinary rooms". 2008.