



# **UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE QUITO**

**CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL Y ADQUISICIÓN DE DATOS PARA LA  
DETECCIÓN Y EVALUACIÓN DE RUIDO EN ESPACIOS DE TRABAJO**

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de  
Ingeniero Industrial**

**AUTOR:** LISBETH BRITNEY CHULDE TIRIRA  
VINICIO RENÉ SIMBAÑA LARA

**TUTOR:** CRISTIAN CRISTOBAL CUJI CUJI

**Quito - Ecuador**

**2024**

## CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, Lisbeth Britney Chulde Tirira con documento de identificación N°: 172869993-3 y Vinicio René Simbaña Lara con documento de identificación N° 172286013-5 manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Quito, 25 de Enero del 2024

Atentamente,



LISBETH BRITNEY CHULDE TIRIRA

C.I.: 172869993-3



VINICIO RENÉ SIMBAÑA LARA

C.I.: 172286013-5

**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE  
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Nosotros, Lisbeth Britney Chulde Tirira con documento de identificación No. 172869993-3 y Vinicio René Simbaña Lara con número de identificación No. 172286013-5 expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Trabajo experimental: “DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL Y ADQUISICIÓN DE DATOS PARA LA DETECCIÓN Y EVALUACIÓN DE RUIDO EN ESPACIOS DE TRABAJO”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de Ingeniero Industrial, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 25 de Enero del 2024

Atentamente,



LISBETH BRITNEY CHULDE TIRIRA

C.I.: 172869993-3



VINICIO RENÉ SIMBAÑA LARA

C.I.: 172286013-5

## **CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Yo, Cristian Cristóbal Cují Cují, con documento de identificación N° 1718002221 docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: “DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL Y ADQUISICIÓN DE DATOS PARA LA DETECCIÓN Y EVALUACIÓN DE RUIDO EN ESPACIOS DE TRABAJO”, realizado por Lisbeth Britney Chulde Tirira con documento de identificación No. 172869993-3 y Vinicio Rene Simbaña Lara con documento de identificación No. 172286013-5, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Artículo Académico, que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 24 de Enero del 2024

Atentamente



Ing. CRISTIAN CRISTOBAL CUJI CUJI

C.I.: 171800222-1

**Tutor de Tesis**

## **DEDICATORIA Y AGRADECIMIENTO**

En la finalidad de esta etapa quiero agradecer a Dios por darme sabiduría y saberme guiar por el camino del bien.

En la finalización de esta etapa tan importante de mi vida debo expresar mis más sincero y profundo agradecimiento a mi padre Manuel Jesús Quishpe Medina y mi madre Hermita Marlene Tirira Bolaños por creer en mi porque gracias a ellos puedo culminar mis estudios y gracias a su sabiduría me han sabido guiar por un camino del bien este logro y triunfo es gracias a ellos les agradezco de todo corazón.

A mi esposo Sebastián Terán que me ha acompañado en este camino de estudio ha sabido apoyarme en cada etapa de mi carrera creyendo en mi brindándome toda su comprensión y amor, pero sobre todo a una persona en especial mi hermosa hija Lia a quien amo demasiado y es quien me acompañó desde mi barriguita en el último semestre hoy en día es mi principal motivación para culminar con esta etapa de estudiante universitaria y convertirme en una profesional.

Lisbeth Britney Chulde Tirira

¡Muchas gracias!

## **DEDICATORIA Y AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar, agradezco a Dios por ser mi guía y sostén en la realización de mis proyectos y metas, por ser quien me da la sabiduría y capacidad para poder desarrollarme en esta profesión. Y por haberme permitido llegar hasta este punto y darme la salud para lograr mis objetivos.

A mis padres René Simbaña y Yolanda Lara por ser responsables de forjar en mí la persona que soy en la actualidad, mucho de mi logro se lo debo a ustedes, me formaron con muy buenos valores. Gracias por compartir conmigo buenos y malos momentos, por ser el soporte emocional y darme el apoyo necesario durante el transcurso de la realización de esta ingeniería. Son la razón para levantarme cada mañana y esforzarme por el presente y el futuro.

A mi hermano y hermanas por confiar en mí en cada peldaño a alcanzar, por brindarme su apoyo y motivarme en este proyecto a través de sus sinceros deseos de mi desarrollo personal.

A mis maestros por ser facilitadores de conocimientos y contribuir al alcance de otro escalón en mi formación académica tanto moralmente como de forma integral. Aquellos que marcaron cada etapa de nuestro camino universitario, y que me ayudaron en la asesoría y dudas presentadas en la elaboración de mi tesis.

A mi jefa la Dra. Doris Jácome por otorgar los permisos necesarios durante todo este tiempo para poder desarrollar mi carrera profesional.

Vinicio René Simbaña Lara

¡Muchas gracias!

## INDICE

<b>I.</b>	<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>II.</b>	<b>MARCO TEÓRICO</b> .....	5
2.1	Normas iso .....	5
2.1.1	Norma Internacional ISO 1999 .....	5
2.2	Estimación del riesgo auditivo por exposición a ruido según la Norma ISO 1999:1990.....	8
2.3	Hipoacusia inducida por ruido .....	8
2.4	Ruido.....	10
2.5	Características físicas del ruido.....	11
2.5.1	Nivel de exposición.....	11
2.5.2	Velocidad del Sonido .....	12
2.5.3	Frecuencia .....	12
2.5.4	Espectro.....	13
2.6	PARÁMETROS DEL RUIDO .....	14
2.7	CLASIFICACIÓN DEL RUIDO .....	15
2.7.1	Ruido Continuo .....	15
2.7.2	Ruido Estable .....	16
2.7.3	Ruido Intermitente .....	16
2.7.4	Ruido Impulsivo.....	16
2.7.5	Ruido Tonal .....	16
2.7.6	Ruido de Fondo.....	17
2.8	Contaminación por ruido .....	17
2.9	Fuentes generadoras de ruido.....	19
2.9.1	Las industrias .....	19

2.9.2	Las Constructoras.....	20
2.9.3	Los vehículos automotores- tráfico rodado.....	20
2.9.4	El tráfico Aéreo.....	21
2.9.5	.....	22
2.10	Efectos del ruido .....	22
2.11	Sistema de control y adquisición de datos del sonido.....	24
2.12	Medidas de control.....	26
<b>III.</b>	<b>DESAROLLO .....</b>	<b>28</b>
3.1	Monitoreo de ruido en espacio de trabajo .....	28
3.2	Diseño del estudio.....	28
3.3	Enfoque de estudio.....	29
3.4	Plan de trabajo.....	29
3.5	Instrumentos de medida .....	30
3.5.1	El sonómetro .....	30
3.6	Evaluación de ruido .....	31
3.7	Caracterización de los elementos utilizados para la elaboración de red de sensores .....	33
3.8	Desarrollo de esquema en proteus.....	38
3.9	Desarrollo de un algoritmo a través del microcontrolador Arduino nano 3 para la detección de ruido en espacios determinados.....	40
3.10	Medición de presión sonora obtenido .....	41
3.11	Sensor para la detección y evaluación de ruido .....	42
3.12	Elaboraciones redes sensores. ....	43
3.13	Desarrollo de un algoritmo a través del microcontrolador Arduino nano 3 para la obtención de datos de ruido en un espacio. ....	44
3.13.1	Diagrama de Flujo.....	44
3.13.2	Pseudocódigo del diagrama de flujo .....	45
<b>IV.</b>	<b>ANÁLISIS Y RESULTADOS.....</b>	<b>47</b>



4.1	Toma de datos con la ayuda de sensores de ruido y sonómetro.....	47
<b>V.</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	<b>56</b>
5.1	Conclusiones .....	56
5.2	Recomendaciones.....	57
5.3	Trabajos futuros .....	58
<b>VI.</b>	<b>REFERENCIAS</b> .....	<b>59</b>

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Características del Sonómetro.....	31
<b>Tabla 2.</b> Escala de niveles sonoros de presión .....	32
<b>Tabla 3.</b> Valores obtenidos con sensores del horario Matutino el día lunes .....	50
<b>Tabla 4.</b> Valores obtenidos con sonómetro del horario Matutino en día Lunes....	51
<b>Tabla 5.</b> Valores obtenidos con sensores del horario Nocturno el día lunes.....	52
<b>Tabla 6.</b> Valores obtenidos del horario Matutino el día Viernes .....	53
<b>Tabla 7.</b> Valores obtenidos del horario Matutino el día Viernes .....	54

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Corte transversal del oído derecho, en el cual se muestran las partes anatómicas más representativas del aparato auditivo. ....	9
<b>Figura 2.</b> Velocidad de propagación del sonido.....	12
<b>Figura 3.</b> Demostración audiometría.....	12
<b>Figura 4.</b> Ondas acústicas [12].....	14
<b>Figura 5.</b> Ubicación Geográfica del estudio.....	28
<b>Figura 6.</b> Lugar donde se va a realizar el estudio.....	28
<b>Figura 7.</b> Sonómetro utilizado en el estudio UNI-T 353.....	30
<b>Figura 8.</b> Curva de ponderación A, B, C representando la corrección auditiva....	33
<b>Figura 9.</b> Microcontrolador Arduino nano .....	34
<b>Figura 10.</b> Sensor de sonido KY-037 .....	34
<b>Figura 11.</b> Cables dupont hembra a hembra .....	35
<b>Figura 12.</b> Regulador de voltaje LM 7805.....	35
<b>Figura 13.</b> Condensador electrolítico radial de aluminio.....	36
<b>Figura 14.</b> Condensador de tantalio de 10UF .....	36
<b>Figura 15.</b> Bornera .....	37
<b>Figura 16.</b> Desarrollo de esquema en proteus .....	39
<b>Figura 17.</b> Partes empleadas en el algoritmo .....	41
<b>Figura 18.</b> Sistema de Ruido en Arduino en Tinkercad .....	42
<b>Figura 19.</b> Principio de elaboración de sensor .....	43
<b>Figura 20.</b> Segundo día de elaboración de red. ....	43

