



FACULTAD DE CIENCIAS DEL TRABAJO Y COMPORTAMIENTO HUMANO

Trabajo de fin de carrera titulado:

“DESARROLLO TEÓRICO DE UNA METODOLOGÍA PARA LA DETERMINACIÓN DE LA PRESIÓN SONORA QUE RECIBE UN TELEOPERADOR DURANTE SU JORNADA DE TRABAJO”

Realizado por:

MARÍA CELESTE HERRERA ARROYO

Director del proyecto:

ING. PABLO DÁVILA MSC.

Como requisito para la obtención del título de:

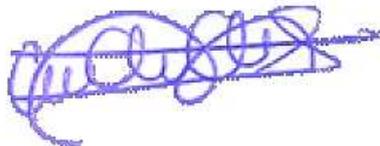
INGENIERA EN SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL

Quito, Julio 2020

DECLARACIÓN JURAMENTADA

Yo, MARÍA CELESTE HERRERA ARROYO, con cédula de identidad # 172638489-2, declaro bajo juramento que el trabajo aquí desarrollado es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que ha consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración, cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normativa institucional vigente.



María Celeste Herrera Arroyo
C.C.: 172638489-2

DECLARATORIA DEL DIRECTOR

DECLARATORIA

El presente trabajo de investigación titulado:

“DESARROLLO TEÓRICO DE UNA METODOLOGÍA PARA LA DETERMINACIÓN DE LA PRESIÓN SONORA QUE RECIBE UN TELEOPERADOR DURANTE SU JORNADA DE TRABAJO”

Realizado por:

MARÍA CELESTE HERRERA ARROYO

como Requisito para la Obtención del Título de:

INGENIERA EN SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL

Ha sido dirigido por el profesor:

PABLO DÁVILA

Quien considera que constituye un trabajo original de su autor



PABLO DAVILA
DIRECTOR

DECLARATORIA PROFESORES INFORMANTES

LOS PROFESORES INFORMANTES

Los Profesores Informantes:

OSWALDO JARA

AIMEE VILARET

Después de revisar el trabajo presentado,
lo han calificado como apto para su defensa oral ante
el tribunal examinador



Oswaldo Jara



Aimee Vilaret

Quito, 28 de julio de 2020

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo de investigación, a mi madre porque gracias a su amor, esfuerzo, sacrificio y apoyo he llegado a convertir en la persona que ahora soy. A mi hermano por siempre motivarme a ser una mejor persona y apoyarme a cumplir mis sueños. A mi Pau que con sus travesuras, sonrisas y ternura siempre pintaron mi vida de color. Y a toda mi familia por sus consejos, cariño e incalculable ayuda. Indudablemente sé que sin ustedes nada de esto hubiera sido posible.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por guiarme en mi camino y por permitirme concluir con mi objetivo. A la Universidad Internacional SEK por abrirme las puertas para crecer a nivel profesional y personal, a todos los profesores que me brindaron sus conocimientos y experiencias, en especial a Pablo Dávila y Oswaldo Jara por todo su apoyo, tiempo y guía en estos años de formación.

TABLA DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	vi
AGRADECIMIENTO.....	vii
INDICE DE TABLAS	ix
INDICE DE ILUSTRACIONES.....	x
RESUMEN.....	1
ABSTRACT	2
CAPITULO I.....	3
1.1. El Problema de investigación	3
1.1.1. Planteamiento del problema	3
1.1.2. Objetivo General	5
1.1.3. Objetivos Específicos.....	5
1.1.4. Justificación.....	6
1.2. Marco Teórico	7
CAPITULO II.	21
2.1. Nivel de estudio.....	21
2.2. Modalidad de investigación.....	21
2.3. Método.....	21
2.4. Selección de instrumentos de investigación	21
CAPITULO III.	30
3.1. Presentación y análisis.....	30
3.2. Aplicación practica	41
CAPITULO IV.....	53
4.1. Conclusiones.....	53
4.2. Recomendaciones	53
REFERENCIAS	55

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Espectro bandas de octava	10
Tabla 2. Frecuencias centrales de las bandas de tercio de octava	11
Tabla 3. Incertidumbre estándar de los instrumentos.....	13
Tabla 4. Niveles de ruido aproximado en equipos de oficina	18
Tabla 5. Datos mediciones en call centers	18
Tabla 6. Percepción de los trabajadores del nivel de ruido en su puesto. Comparación.....	19
Tabla 7. Visión general de las diferencias entre las técnicas MIRE y del maniquí	22
Tabla 8. Resultado mediciones con medio portátil de insonorización.....	43
Tabla 9. Resultado mediciones sin medio portátil de insonorización	46
Tabla 10. Análisis de la banda 500Hz.....	49
Tabla 11. Análisis de la banda 1000Hz.....	50
Tabla 12. Análisis de la banda 2000Hz.....	51
Tabla 13. Análisis de la banda 4000Hz.....	51
Tabla 14. Análisis de la banda 8000Hz.....	52
Tabla 15. Análisis de la Banda de 8000 Hz	52

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Sonómetro Cirrus	11
Ilustración 2. Dosímetro 3M	12
Ilustración 3. Formas de curvas y los modelos matemáticos que las representan	15
Ilustración 4. Micrófono miniatura en el canal auditivo abierto	23
Ilustración 5. Micrófono sonda con el tubo sonda en el canal auditivo abierto	24
Ilustración 6. Micrófono miniatura en el canal auditivo obstruido	24
Ilustración 7. Dosímetro	31
Ilustración 8. Dosímetro	32
Ilustración 9. Dosímetro y Sonómetro	32
Ilustración 10. Auriculares SONY	33
Ilustración 11. Bifurcador de audio	34
Ilustración 12. NCH Tone Generator	35
Ilustración 13. Emisión a 500Hz	36
Ilustración 14. Emisión a 1000Hz	36
Ilustración 15. Emisión a 2000Hz	37
Ilustración 16. Emisión a 4000Hz	37
Ilustración 17. Emisión a 8000 Hz	38
Ilustración 18. Medio portátil de insonorización	39
Ilustración 19. Medio portátil de insonorización	39
Ilustración 20. Medición con medio portátil de insonorización	42
Ilustración 21. Medio portátil de insonorización parte interna.	42
Ilustración 22. Con medio portátil de insonorización 500Hz.....	43
Ilustración 23. Con medio portátil de insonorización 1000Hz.....	44

Ilustración 24. Con medio portátil de insonorización 2000Hz.....	44
Ilustración 25. Con medio portátil de insonorización 4000Hz.....	44
Ilustración 26. Con medio portátil de insonorización 8000Hz.....	45
Ilustración 27. Resumen análisis de frecuencias	45
Ilustración 28. Medición directa sin medio portátil de insonorización	46
Ilustración 29. Sin medio portátil de insonorización 500Hz	47
Ilustración 30. Sin medio portátil de insonorización 1000Hz.....	47
Ilustración 31. Sin medio portátil de insonorización 2000Hz.....	48
Ilustración 32. Sin medio portátil de insonorización 4000Hz.....	48
Ilustración 33. Sin medio portátil de insonorización 8000Hz.....	48
Ilustración 34. Resumen análisis de frecuencias	49
Ilustración 35. Análisis de la Banda de 500 Hz	50
Ilustración 36. Análisis de la Banda de 1000 Hz	50
Ilustración 37. Análisis de la Banda de 2000 Hz	51
Ilustración 38. Análisis de la Banda de 4000 Hz	52

RESUMEN

Esta investigación presenta una propuesta teórica de una metodología confiable y económica para la medición directa en paralelo para la determinación de la presión sonora que recibe un teleoperador durante su jornada de trabajo, esta metodología se basa en la obtención de un modelo matemático mediante el uso del método de mínimos cuadrados, para la obtención de este modelo matemático lineal se utilizó herramientas tales como el dosímetro, auriculares, bifurcador de audio, software generador de tonos y el medio portátil de insonorización (caja de poliestireno expandido) este último elegido por sus características las que hacen que se aumente el grado de absorción en el interior, lo cual reduce la reverberación. Las mediciones fueron realizadas en paralelo en seis niveles de presión sonora y cinco frecuencias las cuales coinciden con las de una conversación, con un muestreo de quince minutos cada una, estas se realizaron fuera y dentro del medio portátil de insonorización bajo las mismas condiciones ambientales. Los datos de las mediciones guardan una tendencia de comportamiento fácilmente ajustable por lo cual se crea un modelo matemático lineal comprobado con el coeficiente de correlación de los datos de las mediciones tanto fuera como dentro del medio portátil de insonorización lo cual demuestra que el método es totalmente viable utilizando medios paralelos de medición de bajo costo.

ABSTRACT

This research presents a theoretical proposal for a reliable and economical methodology for direct parallel measurement for the measurement of the acoustic pressure that a teleoperator receives during his working day. This methodology is based on obtaining the mathematical model using the least squares method, tools such as the dosimeter, headphones, audio splitter, tone generator software and portable soundproofing medium (expanded polystyrene box) were used to obtain this mathematical model. linear. The latter chosen for its characteristics, which increases the degree of absorption inside, which reduces reverberation. Measurements were made in parallel at six sound pressure levels and five frequencies that coincide with those of a conversation, with a sample of fifteen minutes each, these were made outside and inside the portable soundproofing medium in the same environmental conditions. The measurement data has an easily adjustable behavioral trend, so a proven linear mathematical model is created with the correlation coefficient of the measurement data both outside and inside the portable soundproofing medium, demonstrating that the method is completely feasible using low-cost parallel methods.

CAPITULO I.

INTRODUCCIÓN

1.1. El Problema de investigación

1.1.1. Planteamiento del problema

El trabajo instituye una práctica social específica fundante de todo grupo social que hace uso de nuestras facultades tanto físicas como morales e intelectuales que conllevan a obtener un bien o servicio necesario para el bienestar propio o ajeno. Debido a las relaciones de trabajo entre el empleado y empleador a lo largo de la historia se ha descubierto la importancia de la seguridad y salud en el trabajo, la cual tiene por esencia la aplicación de medidas y el desarrollo de las actividades necesarias para la prevención de riesgos originarios de la actividad laboral realizada.

La evolución tecnológica viene impulsando cambios a nivel global tanto en la vida de las personas e incluso la forma de realización del trabajo. En 1970 se activaron las transacciones del mercado mediante el concepto del telemarketing, a partir de entonces los centros de llamadas “call centers” y las plazas laborales en el cargo de “Teleoperador” se han expandido hasta representar un sector económico global, en 2010 el sector alcanzó un valor de mercado de 340 millones de dólares en todo el mundo, incluidos 11,5 millones de operadores.

Los teleoperadores han sido considerados como una población trabajadora de bajo riesgo a traumas acústicos dado que los niveles de exposición a ruido típicamente son menores a los permisibles en base a mediciones realizadas en varios estudios.

El área en la que se realizan las actividades del call center coexisten varios puestos de trabajo dedicados a la misma tarea receptor y proveer información a través del teléfono en muchos casos con el uso de auriculares manos libres o conocidas también como diademas, esta actividad puede desarrollarse en un espacio aislado pero lo más recurrente es que se la realice en un mismo espacio. “El auge de los call center ha originado que adquieran una gran importancia en el mercado actual, por ello es también importante mantener la salud de sus colaboradores” (Jimenez, 2012), en varios casos esta puede ser percibida como una actividad de bajo riesgo siendo esta una percepción errónea.

El ruido es considerado un agente contaminante, “todo sonido no deseado y molesto” (OIT, 1994), es uno de los factores de riesgo más significativos de los call centers y se generan en dos fuentes ambiental y de los auriculares o diademas, mismos que por la exposición puede afectar a varios sistemas del cuerpo humano y especialmente a las estructuras sensibles de los oídos y provocar la pérdida de audición. Los trabajadores del call center se encuentran expuestos al ruido constante de los auriculares o la diadema aproximadamente 8 horas diarias, 5 días a la semana. Debido a dicha exposición al ruido de los teleoperadores se requiere evaluar la audición de los mismos con el fin de prevenir o diagnosticar problemas causados. El trauma acústico es la lesión crónica aguda del oído en el cual la capacidad auditiva se pierde por la exposición al ruido puede ser generada en un oído o en ambos, esto se origina gradualmente por la exposición a niveles de ruido a más de 85dB que son perjudiciales en el ambiente laboral, este trauma es irreversible por ello la importancia de identificar el riesgo a tiempo y la aplicación de métodos de prevención necesarios.

Teniendo en cuenta lo antes expuesto, en Ecuador se han realizado varios análisis en base a la norma ISO 11904-2 sobre la dosis de ruido recibida por un teleoperador, pero la información existente no es suficiente y es los datos obtenidos son variables por lo que se propone

realizar este proyecto que busca generar una propuesta teórica para la determinación de la presión sonora que recibe un teleoperador través del método de dosimetrías obteniendo un modelo matemático.

1.1.2. Objetivo General

Desarrollar una propuesta metodológica para la determinación de la presión sonora que recibe un teleoperador durante sus labores con un ajuste matemático, a través de la bifurcación de la señal y la aplicación del método de dosimetría.

1.1.3. Objetivos Específicos

- Determinar las herramientas necesarias para el estudio del nivel de la exposición al ruido en teleoperadores a través de la formulación de un proceso de investigación para la estructuración de un modelo operativo que permita medir la presión sonora recibida por un teleoperador en su jornada de trabajo.
- Definir los materiales y sus características, mediante el estudio de las diferentes opciones que se encuentran en nuestro medio, mercado y que se requieren para para la construcción del sistema aislante de ruido para realizar la toma de medidas de la presión sonora.
- Determinar la metodología a seguir para la construcción del modelo matemático, mediante el análisis de las limitaciones y bondades de los diferentes procesos de ajuste y su comportamiento frente a las diferentes frecuencias del sonido y los niveles de energía, para la determinación de la presión sonora que recibe un teleoperador en una jornada laboral.

1.1.4. Justificación

El auge de los call centers expone a riesgo por ruido cada vez a más trabajadores, la frecuencia de uso de los audífonos incide en la probabilidad de presentar disminución auditiva. “El uso de auriculares en el trabajo puede ser perjudicial y pone en peligro a un cuarto de la población del Reino Unido en cuanto a pérdida de audición inducida por ruido, indica un estudio.” (Hear-it Org, 2015). Diariamente, cientos de miles de trabajadores de call centers utilizan auriculares como parte de su trabajo cotidiano.