<b>Figura 21.</b> red se sensores finalizada. ....	44
<b>Figura 22.</b> Sensor de sonido KY-037 activados.....	44
<b>Figura 23.</b> Diagrama de flujo .....	45
<b>Figura 24.</b> Graficas captadas con sensores Aula 1 .....	47
<b>Figura 25.</b> Valores Captados con sonómetro Aula 1 .....	48
<b>Figura 26.</b> Graficas captadas con sensores en el Coliseo.....	48
<b>Figura 27.</b> Valores Captados con sonómetro en el Coliseo .....	49
<b>Figura 28.</b> Graficas captadas con sensores en el Patio.....	49
<b>Figura 29.</b> Gráfica de valores obtenidos con sensores del horario Matutino el día lunes.....	50
<b>Figura 30.</b> Gráfica de valores obtenidos con sonómetro del horario Matutino en día lunes .....	51
<b>Figura 31.</b> Valores obtenidos del horario Nocturno el día lunes .....	52
<b>Figura 32.</b> Valores obtenidos del horario matutino el día Viernes .....	53
<b>Figura 33.</b> Valores obtenidos del horario nocturno el día viernes .....	54
<b>Figura 34.</b> Investigación de datos de la medición sonora .....	60
<b>Figura 35.</b> Registro de datos de la medición sonora .....	60
<b>Figura 36.</b> Elaboración de prototipo .....	60
<b>Figura 37.</b> Registro de datos de la medición sonora .....	60
<b>Figura 38.</b> Elaboración de prototipo .....	60
<b>Figura 39.</b> Ubicación de sensores .....	60

# **DETECCIÓN Y EVALUACIÓN DE RUIDOS EN ESPACIOS DE TRABAJO UTILIZANDO SISTEMAS DE CONTROL Y ADQUISICIÓN DE DATOS.**

## **Resumen**

A continuación, se presentarán los resultados obtenidos mediante una placa Arduino nano 3 la cual fue puesta en cinco diferentes puntos de la Universidad Politécnica Salesiana. La utilización del modelo se implementó con el fin de poder medir los niveles de sonido a la cual estudiantes y docentes están aventurados día a día. Este proyecto fue realizado mediante diferentes softwares los cuales fueron Arduino y LabVIEW ayudándonos de códigos que arrojaran datos donde nos permiten saber el nivel de dB que existen dentro de cada punto a estudiar.

**Palabras Clave:** Decibelios con ponderación, Simulación, Presión sonora

## **Abstract**

Next, the results obtained using an Arduino nano 3 board will be presented, which were placed in five different points of the Salesian Polytechnic University. The use of the model was implemented in order to be able to measure the noise levels to which students and teachers are exposed on a daily basis. This project was carried out through different software which were Arduino and LabVIEW helping us with codes that arrogated data where they allow us to know the dB level that exists within each point to be studied.

**Keywords:** Decibels with weighting, Simulation, Sound pric

## I. INTRODUCCIÓN

El problema central es la falta de mediciones de ruido utilizando metodologías tecnológicas. Cabe destacar que no existen estudios que aborden este tema dentro del contexto de análisis de este trabajo, es decir, no se ha incluido un análisis de información que ponga a relucir el control en universidades, por lo que este trabajo será el primero a tomar como referencia. El sonido ambiente presente en la Jurisdicción Metropolitana de Quito surge como consecuencia del desarrollo y expansión de la ciudad, impulsados por las necesidades de sus residentes para desplazarse, construir edificaciones, establecer industrias, realizar actividades comerciales, de ocio y diversas acciones humanas. Este fenómeno se ha transformado en el tercer inconveniente ambiental más relevante en la zona. Por lo tanto, el ruido ambiental representa un desafío indicador para la salud de la población de Quito, especialmente para aquellos inmersos en procesos educativos, donde la concentración es crucial.

La escasa información existente en relación a los impactos adversos de sonido ambiental en el ámbito pedagógico ha llevado a que las fundaciones no adopten medidas protectoras ni lleven a cabo monitoreos del ruido ambiental para comprender la situación acústica a la que se enfrentan tanto los estudiantes como los profesores, así como los bienes derivados de una exhibición regular. Las fuentes de ruido no son consistentes y su percepción está influenciada por diversos factores. A nivel global, se han desarrollado varios indicadores para medir el nivel de ruido equivalente tanto durante el día como durante la noche [1].

La acción humana desde la revuelta industrial ha causado una grave contaminación ambiental, provocando extensos daños en todos los ecosistemas naturales del planeta. Este daño abarca actividades como la minería, la deforestación y diversas formas de contaminación del aire, entre otras, afectando la salud de los seres vivos en el Dominio. Con la evolución enfocada en mejorar el estilo de vida y adaptarse a entornos urbanos, se han originado diversas formas de contaminación que perjudican la salud de seres humanos, flora y fauna en entornos

domésticos. Entre estas, se destacan la contaminación del aire, del agua, lumínica, acústica, entre otras.

La salud puede verse afectada de diversas maneras por la exposición prolongada al ruido, generando incomodidades, alteraciones en el sueño, impactos negativos en el ámbito del sistema cardiovascular y metabólico, así como en las limitaciones cognitivas observadas en los niños. Para abordar este problema, resultan fundamentales herramientas como la sensibilización, la planificación y el control [2]. Específicamente, este trabajo se enfoca en los sistemas de control; el presente estudio se origina de la poca información que se dispone en relación al ruido ambiental en la Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito y la vinculación entre los niveles de incomodidad experimentados. Se llevará a cabo una investigación sobre los niveles de ruido en esta institución, enfocándose en la experiencia de estudiantes y docentes a través de una herramienta específica, como una red de sensores.

El ruido ambiental tiene impactos en distintos sectores sociales, entre ellos, el ámbito educativo, donde es fundamental mantener un entorno controlado en términos de sonido para facilitar el apropiado desarrollo de los procesos de enseñanza y aprendizaje. Dado que la enseñanza y el aprendizaje son procesos que demandan una atención significativa, es esencial proporcionar a docentes y estudiantes un entorno con niveles de ruido bajo control. Por lo tanto, resulta imprescindible llevar a cabo investigaciones que permitan identificar y evaluar las condiciones de los espacios destinados a la educación en relación con el ruido ambiental.

La investigación actual tiene como propósito llevar a cabo la detección y evaluación de los niveles de ruido en diversos espacios de trabajo de la Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito, tales como aulas, patios, bibliotecas, coliseo, cafeterías, entre otros. Se busca obtener información sobre los niveles de ruido ambiental a los que se encuentran expuestos los individuos durante sus actividades académicas cotidianas y contrastar estos resultados con las pautas establecidas por la legislación nacional y los criterios definidos por entidades internacionales como la Organización Mundial de la Salud (OMS).

Captar la apreciación acerca del grado de incomodidad experimentado por estudiantes y profesores, se llevará a cabo a través de la utilización de software como LabVIEW, Matlab u otras herramientas similares. Este proceso permitirá identificar las áreas principales afectadas por el ruido. En última instancia, la información recopilada será de utilidad para la comunidad en general y estará accesible para ser empleada por la Universidad en indagaciones futuras coherentes con la problemática abordada.

Estos datos son importantes para mitigar la contaminación acústica en espacios educativos, sobre todo la incidencia de la misma y los efectos a nivel salud que pueden provocar. El trabajo se enfoca en un análisis in situ utilizando una red de sensores. Los principales beneficiarios de este trabajo y donde recae su importancia es la comunidad educativa de la Universidad Politécnica Salesiana como académicos y técnicos que pretendan comprender la dinámica del ruido y su medición dentro de estos entornos.

El análisis del entorno laboral adecuado representa uno de los elementos fundamentales que las empresas necesitan enfrentar. Las iniciativas empresariales deben dirigirse a la mejora del entorno laboral y al rendimiento de los empleados. En el ámbito educativo, el ruido emerge como uno de los riesgos ambientales más prominentes. La exposición a peligros ocupacionales podría llevar a una reducción en la calidad y eficiencia laboral, afectando el comportamiento del bienestar y la salud de los empleados, incluyendo eventos relacionados con enfermedades y accidentes laborales. Por consiguiente, la identificación y evaluación de riesgos laborales se erige como una actividad esencial para cumplir con el Sistema de Gestión de Seguridad y Salud de los trabajadores. Además, este proyecto de carácter académico pretende tener un costo bajo, este prototipo de redes de sensores puede mejorar con una mayor inversión, claro está.

El objeto de estudio del trabajo será la corporación educativa de la Universidad Politécnica Salesiana de Quito, donde se necesite un análisis de contaminación auditiva. Realizar una detección y evaluación de ruidos en espacios de trabajo de la Universidad Politécnica Salesiana empleando sistemas para el control y la captación de información.



Se realiza una exploración descriptiva, dentro del estudio esto servirá para puntualizar el ruido y sus niveles dentro de la Universidad Politécnica Salesiana; en espacios como aulas, patios, cafeterías, coliseos, etc. de tipo cuantitativo.

## **II. MARCO TEÓRICO**

### **2.1 NORMAS ISO**

#### **2.1.1 Norma Internacional ISO 1999**

La presente Norma Internacional, titulada "Acústica – Evaluación de la exposición al ruido laboral y estimación de la pérdida auditiva provocada por el ruido", ofrece una correlación relación estadística entre la exposición al sonido y el cambio sostenido en el umbral auditivo. [2].

Dada la dificultad ética de llevar a cabo experimentos deliberados que afecten la audición humana, como inducir pérdidas auditivas mediante la exposición a ruidos controlados, los investigadores optaron por recopilar extensos conjuntos de datos derivados de situaciones en entornos laborales ruidosos. La amplia variedad de situaciones analizadas ha posibilitado establecer reciprocidades de gran relevancia estadística, las cuales constituyen la base integral de esta Norma. A pesar de que la información fue recopilada en entornos laborales particulares, con precauciones adecuadas, se pueden generalizar a situaciones de exposición al ruido fuera del ámbito laboral. [3].

La Norma ISO (1999) existe en dos versiones, y como es habitual, la más reciente es la que está en vigor, que corresponde a la edición de 1990. La distinción entre ambas radica en que la edición única de 1975 instituía un juicio para evaluar el riesgo auditivo, proporcionando una definición de la pérdida auditiva total basada en las peculiaridades de la exhibición. Esto implica la necesidad de tomar providencias sobre lo que se considera aceptable [3].

De este modo, un estándar menos estricto podría argumentar que una disminución promedio de 30 dB no representa un perjuicio para la audición, mientras que una norma más rigurosa podría establecer un término de 10 dB en todas las frecuencias. Sin embargo, la edición actual se circunscribe a indicar cuál es el cambio previsible en el umbral auditivo bajo condiciones específicas de exposición, asignando a cada usuario la responsabilidad de establecer qué nivel se considera aceptable y cuál no. [3].

La Norma ISO 1999 tiene dos ediciones, de las cuales, como sucede siempre, la que tiene vigencia es la más reciente (1990). La diferencia entre ambas es que en la edición original se establecía un criterio para valorar el riesgo auditivo, es decir, se proporcionaba una definición de pérdida auditiva global en función de las características de la exposición. Ello implica tomar ciertas decisiones en cuanto a lo que se considera aceptable. Así, un criterio permisivo consideraría que una pérdida promedio de 30 dB no implica deterioro de la audición, mientras que un criterio más exigente podría imponer un límite de 10 dB en todas las frecuencias. La nueva edición, en cambio, se limita a decir cuál es el desplazamiento del umbral esperable ante determinadas condiciones de exposición, dejando a cada usuario la responsabilidad de definir cuánto se considera aceptable y cuánto no.

La segunda edición de esta Norma Internacional, actualmente en vigencia, se titula “Acústica – Determinación de la exposición a ruido laboral y estimación de la pérdida auditiva inducida por ruido” (ISO, 1975).

A los efectos de la Norma, se utiliza la siguiente terminología y simbología:

- LpA se refiere al Nivel de Presión Sonora compensado en A (nivel sonoro A). La compensación en A implica el uso de un filtro que reduce los componentes de baja frecuencia (graves) y alta frecuencia (agudas) antes de realizar la medición, con la premisa de que su impacto es menos perjudicial. [4].
- LAeq, T se refiere al Nivel de Presión Sonora compensado en A continuo equivalente (nivel sonoro continuo equivalente). Se trata del nivel sonoro promedio calculado a lo largo de un período de tiempo T. [4].
- LEX, 8h se refiere al Nivel de Exposición al Ruido referido a 8 horas. Este nivel sonoro representa el sonido constante durante un período de 8 horas que causa el mismo efecto que el ruido dado durante el tiempo real en el que ocurre. [4].
- H se refiere al Desplazamiento del Umbral Auditivo causado por el envejecimiento. [4].

- N hace referencia al Desplazamiento del Umbral Auditivo provocado por la exposición al ruido. [4].
- H' representa el Desplazamiento del Umbral Auditivo causado por la combinación de envejecimiento y exposición al ruido. [4].
- Q se refiere al Fractil, que indica la fracción de la población con una capacidad auditiva inferior a un umbral específico dado. [4].

El indicador que facilita la medición o descripción del nivel de deterioro auditivo es el desplazamiento del umbral, que corresponde al aumento en el nivel mínimo de presión sonora detectable. Este desplazamiento varía según la frecuencia y puede estar influenciado por diversos factores. En el contexto de esta normativa, los factores considerados incluyen el género, la edad y la exposición al ruido. [4].

Es importante destacar que esta Norma no define un criterio específico para determinar la aceptabilidad de un desplazamiento particular del umbral auditivo. En este sentido, no proporciona directamente la proporción de individuos afectados por una intensidad y duración específicas de exposición al ruido, ya que no ofrece una definición clara de lo que se considera "afectado". En lugar de eso, se limita a establecer la distribución estadística de los desplazamientos auditivos asociados con dicha exposición, sin intentar evaluar su valor [1].

Indudablemente, hay criterios existentes respaldados tanto por leyes y estándares como por asociaciones científicas. No obstante, estos no están incluidos en la Norma Internacional ISO 1999, que claramente otorga al usuario la libertad de elegir el criterio que considere más apropiado [1].

Un estándar que es ampliamente aceptado define como hipoacúsico a una persona cuyo umbral auditivo muestra un desplazamiento promedio de 25 dB en las asiduidades de 500 Hz, 1000 Hz y 2000 Hz. El criterio se alinea de manera significativa con la noción de hipoacusia funcional en términos de la comprensión de la palabra [1].

Este enfoque permite identificar el porcentaje de la población que podría ser clasificado como con pérdida auditiva frente a una exposición específica. La disparidad entre los porcentajes asociados al efecto conjunto de la edad, ruido, y aquellos

relacionados únicamente con la edad, se denomina como el riesgo de deterioro sensorial atribuible al ruido [1].

## **2.2 Estimación del riesgo auditivo por exposición a ruido según la Norma ISO 1999:1990**

El efecto del ruido laboral sobre la audición humana es conocido desde tiempos remotos.

Ocupaciones como la herrería, la calderería y otras industrias metalúrgicas conducían a la larga a la sordera de quienes las practicaban.

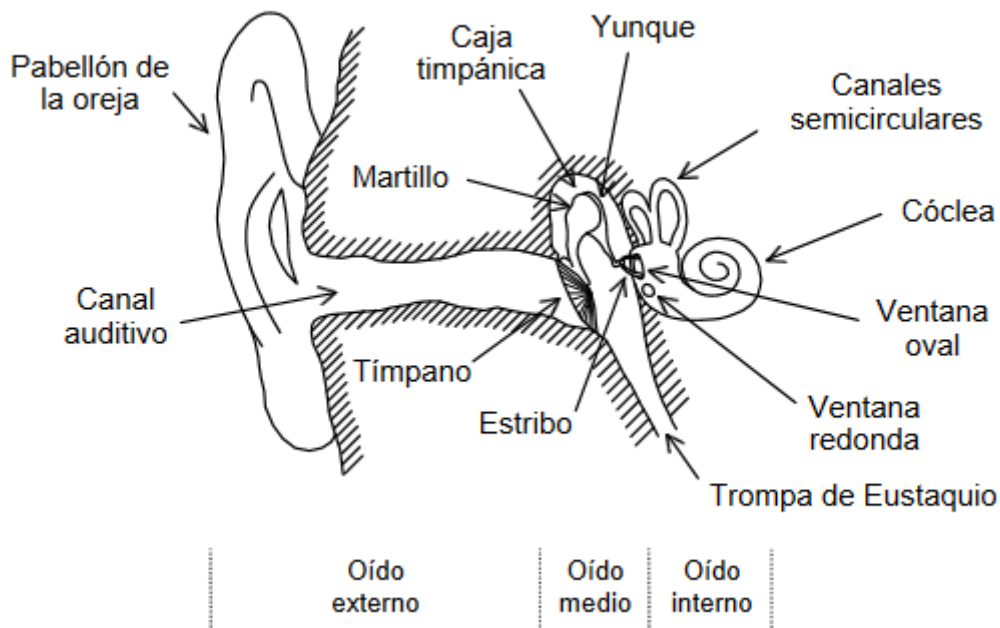
Hacia el año 1700, Bernardino Ramazzini (1633-1714) describía, en su obra “De Morbis Artificum Diatriba”, los efectos del ruido sobre la audición de los broncistas en estos términos: “...Existen broncistas en todas las urbes y en Venecia se agrupan en un solo barrio; allí martillan el día entero para dar ductilidad al bronce y fabricar luego con él vasijas de diversas clases; allí también sólo ellos tienen sus tabernas y domicilios, y causan tal estrépito que huye todo el mundo de un paraje tan molesto. Dáñase pues principalmente el oído del continuo fragor y toda la cabeza, por consiguiente; ensordecen poco a poco y al envejecer quedan totalmente sordos; el tímpano del oído pierde su tensión natural de la incesante percusión que repercute a su vez hacia los lados en el interior de la oreja debilitando y pervirtiendo todos los órganos de la audición...” (Werner et al., 1995; González, 2000)

## **2.3 Hipoacusia inducida por ruido**

Para comprender los mecanismos de la hipoacusia inducida por ruido es conveniente conocer la estructura anatómica y funcional del aparato auditivo.

El oído está formado por tres secciones claramente diferenciadas, el oído externo, el oído medio y el oído interno. Las secciones externas (pabellón y canal auditivo) y media (tímpano, caja timpánica, huesecillos, trompa de Eustaquio) cumplen funciones conductivas y protectoras, mientras que la sección interna tiene funciones perceptivas.

Más específicamente, el oído externo focaliza el sonido hacia el tímpano, provocando una modificación del espectro selectiva con la dirección de procedencia del sonido, lo cual tiene importancia en la audición direccional (especialmente en el plano de elevación). Además, protege al tímpano frente a la introducción de objetos y partículas externas, para lo cual posee pilosidades y segrega cerumen, que arrastra lentamente hacia afuera la suciedad. La secreción de cerumen es, asimismo, más copiosa cuando el individuo está sometido a ruidos intensos, tendiendo lentamente a reducir la efectividad del conducto auditivo.



**Figura 1.** Corte transversal del oído derecho, en el cual se muestran las partes anatómicas más representativas del aparato auditivo.

Una característica de los dosímetros que la diferencia de un medidor de nivel sonoro integrador es la existencia de un nivel umbral, generalmente configurable por el usuario, por debajo del cual no se integra, por ejemplo 80 dBA. Cuando los niveles involucrados son bastante mayores (por ejemplo, 90dBA), o bien la dosis registrada es importante (por ejemplo, 50%), el error cometido al utilizar el dosímetro como integrador es despreciable. Pero para dosis bajas el error puede ser considerable.