“Una de las principales causas de demandas auditivas en un call center es por golpes acústicos, que ocurren cuando repentinamente una inesperada explosión de ruido de alta frecuencia se transmite a través de los auriculares del operador.” (Brüel & Articles,2019)

En un call center los teleoperadores realizan o reciben llamadas durante periodos de tiempo largos en los cuales se encuentran en una exposición repetitiva a ruido que debido a las condiciones de cada llamada puede generar un nivel de ruido superior a lo establecido como el límite máximo de exposición y sin sumarle el ruido de fondo ambiental dentro de las áreas de trabajo.

El decreto ejecutivo 2393 en el artículo 55 establece el número de horas a las que puede estar expuesto un trabajador a una determinada dosis de ruido laboral, sin embargo, la medición de los niveles de ruido en los call centers es inapropiada debido a la gran dificultad que existe para acceder a equipos de medición adecuados, se los realiza con sonómetros integradores los cuales nos aportan sólo datos de medición ambiental mas no un dato real de la exposición del teleoperador y por ende no se puede aportar medidas de prevención y recomendaciones reales para el control del riesgo que permitan minimizar los efectos que se producen en la salud auditiva de los trabajadores.

Cobra mayor relevancia ya que en plena crisis pandémica por el Sars-CoV-2 la tecnología se ha convertido un aliado clave en la mayoría de ocupaciones, así mismo el uso de auriculares ya que por sistemas de convergentes se generan reuniones sincrónicas y asincrónicas, por ello la presente investigación busca aportar un método teórico que sea confiable y económico para la medición directa del nivel de ruido que se encuentran expuestos los teleoperadores o trabajadores de ocupaciones en las cuales se utilice auriculares, mediante la formulación de un modelo matemático y la creación de un ambiente insonorizado controlado portátil con el método de dosimetría.

1.2. Marco Teórico

1.2.1. Call center

El call center es un centro de gestión de llamadas que utiliza el canal telefónico para realizar sus actividades, existen diversos tipos de call centers los cuales básicamente se clasifican por su funcionamiento que pueden ser: in-bound, out-bound y virtuales, en el caso de los dos primeros existe el puesto de trabajo de “teleoperadores” que son los que se encargan de la atención a las llamadas, con la utilización de auriculares unilaterales o bilaterales dependiendo el caso.

1.2.2. Sonido

“El sonido es un fenómeno vibratorio que a partir de una perturbación inicial del medio elástico donde se produce se propaga en ese medio, bajo la forma de una variación periódica de presión sobre la presión atmosférica y que puede ser percibido por el oído.” (INSST, 2017)

1.2.2.1. Características del sonido

a. Frecuencia

También se conoce como altura del sonido, es la afinación de un sonido, está determinada por la frecuencia de vibración de las ondas sonoras, su unidad de medida son los Hertz (Hz).

b. Intensidad

La intensidad de un sonido es equivalente al volumen, se clasifican como sonidos fuertes o débiles y es la potencia la que consigue una mayor o menor amplitud de la onda sonora su unidad de medida son los Decibelios (dB).

c. Duración

La duración es el tiempo durante el cual se mantiene un sonido, por ello se puede decir que se escucha sonidos largos o cortos. Se puede medir en segundos, aunque también se la relaciona con la longitud de onda (λ).

1.2.3. Presión sonora

Básicamente esto comienza con una vibración en el aire, esta dependerá de la fuente ya que se crea una onda de presión que atraviesa el aire, extendiéndose en todas las direcciones a medida que avanza.

“La presión sonora es la presión que existe dentro de la onda en relación con la presión del aire circundante, es decir la fuerza que ejerce un sonido determinado sobre un área de superficie perpendicular a su dirección.” (35mm, 2019)

1.2.4. Ruido

“Se podría decir que el sonido es una vibración que el oído humano puede percibir, si esta percepción tiene connotaciones negativas, el sonido se convierte en ruido” (INSST, 2017).

El ruido es el conjunto de sonidos no deseados que provocan una sensación de molestia y afecta negativamente la salud y el bienestar de los seres humanos, es considerado el agente físico más común en los lugares de trabajo y tiene efectos auditivos sobre el receptor del sonido que pueden ser de tipo fisiológico y comportamental. Su intensidad o volumen es medido en decibelios (dB).

1.2.4.1. Tipos de ruido

La NTP 270 (Evaluación de la exposición al ruido. Determinación de niveles representativos), clasifica al ruido por sus fuentes generadoras:

a. Ruido estable

“Aquél cuyo nivel de presión acústica ponderada A (LpA) permanece esencialmente constante. Se considerará que se cumple tal condición cuando la diferencia entre los valores máximo y mínimo de LpA sea inferior a 5 dB.” (NTP270, 1989)

b. Ruido periódico

“Aquél cuya diferencia entre los valores máximo y mínimo de LpA es superior o igual a 5 dB y cuya cadencia es cíclica.” (NTP270, 1989)

c. Ruido aleatorio

“Aquél cuya diferencia entre los valores máximo y mínimo de LpA es superior o igual a 5 dB, variando LpA aleatoriamente a lo largo del tiempo.” (NTP270, 1989)

d. Ruido de impacto

“Aquél cuyo nivel de presión acústica decrece exponencialmente con el tiempo y tiene una duración inferior a un segundo.” (NTP270, 1989)

1.2.5. Bandas de octava

Dada la amplia banda o gama de frecuencias audibles, para realizar estudios de ruido no es posible analizarlas una a una, por lo que ha sido dividida dicha banda en 10 bandas más pequeñas, son un grupo de frecuencias comprendidas entre f_1 y f_2 , siendo $f_2 = 2 \times f_1$. Las frecuencias estándar que se utilizan para las bandas de octava son las que se encuentran en la siguiente tabla:

Tabla 1. Espectro bandas de octava

Frecuencia Hz									
31	64	125	250	500	1k	2k	4k	8k	16k

Fuente: (Anguera, 2013)

La gama de frecuencia auditiva generalmente se separa en bandas de octava por conveniencia, en donde cada banda específica se representa por su frecuencia de centro, cada banda tiene una anchura de alrededor del 70% de su frecuencia central este tipo de espectro se lo conoce como banda a porcentaje constante ya que las bandas de análisis se hacen más anchas en proporción a sus frecuencias centrales.

1.2.5.1. Bandas de tercios de octava

Para medidas de mayor precisión, cada banda de octava se divide en tres bandas de tercios de octava esta corresponde a la tercera parte de una octava y por tanto tres bandas adyacentes de tercio de octava corresponden a una banda de octava.

Las bandas de tercio de octava se utilizan habitualmente en audio porque se asemejan a la forma de percepción del mecanismo auditivo humano. Las 30 frecuencias centrales de las bandas de tercio de octava para audio están normalizadas a números redondeados como en la siguiente tabla:

Tabla 2. Frecuencias centrales de las bandas de tercio de octava

Frecuencia Hz									
20	25	31.5	40	50	63	80	100	125	160
200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600
2000	2500	3150	4000	5000	6000	8000	10000	12500	16000

Fuente: (Gonzales, 2013)

1.2.6. Instrumentos de medición de ruido

1.2.6.1. Sonómetro integrador

Un sonómetro se puede definir como un dispositivo diseñado para medir el nivel de presión sonora, el cual está constituido de tres secciones principales: micrófono, amplificador e indicador del nivel de potencia. “Los sonómetros integradores son aquellos instrumentos que miden la energía sonora durante un periodo de tiempo, para obtener el promedio de la exposición sonora del tiempo de medición y el Leq o nivel continuo equivalente”. (Anguera, 2013)

Ilustración 1. Sonómetro Cirrus



Fuente: Autor

1.2.6.2. Dosímetro

Los dosímetros de ruido son medidores individuales de exposición a la energía sonora, miden la exposición de un día laboral completo, en distintos lugares de trabajo ya que estos se pueden colocar en el trabajador por ejemplo en el cinturón o los hombros ya que son equipos son ligeros y discretos ara no causar incomodidad al trabajador que lo porta.

Ilustración 2. Dosímetro 3M



Fuente: Autor

1.2.7. Incertidumbre de la medición

“La incertidumbre de medida se define como el parámetro asociado al resultado de una medición que caracteriza la dispersión de los valores que podrían ser razonablemente atribuidos al mensurando (siendo el mensurando la magnitud particular objeto de la medición), Este concepto no debe ser confundido con el error ya que son diferentes.” (NTP950, 2012)

En la realización de una medición de ruido existen numerosas fuentes potenciales de incertidumbre como nos explica la norma NTP 950 Estrategias de medición y valoración de la exposición a ruido (I): incertidumbre de la medición, que pueden ser tanto por errores como a

alteraciones naturales de las condiciones de trabajo, entre las posibles fuentes de incertidumbre se encuentran:

- La instrumentación utilizada y su respectiva calibración.
- La posición del micrófono al momento de la medición.
- Las variaciones en el trabajo diario, en las condiciones operativas, etc.
- El tipo de muestreo llevado a cabo, como tal.
- El viento, corrientes de aire o impactos en el micrófono.
- Un análisis inicial de las condiciones de trabajo deficiente.
- Las contribuciones de fuentes de ruido atípicas tales como conversaciones, música, señales de alarma o comportamientos anormales. (NTP950, 2012)

“Para su evaluación, son tratadas matemáticamente de forma independiente. Cada componente de incertidumbre se expresa como una desviación estándar y se denomina incertidumbre estándar, u_i ” (NTP950, 2012).

Las incertidumbres a aplicar debida a los instrumentos de medida empleados se dan según la norma UNE EN ISO 9612:2009 se recogen en la tabla 2.

Tabla 3. Incertidumbre estándar de los instrumentos

Tipo de instrumento	U_2
Sonómetro Clase 1	0,7 dB
Dosímetro personal	1,5 dB
Sonómetro Clase 2	1,5 dB

Fuente: (NTP950, 2012)

Mientras que la Norma UNE EN ISO 9612:2009, basándose en datos empíricos, considera que la incertidumbre estándar debida a la posición del micrófono es de 1.0 dB.

1.2.8. Auriculares

“Los auriculares son un dispositivo electrónico, cuya misión es amplificar y modificar las señales sonoras para permitir una mejor audición y comunicación, colocándolos muy cerca del conducto auditivo” (Mieres, 2017)

1.2.8.1. Tipos de auriculares

a. Auriculares unilaterales

Son transductores que reciben una señal eléctrica y modifican las señales sonoras para amplificar el sonido en un solo auricular que puede ser ubicado en el oído derecho o izquierdo del usuario.

b. Auriculares bilaterales

Son transductores que reciben una señal eléctrica y modifican las señales sonoras para amplificar el sonido en dos auriculares que se colocan tanto en oído izquierdo como derecho del usuario.

1.2.9. Bifurcador de audio

Es un terminal electrónico de interconexión empleado en tomas de sonido para obtener la separación de varios canales de audio idénticos de una sola fuente.

1.2.10. Software generador de audio

“Es un programa que es usado como un generador de onda sinusoidal, generador de frecuencia de sonido o generador de señal que puede crear tonos de prueba de audio, formas de ondas de ruido o barridos.” (NHC, 2016)

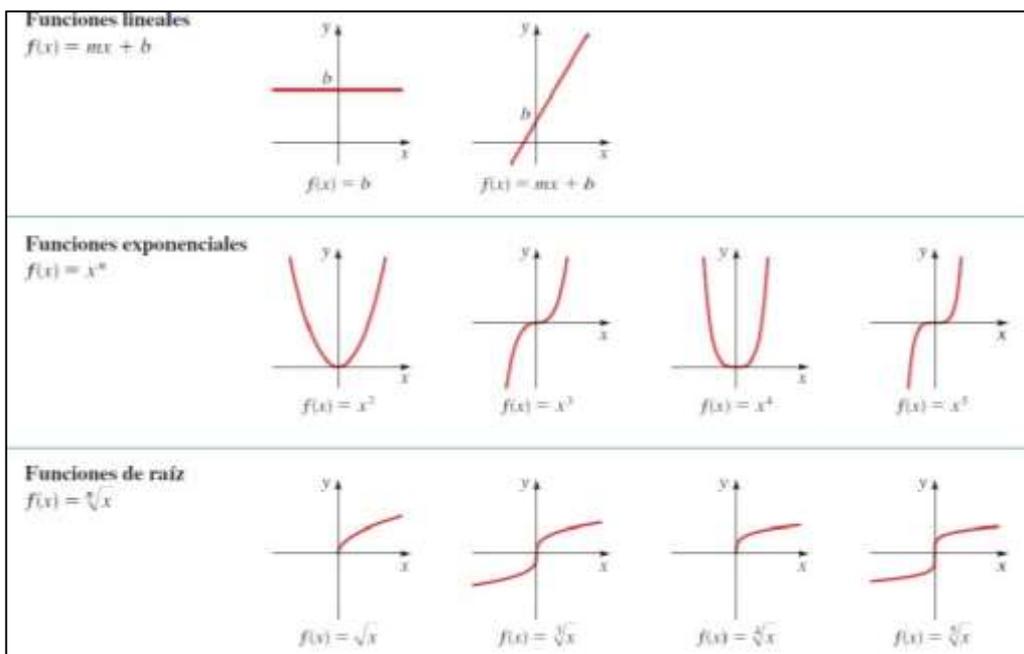
1.2.11. Métodos mínimos cuadrados

Es un procedimiento de análisis numérico en el que dado un conjunto de datos (pares ordenados, ternas y familia de funciones), se busca determinar la función (modelo matemático) que mejor se aproxime a los datos, entre varios los modelos matemáticos pueden ser:

- Funciones lineales (la forma más simple de cálculo)
- Funciones polinómicas (diferentes grados)
- Funciones logarítmicas
- Funciones exponenciales
- Funciones de múltiples variables (se definen aplicando cálculo diferencial y matricial)

El modelo matemático a ser aplicado se escoge en función de los modelos que gobiernan el fenómeno que se analice y la forma que se observa al graficar los datos que se determinan en el proceso experimental.