Estamos interesados específicamente en los mecanismos de la hipoacusia inducida por ruido. Digamos antes que hay dos tipos de hipoacusias: las conductivas y las perceptivas. Las hipoacusias conductivas se originan en algún mal funcionamiento del oído externo o del oído medio, es decir, constituyen trastornos de la conducción del sonido.

Las hipoacusias perceptivas pueden afectar a las células ciliadas (hipoacusia coclear) o al nervio auditivo (hipoacusia retrococlear). En cualquiera de los dos casos son en general irreversibles. Pueden originarse en malformaciones congénitas (muchas veces debidas a determinadas enfermedades de la madre, como la rubéola, durante las etapas del embarazo críticas para la formación del aparato auditivo) o por sobre estimulación, como en el caso de la exposición a ruidos muy intensos.

Las hipoacusias inducidas por ruido pueden ser a su vez de dos clases: las ocasionadas por algún accidente auditivo (por ejemplo, una explosión demasiado cerca del oído), cuya consecuencia puede variar desde una perforación del tímpano hasta la destrucción del oído interno, y las causadas a lo largo de años de exposición.

## **2.4 Ruido**

Al ruido se lo define como un ruido no deseado que, debido a sus características, ocasiona molestias a las personas afectadas. Además, se clasifica como una representación de contaminación energética, ya que no implica la manifestación de sustancias extrañas al aire, sino la liberación de energía vibratoria. Constituye el contaminante más prevalente y puede ser caracterizado como cualquier sonido que el receptor considere como algo fastidioso, indeseado, inoportuno y desagradable. Lo que una persona percibe como música puede ser interpretado como sonido por otra. [5].

Como definición generalizada adoptamos la más efectista: “el ruido es un sonido no deseado”, y persiste como tal desde que en 1951 la American Standard Association lo caracterizó como tal. Por otra parte, René Chocholle (1964) amplió el concepto: “el ruido es un fenómeno acústico productor de una sensación auditiva desagradable, y en su aspecto físico es un sonido, y son las circunstancias subjetivas de los receptores quienes determinan la clasificación de un sonido como ruido”. Por lo tanto el ruido tiene dos atributos; por una parte es un fenómeno físico y, por otra es una sensación auditiva en el receptor. De lo expresado se deduce que un sonido puede provocar reacciones placenteras, neutras o agresivas y, que en esta clasificación intervienen factores subjetivos por parte de quien los analiza o percibe.

El sonido es uno de los más importantes efectos del progreso, de tal forma que para poder determinar su impacto en el ser vivo se debe considerar el tipo de admisión y su intensidad. En este sentido, el oído es la parte receptora que recibe la intensidad de cada ruido, ocasionando diversos altercados en los individuos, entre uno de lo más principal se tiene la pérdida auditiva. Por lo tanto, es de gran importancia tener en cuenta este tipo de contaminación que requiere una atención oportuna [6].

Las principales causas de ruido incluyen las actividades industriales, comerciales, de construcción y la circulación de vehículos como automóviles, barcos y aviones. Además, ciertas actividades humanas en entornos urbanos, tanto grandes como pequeños, contribuyen significativamente al ruido. Por lo tanto, las fuentes generadoras de sonido se dividen en dos categorías: fuentes fijas y móviles. [7].

El ruido ambiental no puede ser considerado simplemente como una complicación temporal; representa un altercado para la salud pública. [8]. La Organización Mundial de la Salud (OMS) ha identificado al sonido como la principal fuente de molestia ambiental en naciones industrializadas. Investigaciones indican que las puntuaciones en pruebas estandarizadas de personas expuestas a entornos ruidosos son, en ocasiones, inferiores al promedio, lo que repercute negativamente en el desarrollo personal de dichos individuos. [9].

## **2.5 Características físicas del ruido**

Desde el punto de vista físico el sonido es un movimiento ondulatorio con una intensidad y frecuencia determinada que se transmite en un medio elástico (Aire, Agua o Gas), generando una vibración acústica capaz de producir una sensación auditiva.

La energía sonora generada por una fuente se desplaza a través de cualquier tipo de material (ya sea sólido, líquido o gaseoso) hace a una prontitud específica de ese medio. Sin embargo, no puede propagarse en la ausencia del aire. [3]. Según Herreros [10], La incomodidad derivada del ruido está vinculada a ciertas propiedades físicas que describimos a continuación:

### **2.5.1 Nivel de exposición**

Los niveles elevados de sonido tienen impactos más perjudiciales y resultan molestos. Según las recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud (OMS), se aconseja una exposición máxima de 85 dB (A) durante 8 horas al día. La probabilidad de sufrir daño auditivo es baja por debajo de los 75 dB (A). Cada aumento de 3 decibelios duplica la intensidad del ruido, aumentando así el peligro de lesiones, también implica que el tiempo de exposición debe disminuir a la mitad. [10].



### 2.5.2 Velocidad del Sonido

La velocidad del sonido se refiere a la distancia que sigue la onda en un intervalo de tiempo específico, medida en una orientación dada. En el método internacional de unidades (S.I.), se expresa en metros por segundo (m/s). Este valor está sujeto a variaciones según factores como la presión, humedad, temperatura, entre otros. [10].

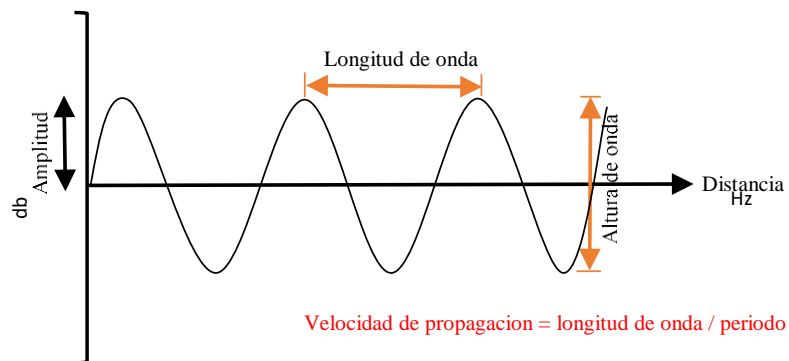


Figura 2. Velocidad de propagación del sonido

### 2.5.3 Frecuencia

El oído muestra una mayor sensibilidad a las frecuencias altas en comparación con las bajas. Por lo tanto, el sonido de la periodicidad se percibe como más inquietante y fastidioso que el ruido de baja asiduidad.

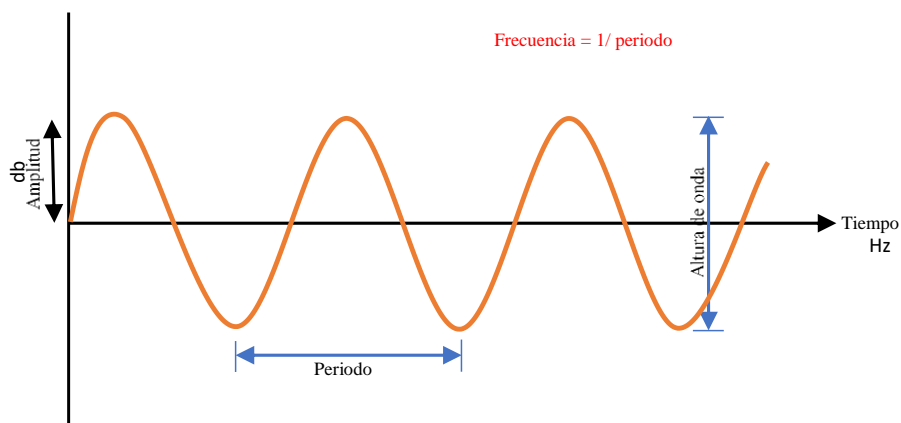


Figura 3. Demostración audiometría

#### 2.5.4 Espectro

La incomodidad causada por el ruido es más intensa cuando se trata de acentos puros (o Ruido que contienen componente tonal) en comparación con el ruido de banda ancha caracterizado por alteraciones temporales. El desagrado es más pronunciado en situaciones de ruido discontinuo que en aquellas de sonido constante. [10].

Varios factores adicionales afectan el grado de contrariedad auditiva. Como, la incomodidad será más pronunciada en situaciones de ruido con reverberación (o eco) en comparación con el ruido constante o inmóvil. Además, la molestia será considerablemente mayor en el de ruido "inteligible" (como las conversaciones de vecinos) en comparación con el ruido ininteligible (como el sonido del viento) [10].

Es considerado como un contaminante atmosférico porque se propaga a través del aire, pero, además, produce vibraciones perceptibles en elementos sólidos: pisos, techos y paredes. En este contexto existen tres elementos que interactúan, y que deben ser considerados en cualquier trabajo de investigación sobre este contaminante. En primer lugar, la fuente generadora del ruido que varía en número — dato estadístico— y en el tiempo. En segundo término, el medio a través del cual el ruido se propaga y llega a nuestros oídos. El tercer elemento es el receptor que también tiene su aspecto estadístico, puede tratarse de un grupo reducido de personas o de una comunidad, aunque cada miembro de ambas agrupaciones podrá tener distinta sensibilidad, aspecto que también puede variar con el tiempo. Los tres elementos aludidos no son independientes, su interacción es considerable, pero además, se apoyan en otras tres dimensiones no excluyentes: el espacio que tendrá una determinada extensión, el impacto acústico con distintos niveles de presión y las características psicosociales y culturales [10].