Ilustración 3. Formas de curvas y los modelos matemáticos que las representan



Fuente: <https://sites.google.com/site/precalculoportafolio1/funciones>

Este método se utiliza comúnmente para analizar una serie de datos que se obtengan de algún estudio experimental, esto con el fin de expresar su comportamiento de manera matemática y así minimizar los errores de valores a estimar en función de la data tomada. (UNNE, 2008). Para la aplicación de este método se recomienda tener al menos diez mediciones bajo las mismas circunstancias experimentales, tales resultados deben estar descritos por una distribución de probabilidad conocida como distribución normal o gaussiana.

1.2.12. Daño auditivo

El ruido puede ser dañino dependiendo del tiempo de exposición al mismo, pueden dañar las estructuras delicadas del oído interno, causando pérdida de audición inducida por el ruido (noise-induced hearing loss, NIHL), que puede ser inmediata o tomar mucho tiempo hasta que uno la note, ser temporal o permanente y puede afectar uno o ambos oídos.

1.2.12.1. Clasificación del daño auditivo

En el grupo de los defectos auditivos, inducidos por daño auditivo por ruido, (LaDou, 2006) refieren las siguientes condiciones:

- Pérdida auditiva ocupacional inducida por ruido (PAIR).
- Trauma Acústico.
- Daño auditivo por “onda expansiva”.
- Accidente acústico.
- Lesión craneal.

1.2.13. Estado actual del conocimiento sobre el tema

“Son escasos los artículos científicos recientes que evalúan específicamente el ruido y/o sus efectos en la audición de los trabajadores de centrales de llamadas” (Flores Muñoz, Manchado López, & Ranchal Sánchez, Scielo).

“Durante años se pensó que el trabajo de teleoperador era una profesión de bajo riesgo. Sin embargo, cada vez hay más trabajadores en call centers que presentan demandas por enfermedades profesionales. La pérdida auditiva inducida por el ruido ocupa el segundo puesto en la lista de enfermedades profesionales más comunes en España.” (Maeda, 2018).

“El límite de exposición (REL, por sus siglas en inglés) recomendado por NIOSH para la exposición al ruido ocupacional es de 85 decibeles, con ponderación A, como un promedio ponderado de tiempo para 8 horas 85 dBA como un TWA para 8 horas” (Kardous, 2011) estas coinciden con la normativa nacional aplicable.

“A nivel laboral aquellas personas que usan diademas o audífonos para atender llamadas son de las labores con más casos de sordera ya que por lo general el área donde atienden las llamadas están presentes otros ruidos que no les permiten escuchar bien haciendo que estos trabajadores deban subir el volumen de sus dispositivos, por otra parte, el tiempo de exposición a estos puede llegar a ser superior a 8 horas diarias perjudicando aún más sus capacidades auditivas” (SafeMode, 2018)

“Un estudio del Instituto francés de Investigación y Seguridad (INRS) muestra que muchos de los auriculares que se utilizan en los call center generan un nivel de ruido por encima de los 85 decibelios. Además, los trabajadores suelen elevar el volumen de los auriculares para escuchar mejor a los clientes.” (AudioCentro, 2019).

El ruido ambiental también constituye un factor importante dentro de los call centers ya que en una sola área de trabajo laboran varias personas por lo que los ruidos más habituales son los timbres de los teléfonos, conversaciones e impresoras, la siguiente tabla muestra los niveles de ruido aproximados dentro de las oficinas:

Tabla 4. Niveles de ruido aproximado en equipos de oficina

Máquina	Nivel de ruido
Impresoras láser	30-50 dB(A)
Ventiladores de los PC	30-50 dB(A)
Fotocopiadora	55-70 dB(A)

Fuente: (Mutual, 2008)

En base a estudios realizados por el Dr. Maeda de la Universidad de Kinki en Japón y por el Comité Ejecutivo de Seguridad y Salud del Reino Unido se ha podido obtener datos sobre la exposición de alrededor de 3000 teleoperadores, 8 horas diarias como nos describe la siguiente tabla:

Tabla 5. Datos mediciones en call centers

Intervalo de frecuencia	300 Hz y 4 kHz
Presión sonora norma ISO 11904-2:2005	61,7 dB (A) y 77,6 dB (A)
Presión sonora ambiental	58 dB (A)

Fuente: (Kinki, 2019)

1.2.14. Adopción de una perspectiva teórica

Los callcenters son una industria de rápido crecimiento y dispersión que por ende la fuerza laboral explícita a dicha actividad laboral ésta creciendo de manera directamente proporcional., a pesar de seguir constante mente en expansión y demanda por el sector industrial continúa siendo un sector económico insuficientemente estudiado

Según las sucesivas ediciones de la Encuesta Nacional de Condiciones de Trabajo de España, la mayoría de los trabajadores españoles del área de servicios opinan que el nivel de ruido en supuesto es muy bajo o no muy elevado como nos muestra la siguiente tabla:

Tabla 6. Percepción de los trabajadores del nivel de ruido en su puesto. Comparación.

Nivel de ruido	1999	2003	2007
Muy bajo, casi no hay ruido	63,0	60,1	61,9
No muy elevado, pero es molesto	26,2	29,6	26,6
Existe ruido de nivel elevado, que no permite seguir una conversación con otro compañero que esté a 3 metros	7,4	7,5	8,4
Existe ruido de nivel muy elevado, que no permite oír a un compañero que esté a 3 metros aunque levante la voz	2,9	1,8	2,1
N.C.	0,5	1,0	0,9

Fuente (ENCT, 2007)

“La exposición a ruido de los teleoperadores específicamente por el uso ocupacional de los audífonos, en los Call Center es la causante del daño auditivo. Los resultados de su estudio mostraron que los audífonos fueron la mayor fuente de ruido apreciable y que ésta provino de las conversaciones. Se realizó 150 mediciones de los niveles ponderados -niveles “corregidos”- de ruido” (Patel, 2002)

En varios estudios se menciona que los audífonos de los teleoperadores tienen una máxima presión de sonido saliente que se limita a 118 dB(A). Del mismo modo se señala que la respuesta natural ante ruidos altos es retirarse de inmediato los auriculares lo que limita la duración de la exposición, aunque sea por pocos segundos.

“El teleoperador, puede estar sorprendido o aturdido por el sonido penetrante, pero la exposición a estos eventos acústicos no es suficiente para causar pérdida auditiva, como ocurre en la exposición ocupacional industrial convencional lo cual resulta, hasta cierto grado, controversial.” (Lawton, 2003)

1.2.15. Identificación y caracterización de variables

Variables independientes	Variables dependientes
Características del sistema de comunicación -Para valorar 1 oído -Para valorar 2 oídos -Calidad de los equipos para transmitir sonido -Calidad de los equipos de medición	-Precisión del cálculo de la presión sonora -Facilidad de aplicación del método -Transportabilidad del equipo para realizar la toma de medidas
Variables intervinientes	
-Nivel de presión sonora que emplea el teleoperador para realizar su trabajo -Horario de trabajo -Tipo de auricular de uso (Unilateral o bilateral) -Ruido ambiental del lugar de trabajo	

CAPITULO II.

MÉTODO

2.1. Nivel de estudio

Es un estudio de tipo descriptivo-exploratorio puesto que se pretende buscar y desarrollar un proceso que permita establecer una metodología teórica con un ajuste matemático para la medición de la presión sonora que recibe un teleoperador en su jornada de trabajo a través de la bifurcación de la señal y el método de dosimetría.

2.2. Modalidad de investigación

La investigación tiene la modalidad de proyecto de desarrollo puesto que se basa en la necesidad de buscar un método efectivo y económico para la medición de la presión sonora que recibe un teleoperadores en su jornada de trabajo de forma teórica, con una viabilidad a ser aplicado.

2.3. Método

Se trata de un estudio inductivo- deductivo ya que se parte de lo particular a lo general para tratar de obtener una metodología óptima para la determinación de la presión sonora que recibe un teleoperador durante su jornada de trabajo a través de la bifurcación de la señal y el método de dosimetría.

2.4. Selección de instrumentos de investigación

2.4.1. Normas ISO 11904

Varias normas presentan procedimientos para la medición de la exposición sonora, están diseñadas para mediciones con la fuente de ruido alejada del oído del operario. Sin embargo, existen casos en los que la fuente esta sobre o incluso dentro del oído, como es el caso con los

auriculares. En estas circunstancias la medición se debe realizar usando equipos y técnicas diferentes.

Las normas ISO 11904-1 y 11904-2 incluyen procedimientos para este tipo de mediciones, la ISO 11904-1 utiliza la técnica conocida como MIRE (Microphone in the Real Ear), mientras que la ISO 11904-2 utiliza un maniquí equipado con un o dos oídos artificiales. Los resultados de las mediciones se convierten en niveles sonoros equivalentes en campo libre o difuso, mediante cálculo basados en el contenido armónico del ruido, en octavas o tercios de octava.

Tabla 7. Visión general de las diferencias entre las técnicas MIRE y del maniquí

Parámetro	ISO 11904-1	ISO 11904-2
Tipo de método	Técnica del micrófono en un oído real	Técnica del maniquí
Limitación del método	Con auriculares de tipo inserción y de tipo estetoscópico, los problemas prácticos pueden producirse con el posicionamiento de los micrófonos en el canal auditivo.	No siempre se puede obtener un acoplamiento adecuado si el pabellón auditivo artificial se desvía de los pabellones auditivos humanos en rigidez o forma. En algunos casos, la persona expuesta no puede ser sustituida por un maniquí, por ejemplo, si la persona tiene que funcionar equipo.
Factores principales que afectan a la precisión	<ul style="list-style-type: none"> – Número de sujetos Cuando se utilizan los valores tabulados para $\Delta L_{FF,H}$ o $\Delta L_{DF,H}$: – calibración del micrófono en el canal auditivo – precisión en el posicionamiento de los micrófonos en el canal auditivo Cuando se utilizan valores individuales para $\Delta L_{FF,H}$ o $\Delta L_{DF,H}$: 	<ul style="list-style-type: none"> – Similitud del maniquí con los sujetos humanos – Calibración del maniquí

	<ul style="list-style-type: none"> – calidad del campo sonoro de referencia – estabilidad de la sensibilidad y de la respuesta en frecuencia así como posición del micrófono en el canal <p>Auditivo</p>	
Rango de frecuencia	20 Hz a 16 kHz	20 Hz a 10 kHz

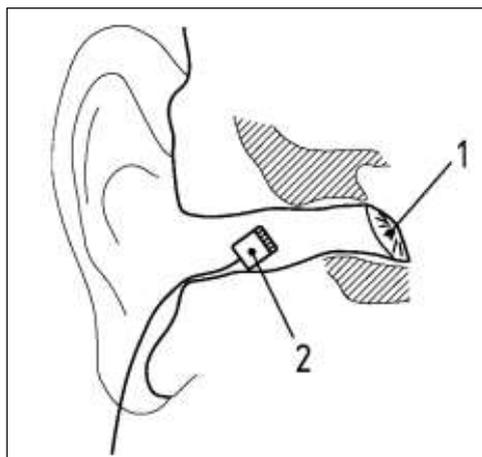
Fuente: (ISO11904-1, 2003)

2.4.1.1. ISO 11904-1

La norma ISO 11904-1 utiliza la técnica de insertar un micrófono en el canal auditivo externo técnica MIRE1. Para ello el micrófono se introducen en el canal en cualquier posición entre la entrada y el tímpano.

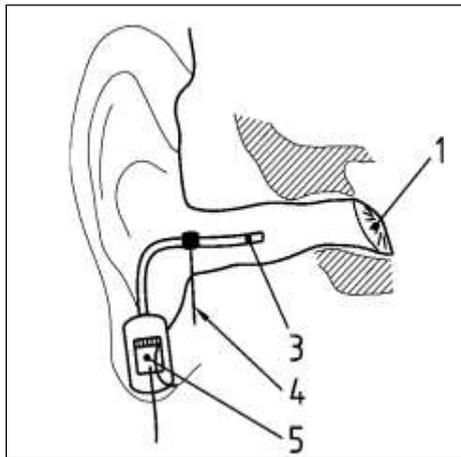
La medición se realiza en tercios de bandas de octavas. La norma provee funciones de transferencia para tres situaciones:

Ilustración 4. Micrófono miniatura en el canal auditivo abierto



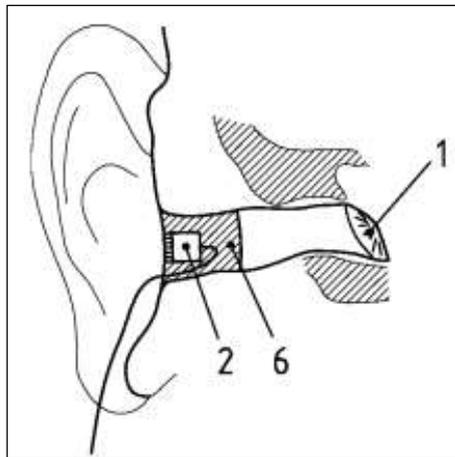
Fuente: (ISO11904-1, 2003)

Ilustración 5. Micrófono sonda con el tubo sonda en el canal auditivo abierto



Fuente: (ISO11904-1, 2003)

Ilustración 6. Micrófono miniatura en el canal auditivo obstruido



Fuente: (ISO11904-1, 2003)

Para cualquier otra configuración, la función debe ser obtenida experimentalmente. La norma provee además la estimación del error asociado a la medición, si bien este método es el más directo y por esta razón más exacto, su aplicación en un sitio de trabajo es muy poco común ya que el costo del equipo es alto.

2.4.1.2. ISO 11904-2

“Esta norma hace uso de un maniquí que reproduce los parámetros y el efecto acústico del oído humano, la cabeza y el torso. La construcción del maniquí y sus propiedades deben responder a la norma ITU-T P.58.8. El micrófono propiamente dicho está situado dentro de la cabeza. La

medición se realiza también en bandas de tercio de octava y luego se transforma en dBA equivalente al campo abierto” (FIA, 2008)

Para las mediciones tanto el maniquí y el operario deben estar equipados con auriculares idénticos y recibir la misma señal en paralelo.

a. ITU-T P.58.8 Simulador de cabeza y torso para telefonometría.