Otro tema a tener en cuenta es la propagación en zonas urbanas donde intervienen varios factores: los edificios que actúan como barreras y, que a su vez reducen notablemente los niveles sonoros en la parte posterior de los mismos. También ejercen como pantallas que reflejan nuevamente los sonidos hacia la calzada creando un espacio semireverberante entre estos, sobre todo si la separación entre ellos no es muy grande, evitando la disminución rápida de los niveles sonoros del tráfico. Este efecto se acentúa en calles donde los edificios tienen alturas de 10 a 12 plantas. En definitiva, la morfología urbana obra como factor atenuante o sobredimensiona los efectos: calles estrechas que fortalecen

el ruido por el efecto “cañón”, en el que participan las edificaciones a ambos lados de las calles, haciendo aumentar en ocasiones el nivel sonoro en 5 dB.

## 2.6 PARÁMETROS DEL RUIDO

La periodicidad de un ruido y de una onda de vibración en general es una dimensión física de gran relevancia, de acuerdo con el Bureau. [11], “El oído humano de un adulto normal solo es capaz de detectar ondas acústicas entre 20 y 20000 Hz” [12].

- Infrasonidos: Rango de frecuencias de 0 a 20 Hz.
- Graves: Frecuencias de 20 a 400 Hz.
- Medios: Frecuencias de 400 a 1600 Hz.
- Agudos: Frecuencias de 1600 a 20,000 Hz.
- Ultrasonidos: Frecuencias superiores a 20,000 Hz.

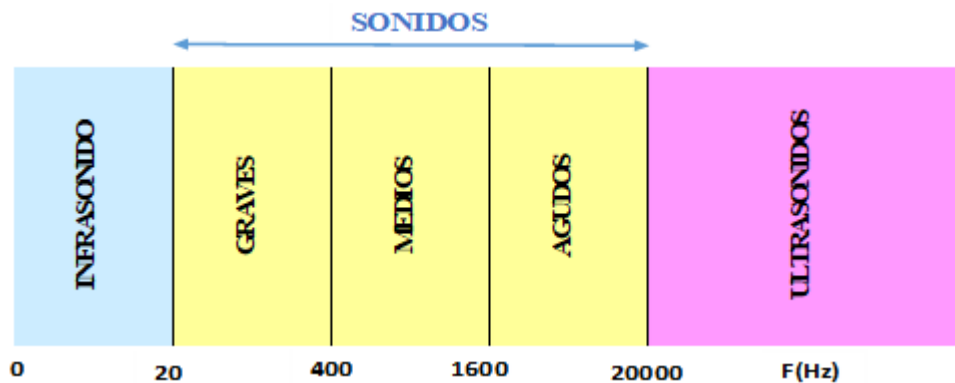


Figura 4. Ondas acústicas [12].

## **2.7 CLASIFICACIÓN DEL RUIDO**

En nuestros hogares y lugares de trabajo, es común escuchar sonidos provenientes de sistemas de ventilación o calefacción, a los que generalmente no les prestamos mucha atención porque no poseen rasgos distintivos. Estos sonidos son constantes y carecen de tonalidad, pero si un ventilador se detiene o comienza a emitir un zumbido, ese cambio podría captar nuestra atención o incluso resultar irritante. Nuestros oídos son capaces de identificar información en los sonidos que percibimos. Aquella información que no necesitamos o no deseamos escuchar se convierte en ruido. Lo que hace que prestemos atención a un ruido son características como tonos o variaciones en el nivel de sonido. Un tono más pronunciado o un cambio más brusco en el nivel de sonido hacen que el ruido sea más notable.

Al medir el ruido, es importante determinar su tipo para poder elegir los parámetros adecuados para la medición, el equipo necesario y la duración de las mediciones. Frecuentemente, necesitamos usar nuestro sentido auditivo para identificar y destacar los aspectos molestos del ruido antes de comenzar a tomar medidas, analizarlas y documentarlas.

Las propiedades del ruido que captan la atención humana son los tonos o las variaciones en el nivel de sonido. La notoriedad del ruido desarrolla cuanto más destacado sea el tono o más abrupto sea el cambio en el nivel sonador. Hay diversos tipos de ruido, cada uno con sus propias características distintivas.

### **2.7.1 Ruido Continuo**

El ruido continuo proviene de la maquinaria lo cual funciona de manera constante y sin interrupciones, como, bombas, equipos de proceso y ventiladores. Para evaluar el nivel de ruido, es suficiente realizar mediciones durante un tiempo utilizando un dispositivo manual. Según la definición de Cortez [12], el ruido estacionario o continuo es aquel en el que el Nivel de Influencia Acústica (NPA) es constante con el tiempo, y si hay picos, estos ocurren en momentos inferiores a un segundo. Ejemplos de ruidos continuos incluyen el de un ventilador o una máquina de elaboración continua. Los sonidos continuos pueden clasificarse como variables o estables.

### **2.7.2 Ruido Estable**

Cuando el Nivel de Presión Sonora Ponderado A (NPA) en un punto permanece esencialmente constante con el tiempo, y al medirlo con el sonómetro en la configuración SLOW, la diferencia entre los valores máximos y mínimos es menor a 5 dB(A), se considera como ruido constante.

Por otro lado, cuando el NPA oscila más de 5 dB(A) a lo largo del tiempo, un ruido variable puede descomponerse en múltiples segmentos de ruido constante, como por ejemplo, en una jornada laboral: 1 hora a 85 dB(A), 5 horas a 91 dB(A), 2 horas a 93 dB(A).

### **2.7.3 Ruido Intermitente**

Las maquinarias funcionan en ciclos como cuando hay vehículos aislados y aviones, se observa un aumento y disminución abrupta en el nivel de ruido. Por cada uno de los ciclos de una fuente de sonido de maquinaria, el nivel de ruido que se alcanza a medir de manera similar a un ruido continuo. Sin embargo, es esencial tener en cuenta la duración de cada ciclo [13].

### **2.7.4 Ruido Impulsivo**

El ruido generado por eventos como impactos o explosiones, como los producidos por un martinete, troqueladora o pistola, se denomina ruido impetuoso. Con la clase de ruido es caracterizado por ser abrupto y breve, y su impacto suele generar más incomodidad de la prevista. Para evaluar la naturaleza del nivel del ruido, la cual puede emplear la diferencia entre un parámetro de respuestas rápidas y otro de respuestas lentas [14].

Según Cortez [12], Conforme a la explicación proporcionada, se caracteriza como ruido de impacto o impulso aquel en el cual el Nivel de Presión Acústica (NPA) experimenta una disminución exponencial con el tiempo, y las variaciones entre dos picos consecutivos de nivel acústico ocurren en un intervalo de tiempo superior a un segundo, con un tiempo de acción igual o menor a 0,2 segundos. [14].

### **2.7.5 Ruido Tonal**

Los sonidos molestos pueden originarse de dos maneras. En muchas ocasiones, las máquinas con componentes rotativos, como motores, cajas de cambios,

ventiladores y bombas, generan tonos. Los desequilibrios o impactos repetidos provocan vibraciones que, al transmitirse a través de las superficies al aire, pueden percibirse como tonos audibles. Asimismo, los flujos pulsantes de líquidos o gases, originados por procesos de combustión o restricción del flujo, también pueden producir tonos. La identificación subjetiva de los tonos se realiza al escucharlos, mientras que la identificación objetiva puede lograrse mediante análisis de frecuencias [14].

### **2.7.6 Ruido de Fondo**

El ruido de fondo es la señal sonora que se mide cuando la fuente en estudio no está emitiendo ruido” [14]. Para prevenir posibles inexactitudes en la medición, es esencial si el ruido de base puede estar influyendo en los resultados. Al realizar mediciones con la fuente bajo evaluación tanto encendida como apagada, se podrá identificar si el ruido generado por esta última tiene un impacto significativo.

## **2.8 Contaminación por ruido**

La contaminación acústica, también conocida como contaminación por ruido, se relaciona al exceso del ruido que alteran los contextos ambientales normales de la ubicación específica. A diferencia de las formas de contagio, el ruido no se acumula, se transporta o persiste en el tiempo, sin embargo, ocasiona graves daños en las personas si no es controlada de forma adecuada [6].

El contagio acústico se define como la existencia en el entorno de sonidos o vibraciones, independiente del origen de emisión, que generen incomodidad, riesgo o perjuicio para las personas, sus actividades o cualquier tipo de propiedad, y que también tengan efectos reveladores como el medio ambiente [15].

Los organismos internacionales han señalado que la exposición excesiva a la contaminación acústica presenta el riesgo significativo de provocar una disminución notable en la capacidad auditiva. Además, existe la posibilidad de desarrollar trastornos psicológicos, como paranoia y perversión, que pueden afectar lo fisiológico. Además de estos riesgos, la contaminación sónica perturba diversas actividades comunitarias, como el sueño y el descanso, afectando la concentración y el aprendizaje. Incluso más

preocupante, puede generar estados de cansancio y tensión que podrían derivar en enfermedades de tipo nervioso y cardiovascular [15].

El ruido representa un contaminante ambiental primordial con consecuencias perjudiciales para la salud de la población y su bienestar general. Según la jurisprudencia del Tribunal Europeo de Derechos Humanos, el ruido se considera una seria amenaza para la salud de los ciudadanos, infringiendo su derecho al respeto de su hogar y obstaculizando la plena disfrute de dicho entorno. [6].

Según lo afirmado en la resolución emitida por el Tribunal Supremo el 24 de febrero del 2003, "la exposición prolongada a un nivel elevado de ruidos tiene graves consecuencias sobre la salud de las personas, sobre su integridad física y moral y su conducta social", Dado que se han identificado las intrusiones de ruido provenientes de un establecimiento de entretenimiento, existe un peligro potencial de perjuicio significativo para la salud de las personas.

En el contexto de las preocupaciones ambientales, el informe de la OEFA (Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental, 2015) concluye que en la actualidad la contaminación acústica representa uno de los inconvenientes más significativos con potencial impacto en la población. La exhibición a niveles eminentes de ruido puede incitar en las personas diversos efectos negativos como estrés, hipertensión, vértigo, desvelo, dificultades en el dialecto y pérdida de audiencia. Cabe destacar que los niños, en particular, se ven afectados en sus capacidades de aprendizaje.

Las razones detrás de la contaminación acústica son variadas y se originan a partir de la actividad humana [16]:

- La primordial fuente de contaminación de audición proviene de la industria, ya que genera niveles significativos de ruido a gran escala, exponiendo a la población a niveles peligrosos de contaminación.

- La zona industrial es la que genera mayor contaminación sonora ya que produce sonidos a grandes escalas y esto hace que la población esté sometida a unos horizontes de contaminación peligrosos.
- El tráfico contribuye significativamente al contagio sonoro, dado que el sonido resultante de los motores y la fricción generada por la relación del vehículo con el suelo y aire es notable. Este fenómeno se convierte en un factor relevante de contaminación, especialmente en áreas urbanas de gran tamaño, donde la cantidad considerable de personas que utilizan vehículos aumenta significativamente.
- La circulación de aeronaves, en particular los aviones, produce un considerable conjunto de ruido contaminante, originado por la prontitud del aire y el funcionamiento de sus motores.

En las grandes ciudades, la realización de obras públicas y construcciones es una fuente común de ruido. Aunque a menudo lo percibamos como algo habitual en nuestra sociedad, es importante tener precaución, ya que el sonido producido por este tipo de diligencia puede alcanzar a ser perjudicial debido a las emisiones de ruido significativas que genera.

## **2.9 Fuentes generadoras de ruido**

### **2.9.1 Las industrias**

La expansión del ruido generado dentro de las instalaciones industriales hacia las áreas circundantes puede ocasionar inconvenientes ambientales, especialmente cuando estas zonas están altamente pobladas. En general, el nivel de ruido tiende a aumentar con el nivel de potencia que se le da a cada maquinaria, siendo problemas más severos dentro de las propias fábricas [17].

En el ámbito industrial, la generación de sonidos puros a frecuencias específicas es un desafío, ya que suele haber una variedad de ruido simultáneos. En términos generales, se



puede afirmar que, si el ruido se origina en el funcionamiento de maquinaria interna de procesos, es probable que contenga una mayor cantidad de elementos de baja frecuencia. Por otro lado, si proviene de fuentes que expresan al exterior directamente, como ventiladores o atalayas de refrigeración, es más probable que esté compuesto principalmente por componentes de alta frecuencia.

### **2.9.2 Las Constructoras**

El ruido derivado de la construcción de edificios y obras públicas se asocia con el empleo de una variedad de equipos, como mezcladoras de concreto, grúas, martillos neumáticos, compresores y actividades como operaciones de soldadura y martilleo.

El ruido en la construcción es un problema creciente en la actualidad. Afecta al medio ambiente y a la salud de las personas.

A modo de ejemplo, se pueden establecer medidas preventivas y de protección tales como:

- Medidas de control de ruido en la fuente, tales como encierros y pantallas acústicas
- Realizar un adecuado mantenimiento de los equipos de trabajo
- Sustituir los equipos de trabajo obsoletos por otros menos ruidosos
- Planificar el trabajo de tal forma que durante las tareas ruidosas no estén expuestas personas no relacionadas con dichas tareas
- Reducir los tiempos de exposición mediante rotaciones que alterne tareas ruidosas con otras menos ruidosas
- Hacer uso de equipos de protección auditiva adecuados a los niveles de presión sonora

### **2.9.3 Los vehículos automotores- tráfico rodado**

El tipo de ruido principalmente intermitente: al aproximarse un vehículo individual al lugar de observación, se experimenta un aumento en el nivel de ruido que alcanza su punto máximo y luego disminuye a medida que el vehículo se aleja. Sin embargo, cuando se trata de un ligado de vehículos que conforman un flujo de comercio, ya sea moderado o denso, andando por una vía principal, se genera un sonido más seguido, aunque pueden

destacar picos ocasionales debido a vehículos defectuosos, vehículos pesados y algunas motocicletas [8].

La rapidez del desplazamiento ejerce una considerable influencia en la generación de ruido, evidenciándose un incremento de aproximadamente 9 dB(A) en el nivel de sonido al duplicar la velocidad promedio del tráfico. Este ruido suele ser abundante en dispositivos de baja frecuencia, originándose tanto en el motor y las transmisiones como en la fricción con la superficie y aire [8].

#### **2.9.4 El tráfico Aéreo**

Ruido originado con los aeródromo genera notables perturbaciones en los contextos de vida de las comunidades circundantes, afectando incluso áreas urbanas extensas y, en algunos casos, zonas rurales. En esta situación, la generación de ruido está vinculada a la velocidad del movimiento del aire, siendo las operaciones de despegue y aterrizaje los principales generadores de impacto sonoro.

- **Fuentes del ruido en aeronaves:** El ruido generado por los aviones proviene principalmente de dos fuentes: los motores y la aerodinámica. Los motores, especialmente durante el despegue, producen altos niveles de ruido debido al escape de gases a alta velocidad. El ruido aerodinámico se produce cuando el aire fluye alrededor de la estructura del avión, incluyendo las alas y el fuselaje, especialmente durante el aterrizaje cuando se despliegan dispositivos como flaps y spoilers.
- **Impacto en las comunidades cercanas:** Las áreas cercanas a los aeropuertos están más expuestas al ruido del tráfico aéreo. Este ruido puede afectar la calidad de vida, interrumpiendo el sueño, reduciendo la calidad del ambiente y potencialmente afectando la salud de los residentes locales.
- **Mediciones y regulaciones:** Existen normativas específicas para controlar y medir el ruido del tráfico aéreo. Estas incluyen restricciones en los niveles de ruido permitidos, particularmente durante la noche, y el seguimiento del ruido a través de estaciones de monitoreo en y alrededor de los aeropuertos.

### **2.9.5 Las Actividades Humanas Desarrolladas en las Comunidades o Barrios**

Además las fuentes mencionadas, viven diversas otras que consiguen tener una huella significativa en la generación de ruido. Por ejemplo, en el interior de los edificios, el ruido puede originarse a partir de dispositivos como calderas y acondicionadores de aire. También es relevante tener en cuenta el ruido derivado de actividades en la vecindad, como el ocio en locales de planta baja, la recolección de basura y el uso de cortadoras de césped, entre otros.

Los perjuicios causados por el ruido están directamente coherentes con su intensidad y periodicidad. Por ejemplo, las aeronaves emiten niveles de intensidad muy elevados; no obstante, este ruido es de carácter temporal y suele afectar principalmente a aquellas personas que residen la cercanía de los aeropuertos o que trabajan en ellos [13].

### **2.10 Efectos del ruido**

Los impactos del ruido en el entorno pueden resumirse en los siguientes aspectos:

- Problemas medioambientales, como tal agotamiento de reservas debido a al abuso económico descontrolado.
- El desgaste de la excelencia de la atmósfera y del agua como resultado de un avance industrial mal planificado.
- La contaminación sonora generada por el tráfico.
- La ausencia, como ocasiones de forma irreversible, de numerosas especies de fauna y flora debido a la presión social.

En términos generales, la degradación del entorno causada por la actividad humana está directamente vinculada con el tratamiento agresivo y poco considerado que se le ha dado al medio ambiente, llegando a constituir una fuente significativa de agresiones físicas, psicológicas y sociales.

La condición de deterioro ambiental es especialmente manifiesta en contextos urbanos, al extremo de que se podría aseverar que la urbe se ha transformado en el emblema de la problemática ambiental. La ausencia de inclusión de la conciencia ecológica en las estrategias urbanas ha impactado en el crecimiento cuantitativo en detrimento del cualitativo, siendo en gran medida culpable de la presente coyuntura de decadencia [18].

En el terreno de la planificación urbana, prevalece la implementación de los postulados del funcionalismo, los cuales promueven una rigurosa separación de las actividades de acuerdo con su función y la especialización de los usos del suelo. Este enfoque acarrea repercusiones desfavorables para el entorno ciudadano [18].

La expansión territorial y la segregación espacial y social en las zonas metropolitanas han dificultado considerablemente la existencia urbana, ya que obligan a los habitantes a incrementar significativamente su movilidad y a depender en gran medida del uso constante del automóvil. En este patrón urbano, la persona se integra de manera difícilmente deslizable con el vehículo.

Las repercusiones ecológicas de esta planificación urbana son variadas y abundantes, abarcando la congestión y saturación del entorno, la polución del aire, los ruidos molestos, la gradual disminución de áreas públicas absorbidas por el tráfico, y en última instancia, la merma de tiempo, espacio y energía, generando un impacto sustancial en la salud y el bienestar de la población [4].

La deterioración del medio ambiente causada por el sonido, al igual que ocurre con otros elementos contaminantes, genera un efecto destacado y visible en la salud y la calidad de vida tanto a nivel individual como comunitario. La salud, según indican varios estudios, está significativamente afectada por los elementos ambientales que definen el entorno en el que se desarrolla la existencia humana [4].

En esta situación, el sonido posee la capacidad de perturbar la estabilidad y la concordia, transformándose en un elemento generador de estrés que puede ocasionar distintas modificaciones tanto en la salud como en la conducta. La exploración de los impactos del sonido en los seres humanos ha sido tema de interés para diversos investigadores, generando una amplia cantidad de estudios tanto en ambientes de laboratorio como en situaciones de la vida cotidiana, y resultando en numerosas publicaciones a lo largo de las últimas décadas.

Las consecuencias derivadas del sonido no son siempre fácilmente medibles y, en algunas situaciones, ni siquiera son plenamente comprendidas, dado que dependen de la reacción subjetiva tanto de las personas como de diversas especies que podrían ser impactadas. En consecuencia, en tales instancias, es imperativo evaluarlas una vez que se han producido.