El HATS nos provee una difracción acústica similar a la encontrada alrededor de la cabeza y torso humano, generando un campo acústico similar al generado en la proximidad como también en el campo lejano.

Esta recomendación explica las características electroacústicas que debe tener un simulador de cabeza y torso HATS en el call center, especificando las emisiones sonoras como también de la captación de sonidos y la difracción acústica en el campo libre.

2.4.2. AS/NZS 1269.1

“La norma conjunta australiana/nueva zelandesa AS/NZS 1269.13 en su Apéndice C: “Recommended procedures for measurement of sound pressure levels from headphones or insert earphones” describe varios procedimientos e instrumental a utilizar para la medición de ruido con auriculares, el apéndice no es de uso obligatorio.

El primer procedimiento requiere el uso de dos auriculares idénticos, conectados en paralelo. El primero es usado por el individuo cuya exposición se desea medir, mientras que el segundo se aplica a un oído artificial tipo IEC 60318-1/29 o un maniquí tipo IEC 6095910.” (FIA, 2008)

“La corrección necesaria para igualar la medición a esta efectuada en campo libre es un número fijo de dBA, que varía entre -3 dBA para L_{Peak} medido con el simulador de oído ocluido hasta -8 dBA para L_{eq, T} en el caso del oído artificial de banda ancha. El Apéndice

contiene además varios métodos alternativos, uno tipo MIRE, otro usando el maniquí y, finalmente un método indirecto donde se mide la señal eléctrica que llega al auricular.” (FIA, 2008)

2.4.3. Evaluación de la dosis de ruido recibida por un teleoperador de call center, en una recuperadora de valores.

“En la investigación se utilizó un maniquí (torso y cabeza) que asemeje las medidas de un ser humano promedio, para poder realizar mediciones de exposición al ruido de los trabajadores de un call center en una recuperadora de valores. Según las investigaciones en Latinoamérica, en países como Chile, se puede evidenciar que solo existen mediciones de carácter ambiental por lo que los datos obtenidos no reflejan un valor real de lo que están expuestos.

Se realizó una medición de ruido desde la fuente hacia el doseBadge y se obtuvo una media de 82,61dB, con 2 orificios de 4mm se obtuvo una media de 68,07, con un orificio de 4mm tapado se obtuvo una media de 67,35dB y con 2 orificios de 6mm se obtuvo una media de 68,11dB.

Por lo tanto, se concluyó que a pesar de las varias pruebas realizadas se definió que el material del maniquí no es el adecuado, una de las normas en la que se basó este proyecto no describía que material utilizar y a su vez el espacio hueco dentro del maniquí hacía que este absorbiera el ruido. ” (López, 2019)

2.4.4. Evaluación de la dosis de ruido recibido por un teleoperador de call center de una agencia turística

“En la investigación se construyó un maniquí de simulador para poder realizar mediciones de exposición a ruido a los operadores de un call center. En el Ecuador las mediciones de ruido que se realizan son ambientales, por lo que esos datos no son válidos al momento de interpretar la exposición a ruido de los trabajadores del call center gracias a esto actualmente los empleadores consideran este trabajo como de bajo riesgo y no se preocupan por la salud de

los trabajadores. Se realizaron dosimetrías para verificar la funcionabilidad del simulador de cabeza.

Los resultados más relevantes de este proyecto fueron que el nivel de ruido producido por la fuente sonora directo al dosímetro daba como resultado (82.91dB) no se comparaban con las del simulador de maniquí (67.66dB). Como conclusión, se llegó a determinar que el material del maniquí no era el correcto ya que gracias a esto daba variaciones en las mediciones. A pesar de las pruebas realizadas nunca se pudo llegar a tener una congruencia entre la fuente sonora y el maniquí. La norma con la cual se realizó el simulador de cabeza no especifica el tipo de material con el que se debe construir.” (Meléndez, 2019)

2.4.5. Evaluación de la dosis de ruido recibido por un teleoperador de call center

“En la investigación se procedió a escoger un maniquí con el cual se pueda realizar las mediciones de exposición al ruido a los operadores de un call center. Técnicamente las normas no son tan rigurosas para este tema ya que en el Ecuador las mediciones que se realizan son ambientales, mas no el ruido que recibe un operador de call center, por lo que se obtuvo en todas las pruebas realizadas inválidos al interpretar la exposición a ruido mediante el maniquí, los resultados oscilan entre 14,4 y 19 dB.

Se realizaron dosimetrías para verificar la funcionabilidad del maniquí obteniendo resultados no tan relevantes a comparación de la fuente sonora que tuvo una media de nivel de ruido de 82.91dB y los resultados obtenidos por el maniquí oscilan de 64 a 67 dB.

Como conclusión, se llegó a determinar que al no tener un dato en la norma que nos diga el grosor y tipo de material que debe tener el maniquí, no se podrá obtener resultados paralelos, ya que todas las pruebas realizadas en el laboratorio no pudieron llegar a tener una aproximación entre la fuente sonora.

El maniquí puede presentar problemas ya que no es un cuerpo sólido y el vacío de su interior haciendo que el ruido se dispersa y haciendo que las mediciones mediante el dosímetro no se acerquen a los resultados de la fuente sonora.” (Andrade, 2019)

2.4.6. Hipoacusia neurosensorial en teleoperadores de un call center ubicado en la ciudad de Quito

“Los niveles continuos equivalentes diarios (Leqd dBA) difieren entre las dos evaluaciones y las audiometrías demuestran compromiso auditivo del personal implicado. Los niveles de exposición sonora por el uso de auriculares determinan que existe riesgo en operadores de Call Center, se recomienda en el país establecer procedimientos técnicos de medición que determinen los niveles reales de exposición auditiva de teleoperadores.” (Rubira, 2018)

2.4.7. Definición del modelo matemático

Con los datos que se obtengan en las practicas se realizara el análisis, y así definir si buscamos modelos logarítmicos que son los que gobiernan este fenómeno (y deberemos aplicar iteraciones para definir niveles de precisión del modelo matemático), o los linealizamos primero y luego buscamos únicamente ecuaciones lineales sin iteraciones y comprobamos su ajuste mediante el coeficiente de correlación R^2 , que no es más que el cociente entre las varianzas de los datos estimados por el modelo y las varianzas de los datos observados en el proceso experimental desarrollado. R^2 se puede calcular como:

$$R^2 = \frac{s_y^{\wedge}}{s_y} = 1 - \frac{s_{\varepsilon}}{s_y}$$

Donde:

R^2 Coeficiente de correlación o bondad del ajuste

s_y^{\wedge} representa varianza de los datos estimados por el modelo

S_y representa varianza de los datos observados en el proceso experimental desarrollado

S_{ε} representa la varianza de los residuos

CAPITULO III.

RESULTADOS

3.1. Presentación y análisis

Para las mediciones existen varias normas que presentan procedimientos para la medición de la exposición sonora, todas ellas están diseñadas con la fuente de ruido alejada del oído del operario. En algunos casos la fuente esta sobre o incluso dentro del oído, como es el caso de los teleoperadores, en estas circunstancias la medición se debe realizar usando equipos y técnicas diferentes.

3.1.1. Herramientas a usar para determinar el nivel de la exposición al ruido en teleoperadores

3.1.1.1. Dosímetro Cirrus doseBadge

“El doseBadge es el dosímetro de ruido personal original sin cables y es el instrumento ideal para mediciones de exposición al ruido personal. El doseBadge es un instrumento de dos canales que medirá, grabará y calculará los parámetros esenciales para el cumplimiento de las normas sobre el ruido en el trabajo.

Estos valores son el LAeq, LCpeak y LEP,d y también el % Dosis, LAWG y TWA. Junto con todos esos valores globales, el doseBadge almacenará un historial, o perfil de ruido, durante la medición, para ambos canales. Canal dual con datos de perfil de ruido que se graban por defecto en la memoria del mismo que puede almacenar hasta 999 mediciones” (Cirrus, 2013). Los estándares aplicables del dosímetro son:

- IEC 61252:1993 Medidores de exposición personal al ruido
- ANSI S1.25:1991 Dosímetros acústicos personales designación de clase 2AS-90/80-5

- RC:110A: Calibrador acústico interno a IEC 60942:2003 Clase 2

“El rango de medición normal va de 70 dB(A) a 130 dB(A) RMS, 120 dB(C) a 140 dB(C) Peak. Con un peso no superior a 51 g. o 1.8oz. sin cables, botones ni micrófonos externos puede almacenar hasta 24 horas de datos en una sola medición, el doseBadge es la herramienta ideal para las mediciones de exposición personal al ruido.” (Cirrus, 2013). Dentro de sus funciones de medición encontramos:

- Datos de medición totales
- Configuración del doseBadge (número de serie, fecha y hora)
- Registro de calibración
- Duración de medición

La transmisión de datos y el histograma de la medición están incluidos conjuntamente en el canal dual de mediciones, lo que permite realizar dos ciclos de mediciones al mismo tiempo. El software NoiseTools es fácil de usar, permite el acceso rápido a los informes de las mediciones y sus actualizaciones son gratuitas.

Ilustración 7. Dosímetro



Fuente: Autor

Ilustración 8. Dosímetro



Fuente: Autor

Ilustración 9. Dosímetro y Sonómetro



Fuente: Autor

3.1.1.2. Auriculares bilaterales SONY MDR-ZX110

Los auriculares producen un sonido directo y preciso con tonos equilibrados con diadema, cable plano de 1,2 m altavoces de cúpula de 30 mm para un sonido equilibrado los imanes de neodimio de alto rendimiento brindan un sonido potente auriculares acolchados, micrófono de condensador eléctrico con dirección a la entrada de línea omnidireccional al peso 120 g tipo cerrado tipo dinámico 30 m dinámico tipo redondo sus características principales son:

- Rango de frecuencia (hz) 12–22,000 hz
- Sensibilidad (db / mw) 98db considerando un nivel alto de sensibilidad / mwimpedancia (ohm) 24 ohmios (1 khz).

Los auriculares A presentan una mayor sensibilidad, a un nivel de potencia de un miliwattio, entonces el audio que producen son más fuertes a ese volumen.

Ilustración 10. Auriculares SONY



Fuente: Autor

3.1.1.3. Bifurcador de audio Star Tech

El adaptador es capaz de distribuir una señal de entrada, en dos señales de salida para auriculares consta de 4 pines de 3,5 mm a doble de 3 pines de 3,5 mm cuenta con un conector macho de 3,5 mm y dos conectores hembra de 3,5 mm, lo que le permite agregar una entrada de micrófono y una salida de audio a una PC o computadora portátil, a través de un solo puerto de audio de 3.5 mm.

Con respecto a sus características de funcionamiento con la señal de audio, dispone de una muy buena respuesta en frecuencia desviación en 20Hz-20KHz de ± 0.1 dB y una baja distorsión $THD + N \leq 0.01\%$. Este será utilizado para replicar el sonido desde la fuente sonora en dos auriculares con las mismas características.

Ilustración 11. Bifurcador de audio



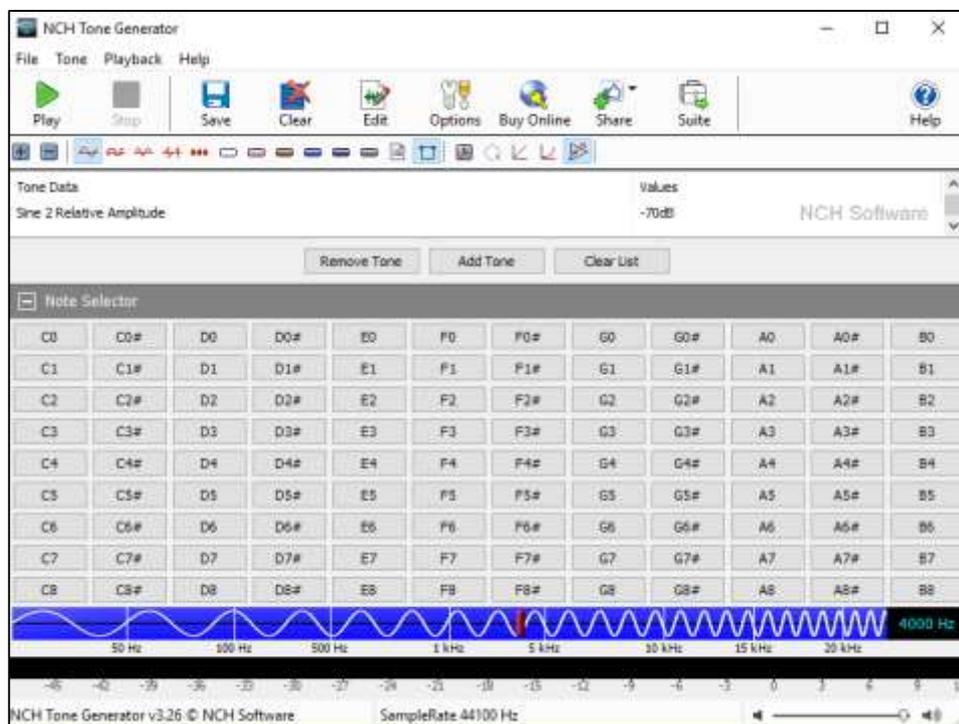
Fuente: Autor

3.1.1.4. Software NCH Tone Generator

“Es un generador de frecuencia de sonido o generador de señal que puede crear tonos de prueba de audio, permite generar varios tipos de ondas, incluyendo seno, cuadrado, triangular, diente de sierra e impulso, que puede visualizar en el panel del mismo. Dependiendo de la tarjeta de sonido que posea el equipo en el que se instala el software, es posible crear frecuencias que van desde 1 Hz a 22 kHz. Genera tonos en simultáneo de hasta 16 tonos a la vez. Además, las ondas pueden modificarse cambiando su frecuencia y duración para el uso que sea necesario.” (NHC, 2016)

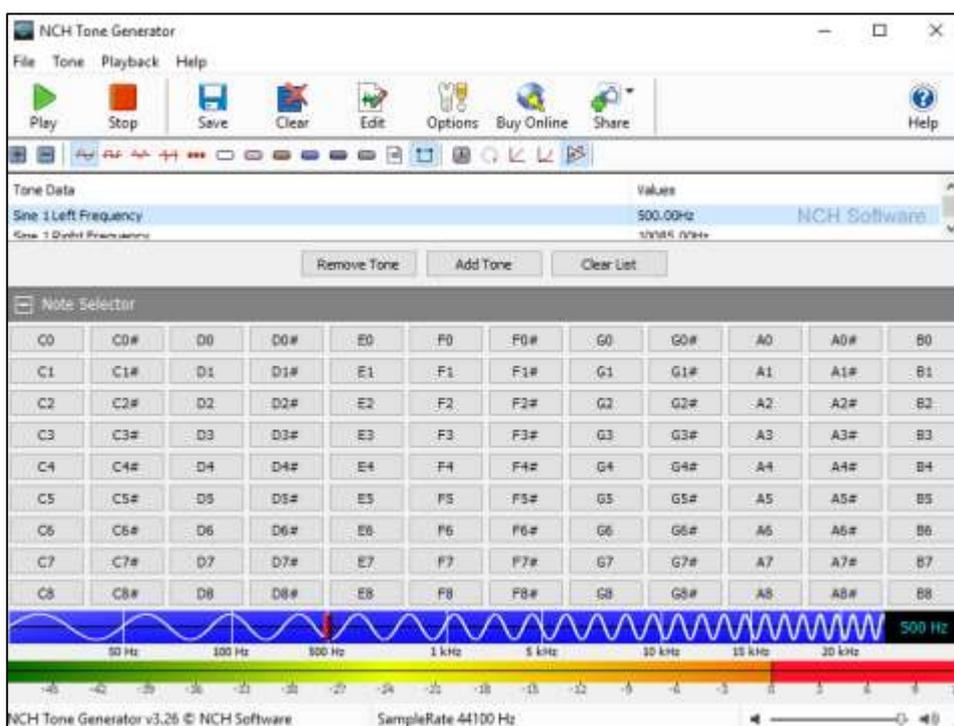
Nos permite crear alta variedad de sonidos y señales dependiendo del uso que se requiera la amplitud se puede ingresar para cada tono separado en decibelios en el rango de 0 dB a 127 dB., en el caso de este proyecto se creó un tono que va a simular una conversación por ende los rangos de frecuencia se encuentran entre los 500 -3000 Hz. (Falagán, 2007)

Ilustración 12. NCH Tone Generator



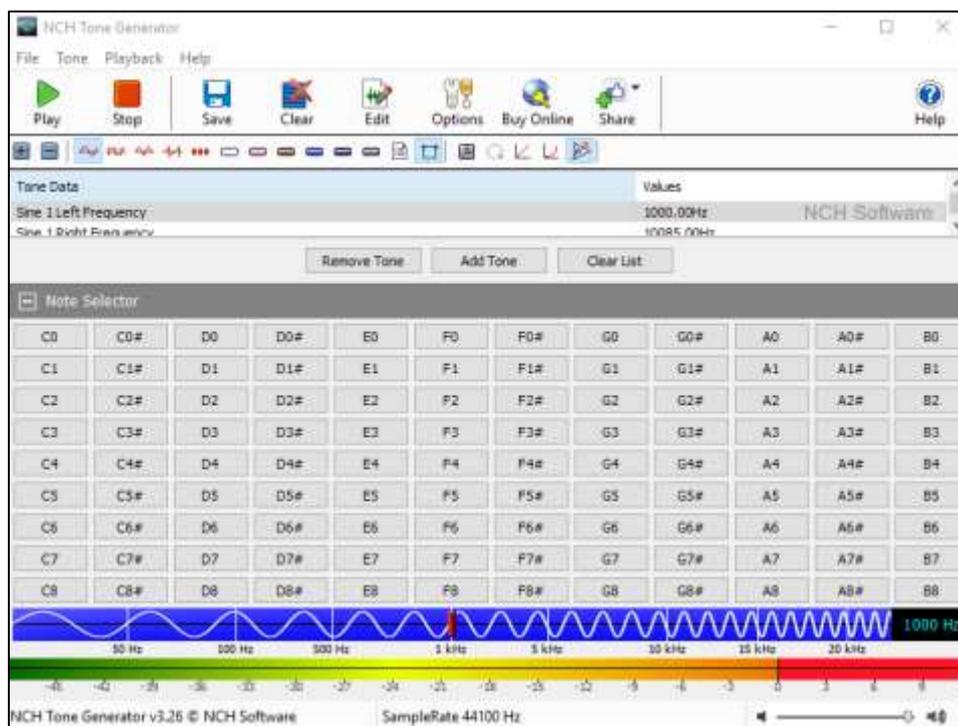
Fuente: Autor

Ilustración 13. Emisión a 500Hz



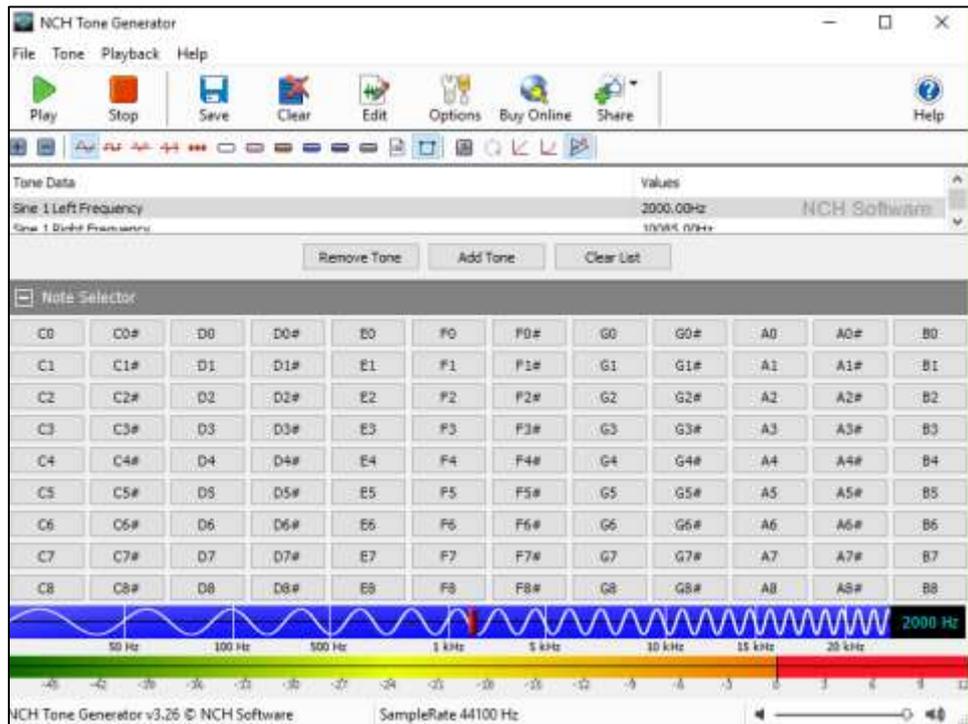
Fuente: Autor

Ilustración 14. Emisión a 1000Hz



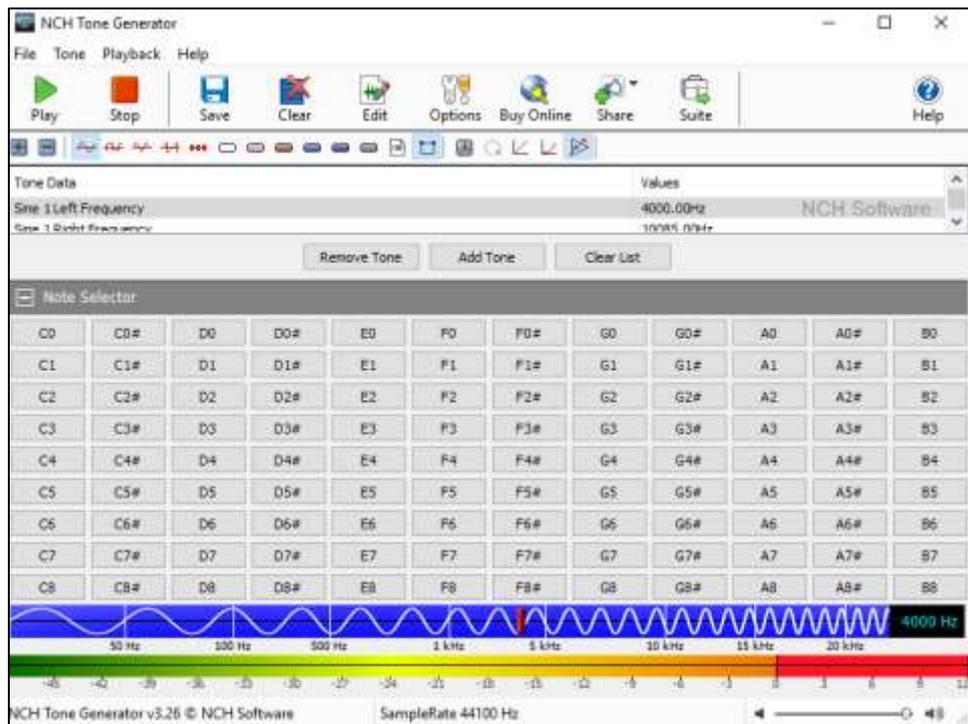
Fuente: Autor

Ilustración 15. Emisión a 2000Hz



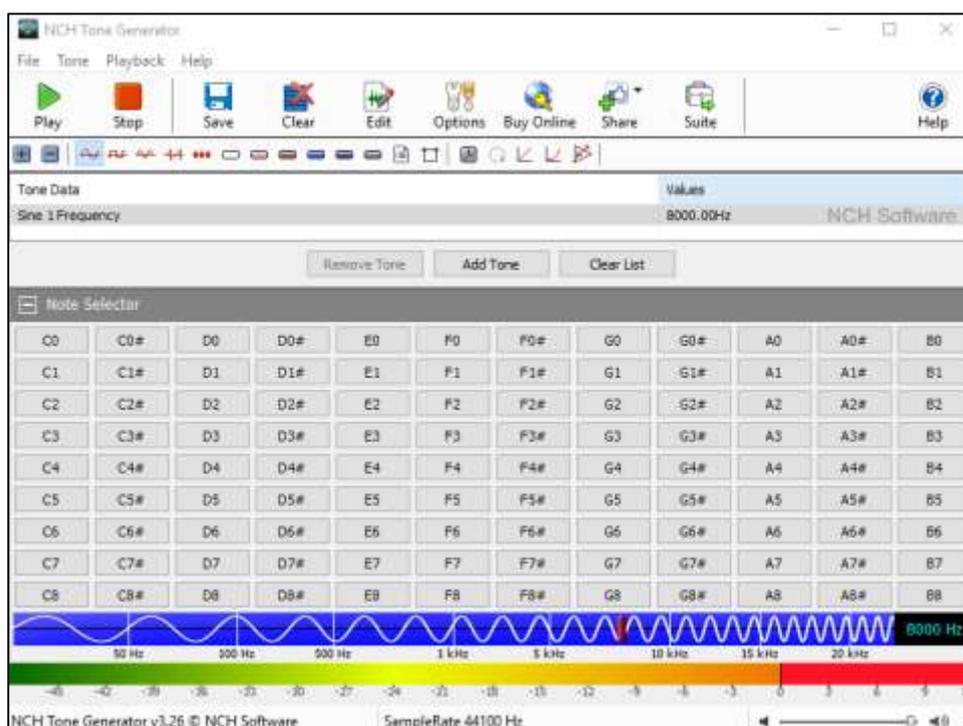
Fuente: Autor

Ilustración 16. Emisión a 4000Hz



Fuente: Autor

Ilustración 17. Emisión a 8000 Hz



Fuente: Autor

3.1.1.5. Medio portátil de insonorización

Para la realización del medio portátil de insonorización se probó con varios elementos, eligiendo poliestireno expandido (EPS) o conocido comercialmente espuma flex debido a sus características de estructura celular cerrada y rellena de aire, sus propiedades de higiene, ligereza, resistencia a la humedad y gran capacidad de absorción de impactos, ha hecho de este producto el ideal para diferentes aplicaciones, desde productos comerciales para la línea escolar y figuras decorativas, hasta paredes y re vestiduras de losas.

Tiene diversos usos ya que son accesibles y de bajo costo, este material hace que se aumente el grado de absorción en el interior, lo cual reduce la reverberación (el eco). Sin embargo las propiedades acústicas son casi nulas ya que no es un material aislante porque su masa superficial está entre 0,1 a 4 Kg/m², y por ley de masa solo puede ser considerado aislante acústico en su totalidad. Tampoco es considerado un material absorbente debido a que no cumple con el principio físico de ser poroso, no es capaz de generar fricción en sus cavidades y

convertir la energía acústica en energía calórica, pero reduce significativamente la reverberación.

Ilustración 18. Medio portátil de insonorización



Fuente: Autor

Ilustración 19. Medio portátil de insonorización



Fuente: Autor

3.1.1.6. Modelo matemático de mínimos cuadrados

Con los datos obtenidos se procedió a realizar el análisis y gráficamente se observó un comportamiento aproximadamente paralelo y lineal al graficar los valores entre los obtenidos directamente en el ambiente y los datos tomados en el medio portable de insonorización (para evaluación de exposición a ruido de los teleoperadores). Esto nos orientó a desarrollar modelos matemáticos de forma lineal.