### **2.11 Sistema de control y adquisición de datos del sonido**

Un sistema de supervisión se caracteriza por la existencia de elementos que permiten influir en el rendimiento del sistema. Los sistemas de captura de información, como su nombre sugieren, son productos o procedimientos diseñados para recopilar datos con el fin de documentar o analizar un fenómeno. En una forma básica, un profesional que anota la temperatura de un horno en un registro está realizando la adquisición de datos [19].

Como indica su nombre, estos son elementos y/o métodos utilizados para obtener información con el objetivo de registrar o analizar un fenómeno. En su forma más elemental, un profesional que anota la temperatura de un horno en un documento está realizando la captura de datos.

Este procedimiento implica la toma de muestras de señales que registran las condiciones físicas del mundo real y convierte las muestras resultantes en valores numéricos que pueden ser procesados mediante una computadora. Los sistemas de captura de datos, comúnmente conocidos como "DAS" o "DAQ", por sus siglas en inglés, típicamente transforman las formas de onda analógicas en valores digitales para su ulterior procesamiento. Entre los elementos clave de los sistemas de captura de datos se encuentran [14]:

- Dispositivos sensoriales, empleados para convertir los parámetros físicos en señales eléctricas.
- Circuito de acondicionamiento de señal, diseñado para transformar las señales provenientes de los sensores en una forma apta para su conversión a valores digitales.
- Convertidores analógico-digitales, encargados de transformar las señales provenientes de los sensores acondicionados en valores digitales.

Las utilidades de captura de datos suelen ser controladas por programas de software elaborados mediante diversos lenguajes de programación de uso general, tales como BASIC, Assembly, C, C++, Fortran, Java, Lisp, LabVIEW, entre otros. Además, hay conjuntos de software de código abierto que proporcionan todas las herramientas esenciales para adquirir datos desde distintos dispositivos de hardware.

Estos recursos son originarios de comunidades científicas en las cuales experimentos complejos demandan la asistencia de software rápido, flexible y adaptable. Estos conjuntos suelen ser adaptados de acuerdo a las necesidades específicas y se implementan en diversos experimentos de física a nivel global.

Las señales eléctricas originadas por los sensores integrados en el sistema se introducen en dispositivos de captura de datos, los cuales convierten las señales en formato digital y las transfieren a un disco duro u otro medio de almacenamiento para su posterior procesamiento y análisis mediante herramientas de software especializado [4]. Ya sea evidente o no, la captura de datos desempeña una función esencial en campos como la investigación en ciencias de la vida, la ingeniería civil y el mantenimiento industrial.

Este proceso puede ser ajustado a distintos contextos, ya sea en áreas públicas, con objetivos de investigación en entornos de laboratorio, o en cualquier otro escenario que requiera un dispositivo de captura de datos para supervisar de manera discreta diversos parámetros. Una vez recopilada, la información puede ser utilizada para optimizar la eficiencia operativa de una empresa, asegurar la confiabilidad de los procesos o garantizar el funcionamiento seguro de maquinaria específica, como aquella relacionada con la temperatura.

Como fue mencionado anteriormente, los componentes fundamentales de un sistema de captura de datos (DAQ) incluyen la interfaz de operador, el controlador y la entrada/salida (E/S). Aunque en el pasado estos sistemas solían ser cerrados, en la actualidad están experimentando una transición hacia un enfoque más abierto para satisfacer las necesidades de los usuarios finales. Los sistemas abiertos permiten a los usuarios combinar componentes de diversos proveedores con la seguridad de que funcionarán de manera compatible. A continuación, resaltaremos algunos de los principales beneficios asociados con los sistemas de captura de datos abiertos [20]:

- Es posible elegir el componente de mayor rendimiento para cada función.
- La competencia entre diversos proveedores en cada área de componente conlleva una disminución de los costos.
- En caso de que un dispensero deje de fabricar un dispositivo, beneficiario final tiene la opción de cambiar a otro que esté en actividad.

## **2.12 Medidas de control**

Después de identificar el ruido, llevar a cabo la medición y evaluación correspondientes, es necesario implementar medidas de control en la Origen, en los medios de transmisión y, por último, en el receptor. El propósito de estas acciones es suprimir la fuente de ruido mediante la implementación de estrategias de control ingenieril destinadas a disminuir los niveles de ruido. en los puntos más elevados, como transformadores, generadores, turbinas, compresores, entre otros.

Para lograr la eliminación eficaz del ruido en un entorno laboral, siempre se debe tener en cuenta al planificar nuevos equipos o procesos. El análisis del control o eliminación del ruido debe respaldarse con una base de datos que ayude a la empresa a seleccionar los equipos de trabajo adecuados [11].

Dentro de las estrategias técnicas para controlar el ruido, las más efectivas son aquellas que se enfocan en gestionar el ruido en el mismo lugar donde se genera. Dado que las máquinas constituyen las fuentes principales de ruido, es crucial ejercer mayor precaución durante la adquisición de nuevas máquinas. Una parte significativa de los desafíos relacionados con el control del ruido puede abordarse de manera eficiente durante el proceso de selección de las máquinas, lo que facilitará la reducción o eliminación del ruido de manera más efectiva [21].

Otras prácticas laborales que disminuyan la exposición al ruido y contribuyan a mejorar las condiciones de trabajo incluyen la elección de equipos de trabajo que generen niveles mínimos de sonido, el diseño y disposiciones adecuadas de zonas y estaciones de trabajo, así como la provisión de información y formación apropiadas para enseñar a los trabajadores a utilizar el equipo de trabajo de manera correcta [13].

La administración del ruido involucra diversas acciones, tales como la utilización de barreras, cercos y cubrimientos con materiales que absorben el sonido, así como la

transmisión a través de sólidos mediante técnicas de amortiguación o aislamiento. Además, se comprenden programas de mantenimiento apropiados, la estructuración de tareas laborales, la restricción de la duración e intensidad de la exposición, y una gestión adecuada del tiempo de trabajo. Estas iniciativas se centran en el control del ruido en la fuente, en la vía de transmisión y en el receptor.

Cuando la evaluación de riesgos indica que los trabajadores podrían enfrentarse a niveles de ruido que superan los límites máximos permitidos, se implementarán medidas preventivas y de control. Esto puede involucrar la señalización adecuada, la asignación de áreas designadas para el descanso de los trabajadores y programas de mantenimiento destinados a reducir el ruido de equipos y maquinaria a niveles compatibles con su propósito y condiciones de uso [14].



### III. DESAROLLO

#### 3.1 Monitoreo de ruido en espacio de trabajo

El estudio se realizó dentro de la Universidad Politécnica Salesiana situada en el Cantón Quito, en la posición 2°53'11"S de latitud y 78°59'23"O de longitud (Figura 4). Esta zona se caracteriza por tener mayor nivel de ruido debido al tráfico que existe en el distrito.

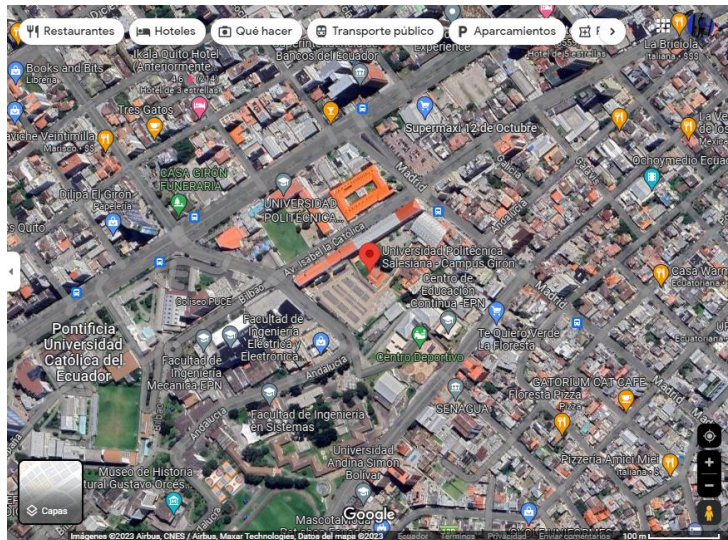


Figura 5. Ubicación Geográfica del estudio

#### 3.2 Diseño del estudio

Se llevó a cabo una investigación descriptiva, la cual se define como aquella que describe situaciones y eventos en fenómenos particulares, con el objetivo de especificar diversas cuestiones que evalúan cada una de las propiedades relevantes (Gómez, 2015). En el marco de este estudio, esta metodología se utilizó para proporcionar detalles específicos sobre el ruido y sus niveles dentro de la Universidad Politécnica Salesiana; en espacios como aulas, patios y coliseo (Figura 5).



Figura 6. Lugar donde se va a realizar el estudio

### **3.3 Enfoque de estudio**

Se realizó un estudio de índole cuantitativa con la finalidad de investigar los elementos de riesgo físico, en particular el ruido, y su relación con los problemas del oído. Este método implica la recolección y evaluación de información numérica con el propósito de alcanzar una comprensión más detallada del tema de estudio mediante métodos de medición (Hernández y colaboradores, 2015). En otras palabras, se tiene conocimiento del nivel de ruido dentro de la universidad.

### **3.4 Plan de trabajo**

En la realización de este artículo, se siguieron los subsiguientes pasos para su desarrollo:

**Fase I**, delimitar el área de estudio, mediante una visita previa en la cual se solicitará la autorización adecuada para llevar a cabo la medición de los niveles de ruido.

**Fase II**, con la ayuda de una tarea de área, se procederá a monitorear los niveles de ruido con la red de sensores, utilizando el EPP y empleando la siguiente manera:

- Inicialmente se calibra.
- Luego se ubica en el punto establecido
- Se colocan los sensores en cada ubicación de medición, se orienta hacia la fuente y se gira.
- La evaluación del nivel de presión sonora global se llevó a cabo de forma manual.

## 3.5 Instrumentos de medida

### 3.5.1 El sonómetro



**Figura 7.** Sonómetro utilizado en el estudio UNI-T 353

Es un instrumento de medida que calcula en dB, para este proyecto nosotros adquirimos un pequeño sonómetro, es portátil y funciona mediante pilas.