Basándonos en la expresión general de la recta

$$y = m x + b,$$

Donde:

m es la pendiente de la recta, y

b el punto de corte con el eje de las ordenadas

Su forma de cálculo viene expresada de la siguiente manera:

$$m = \frac{n \cdot \Sigma(x \cdot y) - \Sigma x \cdot \Sigma y}{n \cdot \Sigma x^2 - |\Sigma x|^2}$$

$$b = \frac{\Sigma y \cdot \Sigma x^2 - \Sigma x \cdot \Sigma(x \cdot y)}{n \cdot \Sigma x^2 - |\Sigma x|^2}$$

Y teniendo un conjunto de series de datos (x, y) , al conectar punto a punto se describe una recta, por tanto, debemos aplicar el método de mínimos cuadrados, basándonos en su expresión general:

$$y = \left(\frac{n \cdot \Sigma(x \cdot y) - \Sigma x \cdot \Sigma y}{n \cdot \Sigma x^2 - |\Sigma x|^2} \right) x + \left(\frac{\Sigma y \cdot \Sigma x^2 - \Sigma x \cdot \Sigma(x \cdot y)}{n \cdot \Sigma x^2 - |\Sigma x|^2} \right)$$

Y calculamos el R^2 (coeficiente de correlación), que en caso particular de la ecuación lineal es el r^2_{xy} (coeficiente de correlación de Pearson)

$$r^2_{xy} = \frac{S_{xy}}{S_x S_y}$$

Donde:

S_{xy} Covarianza entre las variables x e y

S_x Varianza de variable x

S_y Varianza de la variable y

3.2. Aplicación practica

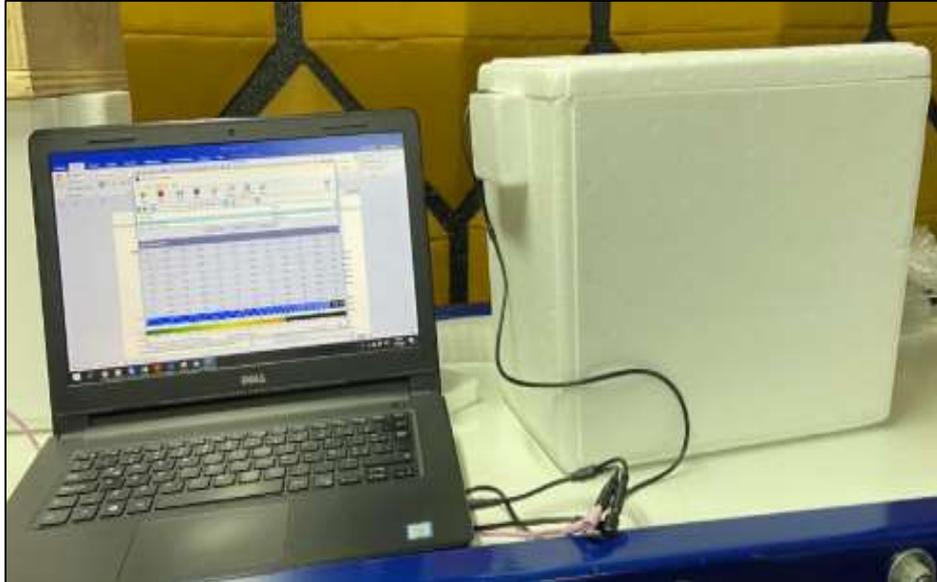
Se realizó las pruebas para el estudio de la determinación del ruido que recibe un tele operador, utilizando los elementos descritos anteriormente, las mediciones se realizaron bajo las siguientes condiciones:

- Mediciones con un muestreo de 15 minutos.
- Se midió en frecuencias 500Hz, 1000 Hz, 2000 Hz, 4000Hz y a 50dB, 60dB, 70dB, 80dB, 90dB, 100dB.
- Se realizó medidas dentro del medio portátil de insonorización y fuera del mismo.
- El ambiente de las mediciones fue en una habitación insonorizada.
- Las cajas poliestireno expandido fueron colocadas al momento de realizar la medición en una mesa con superficie sólida, estas estuvieron completamente selladas.
- En el caso de la medición sin medio portátil de insonorización los auriculares fueron colocadas en una mesa con superficie sólida.
- Los dos pares de auriculares se mantuvieron conectados al bifurcafor de audio durante las mediciones tanto dentro como fuera de la caja.

- Los dosímetros se encontraban calibrados con un offset de -0.34 dB.

3.2.1. Medición con medio portátil de insonorización

Ilustración 20. Medición con medio portátil de insonorización



Fuente: Autor

Ilustración 21. Medio portátil de insonorización parte interna.



Fuente: Autor

La medición con el medio portátil de insonorización se llevó a cabo bajo todas las condiciones antes mencionadas, obteniendo los siguientes datos:

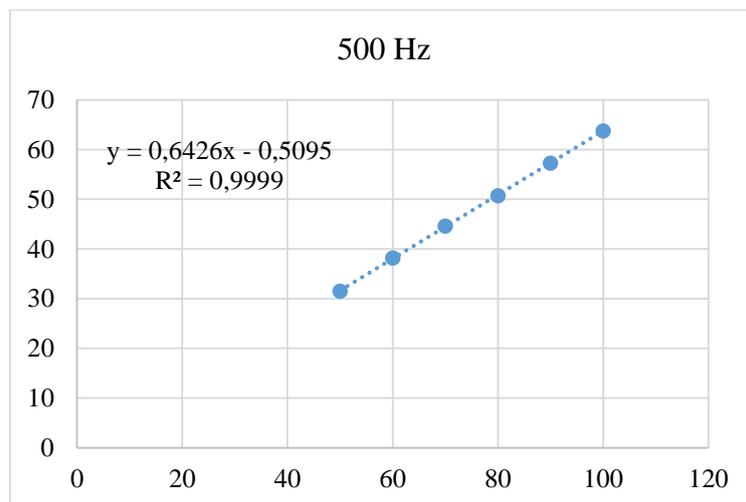
Tabla 8. Resultado mediciones con medio portátil de insonorización

		Frecuencia (Hz)				
		500	1000	2000	4000	8000
Presión sonora (dB)	50	31,5	42,9	30,7	48,7	42,2
	60	38,2	50,1	36,3	55,8	49,5
	70	44,6	57,2	43,4	63,1	56,7
	80	50,7	63,6	50,6	69,1	62,9
	90	57,3	70	56,6	75,7	69,3
	100	63,8	75,4	62,8	80,8	75,4

Fuente: Autor

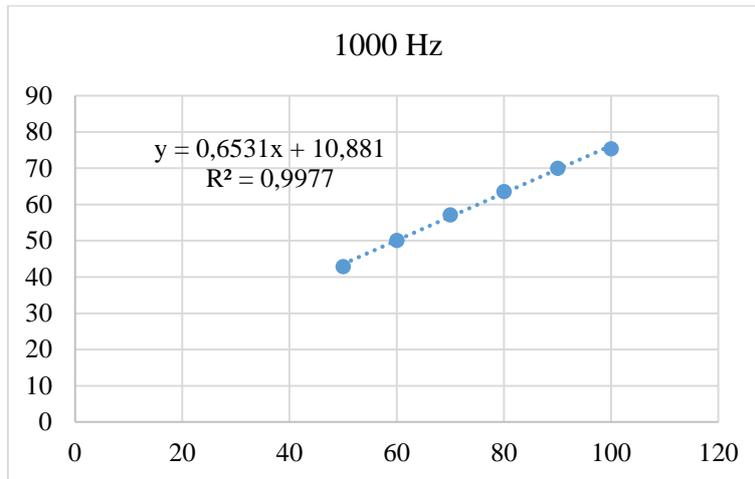
El análisis de comportamiento de las mediciones por frecuencias se refleja en los siguientes gráficos:

Ilustración 22. Con medio portátil de insonorización 500Hz



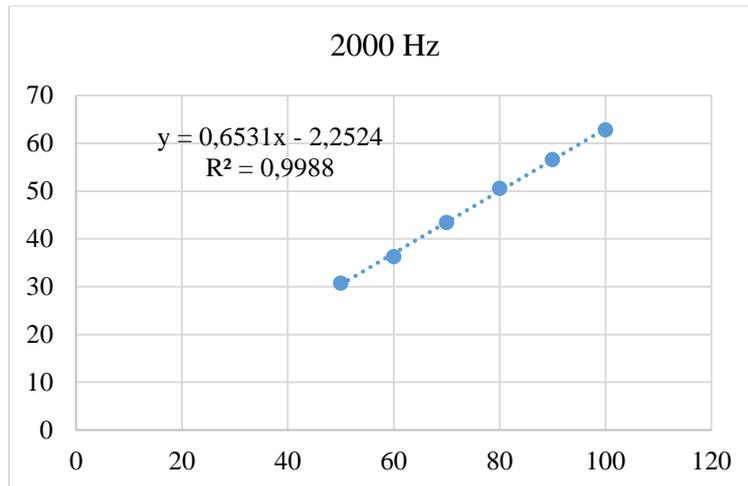
Fuente: Autor

Ilustración 23. Con medio portátil de insonorización 1000Hz



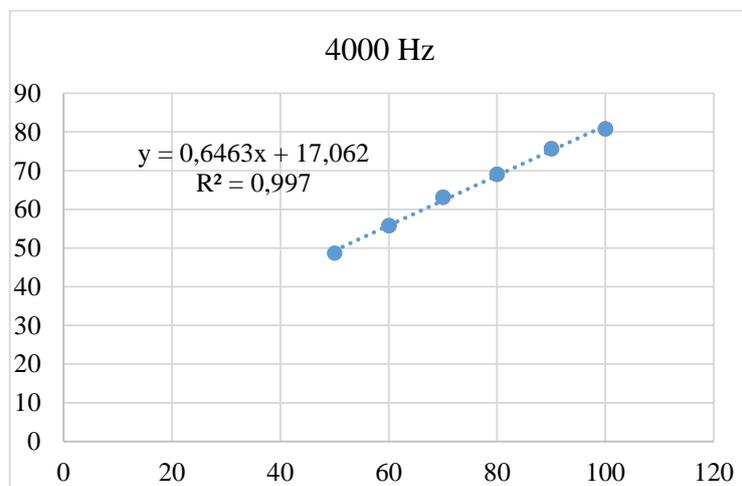
Fuente: Autor

Ilustración 24. Con medio portátil de insonorización 2000Hz



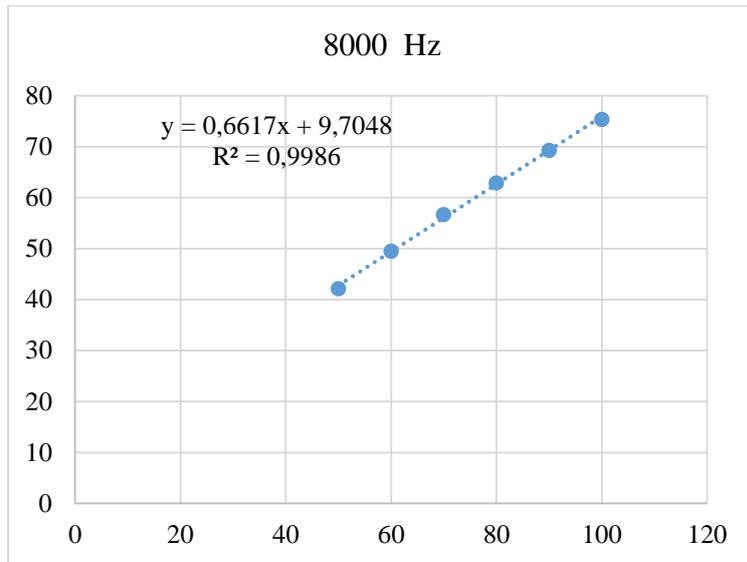
Fuente: Autor

Ilustración 25. Con medio portátil de insonorización 4000Hz



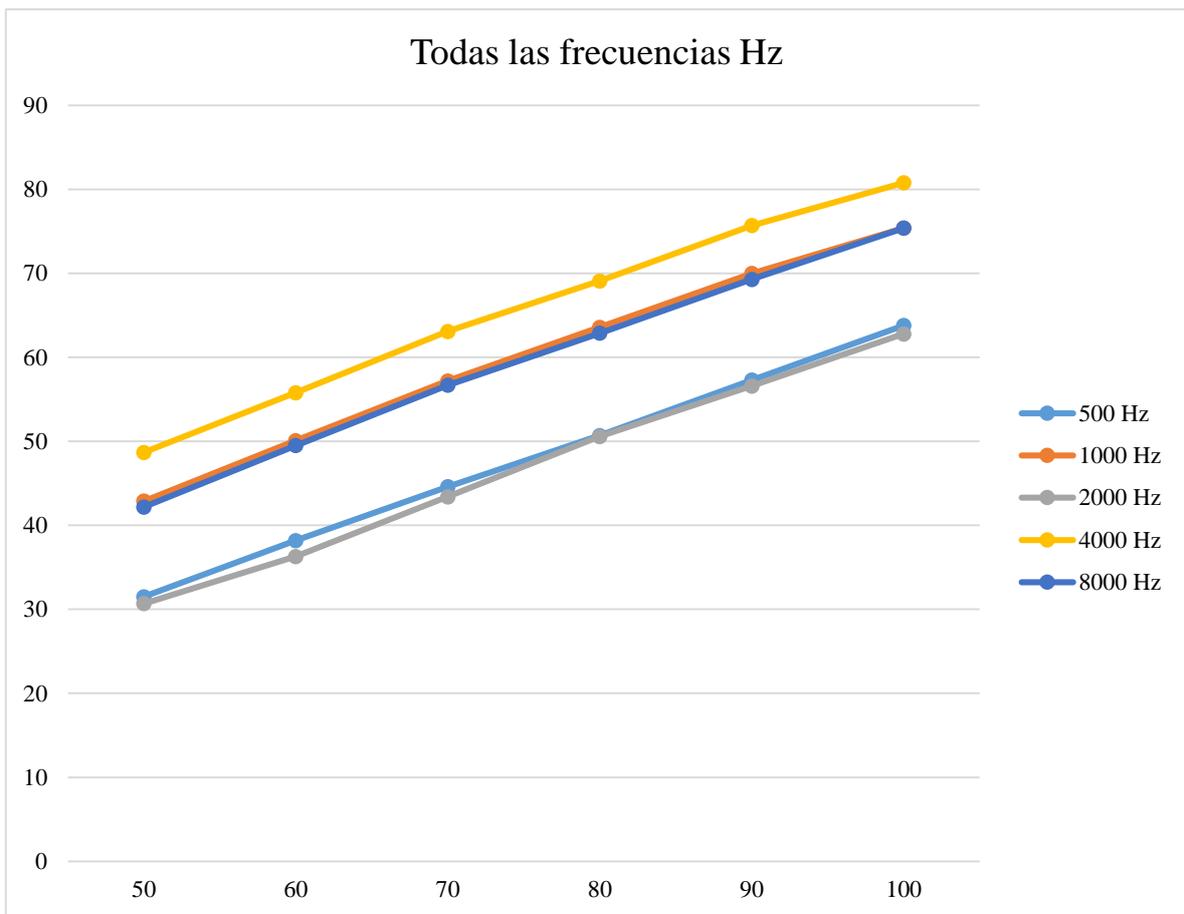
Fuente: Autor

Ilustración 26. Con medio portátil de insonorización 8000Hz



Fuente: Autor

Ilustración 27. Resumen análisis de frecuencias



Fuente: Autor

3.2.2. Medición sin medio portátil de insonorización

Ilustración 28. Medición directa sin medio portátil de insonorización



Fuente: Autor

La medición sin el medio portátil de insonorización se llevó a cabo bajo todas las condiciones antes mencionadas, obteniendo los siguientes datos:

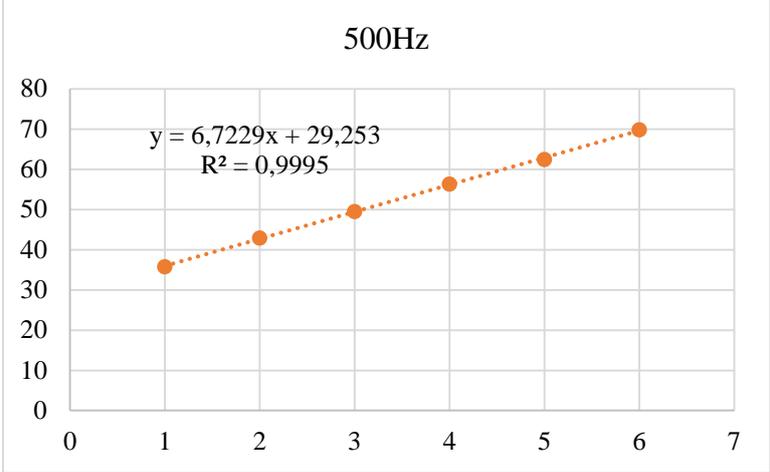
Tabla 9. Resultado mediciones sin medio portátil de insonorización

		Frecuencia (Hz)				
		500	1000	2000	4000	8000
Presión sonora (dB)	50 dB	35,8	45,2	55	51,7	47,8
	60 dB	42,9	52,4	62,7	64,4	52,2
	70 dB	49,5	59,6	70	71,5	59,9
	80 dB	56,3	66,1	76,3	78,8	67,8
	90 dB	62,4	71,8	82,4	85,5	74,1
	100 dB	69,8	78,4	89,7	91,7	80

Fuente: Autor

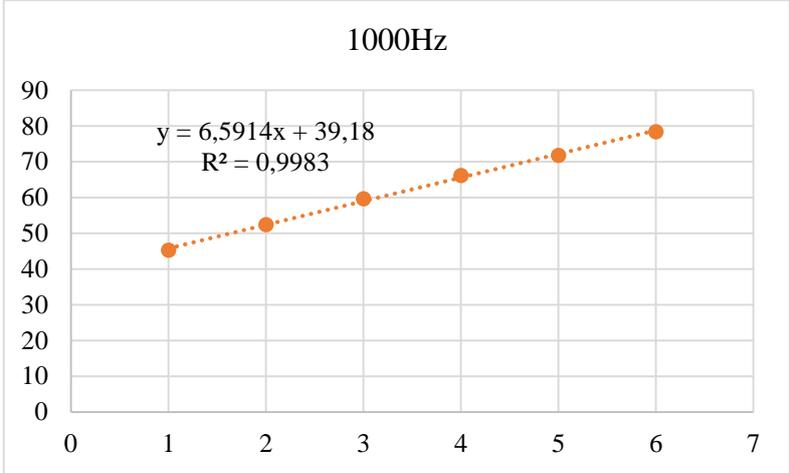
El análisis de comportamiento de las mediciones por frecuencias se refleja en los siguientes gráficos:

Ilustración 29. Sin medio portátil de insonorización 500Hz



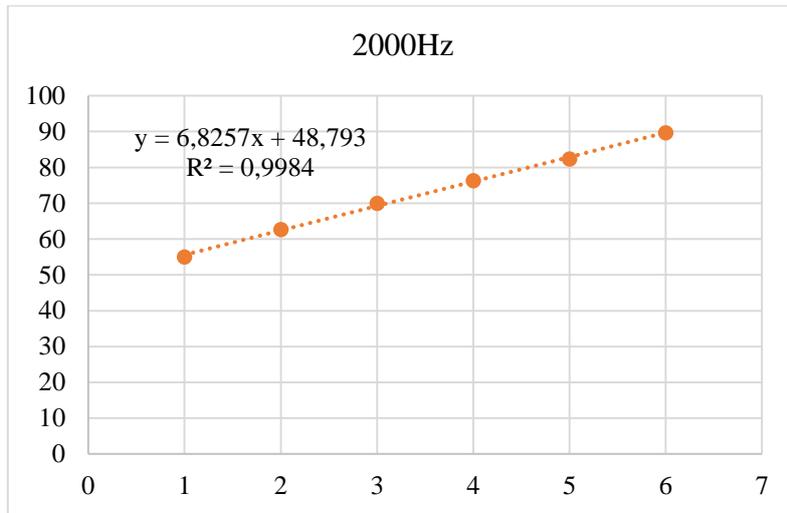
Fuente: Autor

Ilustración 30. Sin medio portátil de insonorización 1000Hz



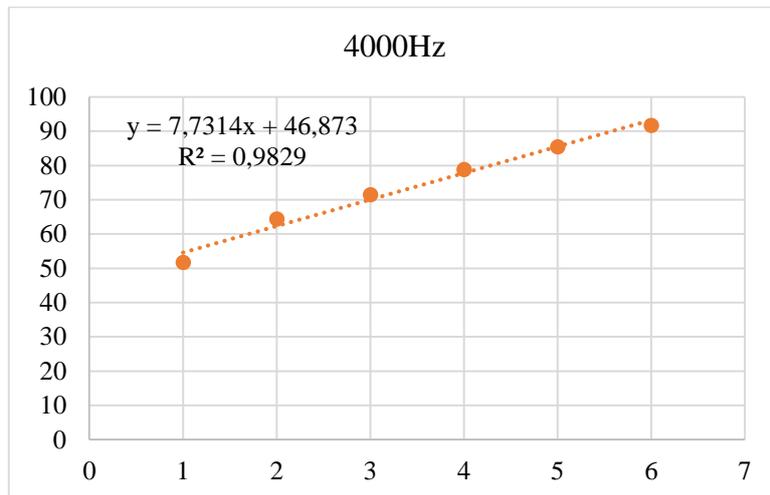
Fuente: Autor

Ilustración 31.Sin medio portátil de insonorización 2000Hz



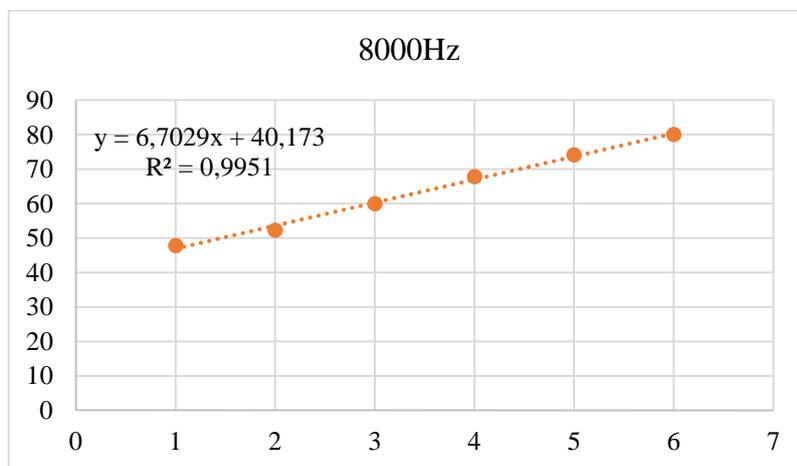
Fuente: Autor

Ilustración 32.Sin medio portátil de insonorización 4000Hz



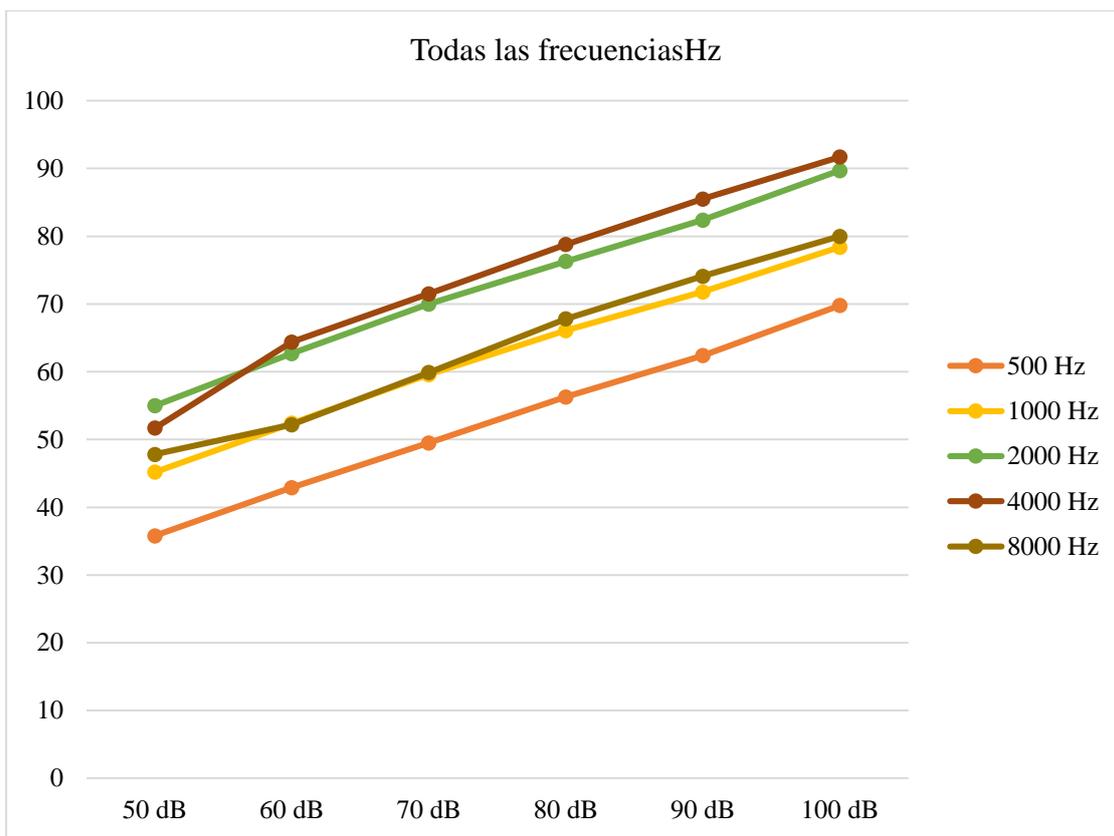
Fuente: Autor

Ilustración 33.Sin medio portátil de insonorización 8000Hz



Fuente: Autor

Ilustración 34. Resumen análisis de frecuencias



Fuente: Autor

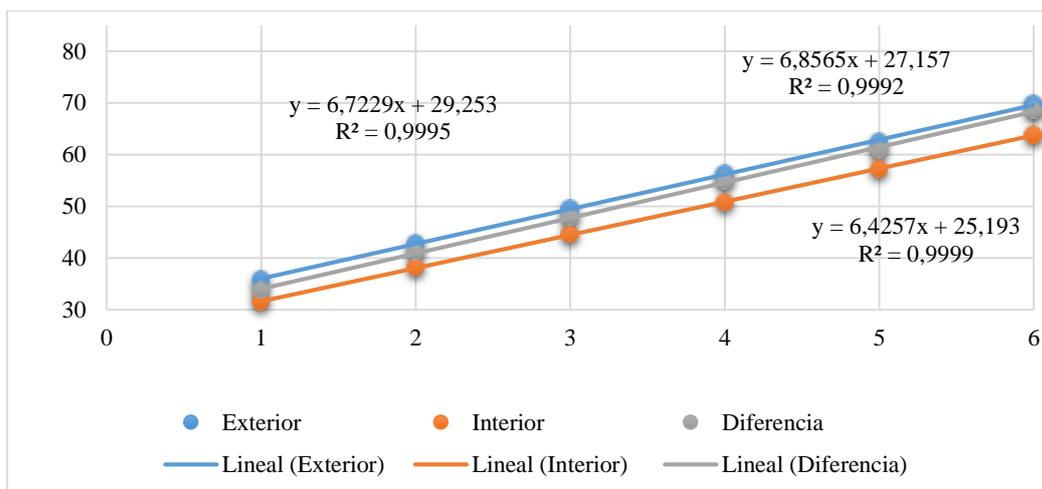
3.2.3. Análisis diferencial de mediciones con y sin medio portátil insonorizado por frecuencias Hz

Tabla 10. Análisis de la banda 500Hz

Frecuencia (Hz)		Exterior		Interior		Diferencia	
		500 Hz	R ²	500 Hz	R ²	500 Hz	R ²
Presión sonora (dB)	50 dB	35,8	0,9995	31,5	0,9999	33,78	0,9992
	60 dB	42,9		38,2		41,10	
	70 dB	49,5		44,6		47,80	
	80 dB	56,3		50,7		54,90	
	90 dB	62,4		57,3		60,79	
	100 dB	69,8		63,8		68,54	

Fuente: Autor

Ilustración 35. Análisis de la Banda de 500 Hz



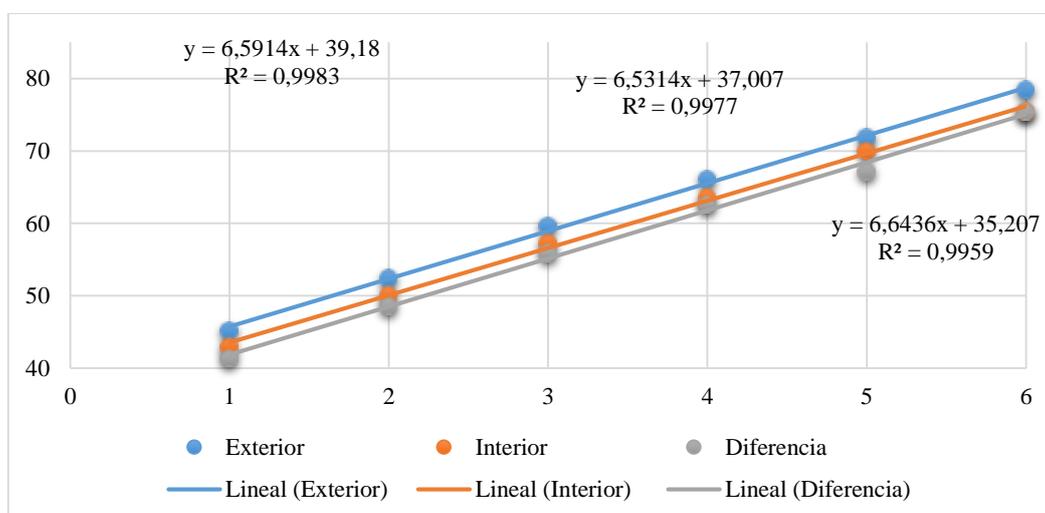
Fuente: Autor

Tabla 11. Análisis de la banda 1000Hz

Frecuencia (Hz)		Exterior	R ²	Interior	R ²	Diferencia	
		1000 dB		1000 dB		1000 dB	R ²
Presión sonora (dB)	50 dB	45,2	0,9983	42,9	0,9977	41,34	0,9959
	60 dB	52,4		50,1		48,54	
	70 dB	59,6		57,2		55,88	
	80 dB	66,1		63,6		62,51	
	90 dB	71,8		70		67,11	
	100 dB	78,4		75,4		75,38	

Fuente: Autor

Ilustración 36. Análisis de la Banda de 1000 Hz



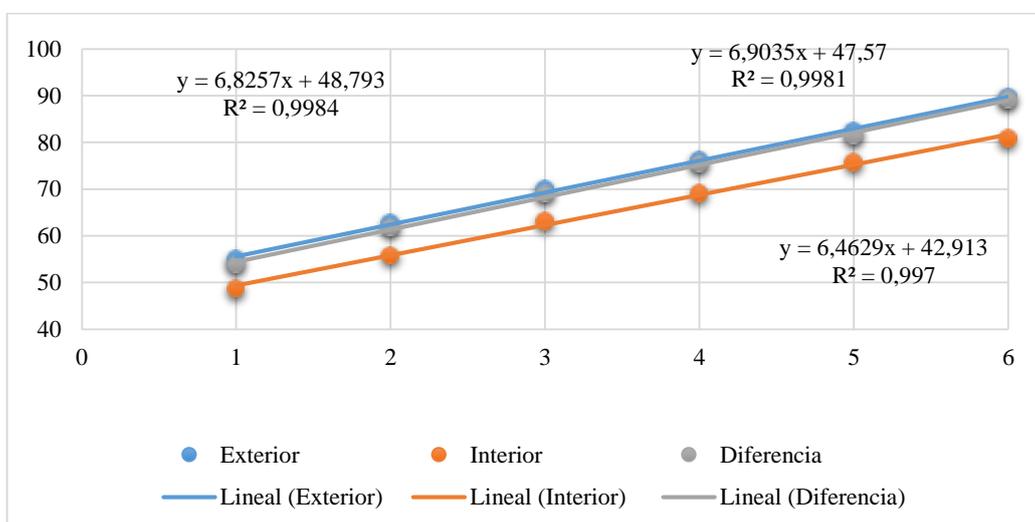
Fuente: Autor

Tabla 12. Análisis de la banda 2000Hz

Frecuencia (Hz)		Exterior		Interior		Diferencia	
		2000 dB	R ²	2000 dB	R ²	2000 dB	R ²
Presión sonora (dB)	50 dB	55	0,9984	48,7	0,997	53,84	0,9981
	60 dB	62,7		55,8		61,71	
	70 dB	70		63,1		69,01	
	80 dB	76,3		69,1		75,38	
	90 dB	82,4		75,7		81,36	
	100 dB	89,7		80,8		89,10	

Fuente: Autor

Ilustración 37. Análisis de la Banda de 2000 Hz



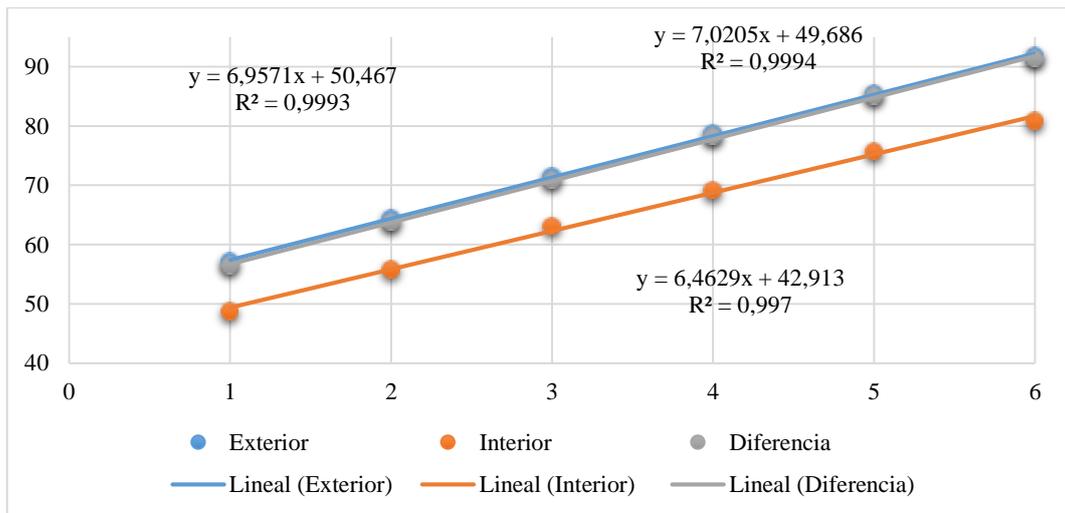
Fuente: Autor

Tabla 13. Análisis de la banda 4000Hz

Frecuencia (Hz)		Exterior		Interior		Diferencia	
		4000 dB	R ²	4000 dB	R ²	4000 dB	R ²
Presión sonora (dB)	50 dB	57,1	0,9993	48,7	0,997	56,42	0,9994
	60 dB	64,4		55,8		63,75	
	70 dB	71,5		63,1		70,82	
	80 dB	78,7		69,1		78,20	
	90 dB	85,5		75,7		85,02	
	100 dB	91,7		80,8		91,33	

Fuente: Autor

Ilustración 38. Análisis de la Banda de 4000 Hz



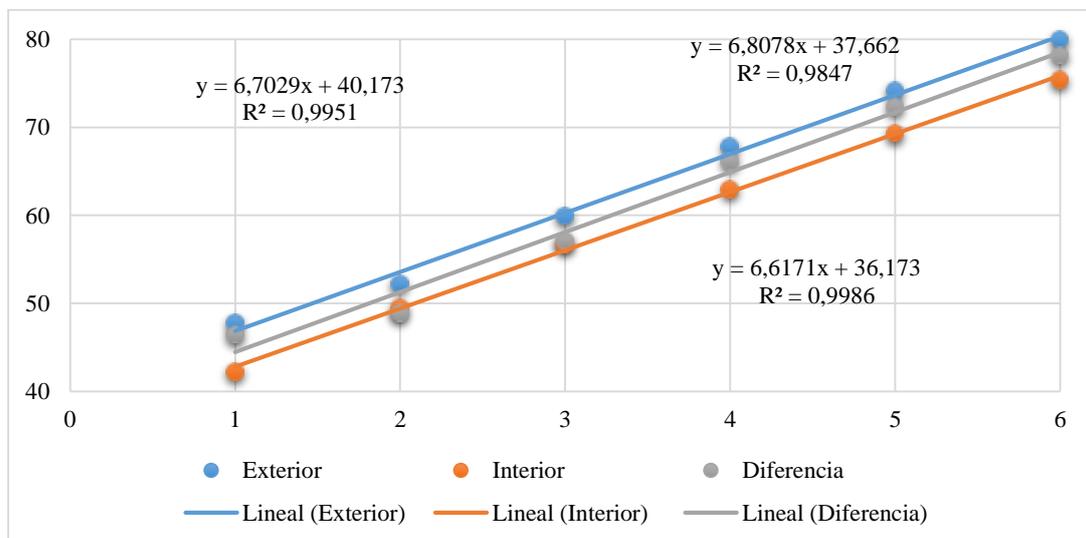
Fuente: Autor

Tabla 14. Análisis de la banda 8000 Hz

Frecuencia (Hz)		Exterior		Interior		Diferencia	
		8000 dB	R ²	8000 dB	R ²	8000 dB	R ²
Presión sonora (dB)	50 dB	47,8	0,9951	42,2	0,9986	46,40	0,9847
	60 dB	52,2		49,5		48,86	
	70 dB	59,9		56,7		57,07	
	80 dB	67,8		62,9		66,10	
	90 dB	74,1		69,3		72,35	
	100 dB	80		75,4		78,15	

Fuente: Autor

Tabla 15. Análisis de la Banda de 8000 Hz



Fuente: Autor

CAPITULO IV.

DISCUSIÓN

4.1. Conclusiones

- Se logró definir las herramientas adecuadas tales como el software, auriculares, dosímetro, bifurcador y el medio portátil insonorizado para la investigación y desarrollo del modelo operativo que permite medir la presión sonora recibida por un teleoperador en su jornada de trabajo.
- Se identificó el material con características adecuadas para el medio portátil insonorizado, el poliestireno expandido (EPS) demuestra que tiene un comportamiento estable en las longitudes de onda medidas.
- Se logró determinar que si existe la posibilidad de un comportamiento fácilmente ajustable al modelo matemático lineal como se comprueba en los gráficos y se comprobado con el coeficiente de correlación por ende el método es totalmente viable para determinar la presión sonora recibida por un teleoperador en su jornada laboral utilizando medios paralelos de medición de bajo costo.

4.2. Recomendaciones

- Seguir investigando sobre los materiales y sus propiedades que faciliten la construcción del medio portátil de insonorización para la determinación de la presión sonora que recibe un trabajador durante su jornada laboral.
- Es recomendable realizar una investigación con la misma metodología, pero en un lugar o habitación que el ambiente no se encuentre controlado como en esta investigación.

- De ser factible se recomendaría realizar un estudio donde se compare el método planteado en esta investigación con el método que propone la norma ISO 11904-1 en el cual se trabaje en el canal auditivo bajo tercios de octava.
- Realizar un estudio comparativo de las ventajas económicas del método desarrollado en esta investigación frente al método común que propone la norma ISO 11904-1 de colocación del equipo en el canal auditivo.

REFERENCIAS

- 35mm. (12 de 2019). *35mm*. Obtenido de 35mm: <https://35mm.es/nivel-presion-sonora-que-es>
- Andrade, W. (2019). *Evaluación de la dosis de ruido recibido por un teleoperador de call center*.
- Anguera, S. (12 de 2013). *Cirrus Research*. Obtenido de <https://www.cirrusresearch.es/blog/2013/12/que-es-un-sonometro-integrador/>
- AudioCentro. (Marzo de 2019). *Audio Centro*. Obtenido de <https://www.audiocentros.com/proteccion-los-oidos-los-teleoperadores/>
- Cirrus. (2013). *Cirrus research*. Obtenido de https://www.cirrusresearch.co.uk/library/documents/datasheets/cr110a_sep_13_r5_es.pdf
- ENCT. (2007). Obtenido de <http://istas.net/descargas/Dossier%20ruido.pdf>
- Falagán, M. (2007). *Higiene Industrial*. Oviedo.
- FIA. (2008). *Exposición sonora resultante del uso de auriculares*. .
- Flores Muñoz, C., Manchado López, F., & Ranchal Sánchez, A. (SciELO). Sistema de auriculares en teleoperadores: estudio en una central de llamadas del sur de España.
- Gonzales, I. (2013). *Analizador de espectro en tercios de octava*. México.
- INSST. (2017). *Aspectos ergonómicos del ruido*.
- ISO11904-1. (2003). *Determinación de la inmisión sonora de fuentes sonoras Parte 1: Técnica que utiliza un micrófono en un oído real*.
- Jimenez, L. M. (2012). *Efectos auditivos de los trabajadores del área médica del call center de la empresa Redassist*. Bogotá.
- Kardous, C. (Septiembre de 2011). *NIOSH*. Obtenido de https://www.cdc.gov/spanish/niosh/docs/wp-solutions/2011-210_sp/default.html
- Kinki. (Octubre de 2019). Obtenido de <https://midebien.com/peligro-de-perdida-de-audicion-en-trabajadores-de-call-center/>
- LaDou, G. (2006). *Daños Auditivos*.

- Lawton, R. (2003). *Riesgos auditivos*.
- López, P. (2019). *Evaluación de la dosis de ruido recibida por un teleoperador de call center, en una recuperadora de valores*.
- Maeda. (2018). *Pérdida auditiva en call center*. Madrid.
- Meléndez, X. (2019). *Evaluación de la dosis de ruido recibido por un teleoperador de call center de una agencia turística*.
- Mieres, A. (Octubre de 2017). *La nueva España*. Obtenido de <https://www.lne.es/cuencas/2017/10/15/son-sirven-audifonos/2178248.html>
- Mutual. (2008). *Prevención de riesgos en oficinas*. Barcelona.
- NHC. (2016). *NHC Software*. Obtenido de <https://www.nch.com.au/tonegen/index.html>
- NTP270. (1989). *INSST*.
- NTP950. (2012). *NTP 950*. INSST.
- OIT. (1994). *Enciclopedia de la OIT*.
- Patel, J. (2002).
- Rubira, N. (2018). 2.4.6. *Hipoacusia neurosensorial en teleoperadores de un call center ubicado en la ciudad de Quito*.
- SafeMode. (Noviembre de 2018). *smsafemode*. Obtenido de <https://so.smsafemode.com/riesgo-con-en-uso-de-audifonos/>
- UNNE. (2008). *Universidad nacional del nordeste*. Obtenido de <http://exa.unne.edu.ar/matematica/metodos/5-3-material-teorico/min-cuadrado.pdf>