Un sonómetro es una herramienta de cálculo objetivo, Presión sonora repetida; como se calcula logarítmicamente, diremos que es Contador de horizonte de presión sonora.

Antes de empezar las mediciones, será característico calibrar el micrófono e instrumentos de medida, así comprobamos el perfecto funcionamiento del equipo garantizando la exactitud de la medición. Después de eso, se recomienda verificar la calibración una vez tomadas las medidas correspondientes [22].

**Tabla 1.** Características del Sonómetro

<b>CARACTERISTICAS</b>	<b>SONOMETRO UNI-T 353</b>
Rango	30 - 130 dB
Exactitud	$\pm 1.5$ dB
Respuesta Frecuente	31.5 Hz -8 KHz
Resolución	0.1 dB
Apagado Automático	5 minutos de inactividad
Batería	1.5 V Batería AAA
Tamaño LCD	32 mm x 26 mm
Peso	32 mm x 26 mm
Tamaño del Producto	150 mm x 52 mm x 27 mm
Accesorios	Baterías, manual, cojinete.

### **3.6 Evaluación de ruido**

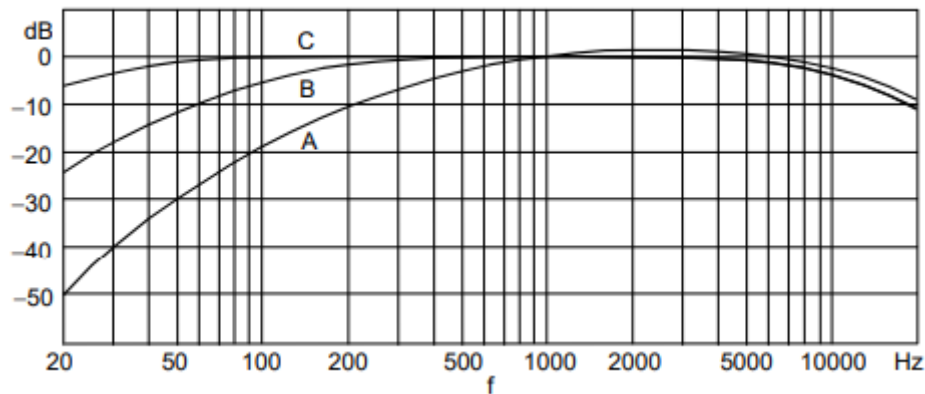
La reacción del oído ante la energía del sonido no sigue una relación lineal; es logarítmica, por lo que se emplea una escala logarítmica para la medición de los niveles de sonido. Esto refleja la respuesta real del oído humano [22].

**Tabla 2.** Escala de niveles sonoros de presión

<b>DECIBELIO</b>	<b>EJEMPLOS TÍPICOS</b>
140	Umbral del dolor
130	Molestias
120	
110	Martillo neumático
100	
90	Tráfico denso
80	
70	Conversación calmada
60	
50	Sala de estar
40	
30	Campo muy tranquilo
20	
10	Umbral de audición
0	

La escala de decibelios de presión es la más comúnmente empleada en el campo de la acústica (Tabla 2), donde la presión de referencia está establecida de manera que el límite auditivo a 1000 Hz se ubica en 0 dB. Se utilizan ejemplos concretos para ilustrar la magnitud de los niveles de sonido [22].

Las medidas colocadas en el filtro A siempre se expresan en dBA por igual en otro caso. La imagen única realmente no funcionó, porque la percepción de volumen en el caso de ruido polifónico o de amplio espectro no puede determinarse a partir del contorno enarmónico obtenido para tonos puros. Para eso se han popularizado los sonómetros con filtros A, B y C, que pueden realizar ajustes parciales en estudios posteriores realizados utilizando las herramientas existentes [23]



**Figura 8.** Curva de ponderación A, B, C representando la corrección auditiva

La aplicación supuesta de este curvo es que la curva A representa niveles viles y la curva B representa niveles medios y la Curvas C medias altas. Pero por el momento es el único se usa es A porque es fácil de usar y muestra una buena correlación entre Irritación o peligro con valores medidos y señales acústicas.

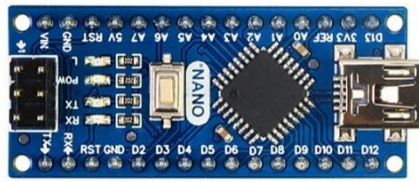
- **Curva A (dB(A)):** Esta curva representa la respuesta más próxima a la percepción del oído humano y evalúa la respuesta auditiva a niveles bajos de intensidad sonora. Se emplea para calcular el nivel de ruido. Esta curva se utiliza para la evaluación global.
- **Curva B (dB (B)):** Esta curva mide la contestación del oído a una intensidad moderada. Es difícil acostumbrarse porque no importan mucho en lugares de trabajo.
- **Curva C (dB(C)):** Esta curva calcula la contestación del oído al sonido de alta intensidad. También se utiliza para calcular el sonido más peligroso.

[24]

### 3.7 Caracterización de los elementos utilizados para la elaboración de red de sensores

Para Dar inicio a la red de sensores investigamos las características de cada material a ser usada y pudimos obtener la siguiente información:

✓ MICROCONTROLADOR ARDUINO NANO 3:



**Figura 9.** Microcontrolador Arduino nano

- Voltaje de funcionamiento 5 V
- Memoria Flash 32 KB de los cuales 2 KB utilizados por el gestor de arranque
- SRAM 2 KB
- Velocidad del reloj 16 MHz
- Clavijas IN analógicas 8
- EEPROM 1 KB
- Corriente continua por pernos de E / S 40 mA (pernos de E / S)
- Voltaje de entrada 7-12 V
- Pines de E / S digitales 22 (6 de los cuales son PWM)
- Salida PWM 6
- Consumo de energía 19 mA
- PCB Tamaño 18 x 45 mm

✓ SENSOR DE SONIDO KY-037

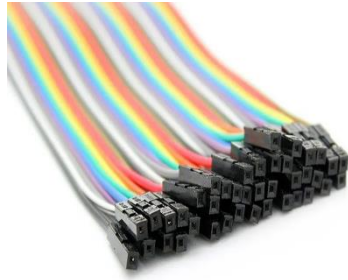


**Figura 10.** Sensor de sonido KY-037

- Voltaje de funcionamiento: 5 V.
- Salidas: Analógica y digital.
- Permite ajustar un nivel de umbral de salida.
- Usa el Micrófono Gao Gan grado, de alta sensibilidad.
- Interruptor digital salida (0 / 1)

- Temperatura: -40 a +85 °C.
- Dimensiones: 35 x 15 x 14 mm.
- Peso: 4 g.

✓ CABLES DUPONT HEMBRA A HEMBRA



**Figura 11.** Cables dupont hembra a hembra

- Material: Cobre / Plástico ABS.
- Longitud: 20 centímetros.
- Pitch: 2.54 cm.
- Número de pines disponible: 2 , 6, 4, 5, 6 y 8.
- Colores variados en el arnés.
- Excelente conductividad eléctrica.
- Cable flexible.
- Calibre 26 AWG

✓ REGULADOR DE VOLTAJE LM7805



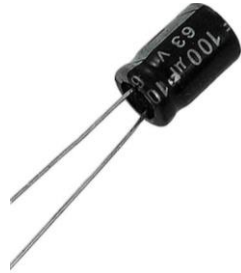
**Figura 12.** Regulador de voltaje LM 7805.

- Polaridad: regulador positivo.
- Tipo de regulador: lineal.
- Montaje: Through Hole.



- Encapsulado TO-220 de 3 terminales.
- Protección por alta temperatura.
- Protección contra corto circuito.
- Rango de voltaje de entrada: 7 a 35 VDC.
- Voltaje de salida: 5 VDC (fijo)

✓ CONDENSADOR ELECTROLÍTICO RADIAL DE ALUMINIO 100 UF 63 V



**Figura 13.** Condensador electrolítico radial de aluminio

- Capacitor electrolítico (Radial) de aluminio, de 100 uF
- 25 volts
- con corriente de fuga
- factor de disipación bajos
- rango de temperatura de +85 a -40° Celsius
- tolerancia de  $\pm 20\%$
- dimensiones de 6 x 12 mm.

✓ CONDENSADOR DE TANTALIO DE 10 UF



**Figura 14.** Condensador de tantalio de 10UF

- Pequeño tamaño
- una resistencia a alta temperatura
- una larga vida útil

- Voltaje: 25 V.
- Tolerancia: 10 %.
- Tamaño total: 3,5 x 2 x 2 mm
- una alta resistencia de aislamiento
- un pequeño error de capacidad
- un bajo ESR

✓ BORNERA 2 PINES



**Figura 15.** Bornera

- Tipo: Bornera
- Pines: Disponible 2, 3 y 4 pines
- Voltaje: 250V
- Corriente: 16 A
- Terminal tipo: Block
- Número de tornillos: 2, 3 y 4
- Para chasis o protoboard
- Para cable calibre: 26 – 14 AWG
- Tornillo de paleta
- Color: Azul
- Peso: 1 g

### **3.8 Desarrollo de esquema en proteus**

Al usar proteus siendo un sistema completo de diseño electrónico que combina un avanzado programa de captura de esquemas, un sistema de simulación mixto (analógico y digital) basado en Spice, y un programa para disposición de componentes en placas de circuito impreso y auto ruteado.

Los diferentes módulos que componen Proteus se pueden adquirir de forma independiente añadiendo nuevas funcionalidades a medida que aumentan nuestras necesidades de desarrollo y producción. Además, la capacidad de simular cada una de las familias de microprocesadores también es objeto de adquisición por separado. De esta manera podemos empezar adquiriendo unas funcionalidades básicas e ir adquiriendo progresivamente nuevas características aprovechando al máximo nuestras inversiones en la herramienta y asegurar al máximo los costes de inversión en el software [38].

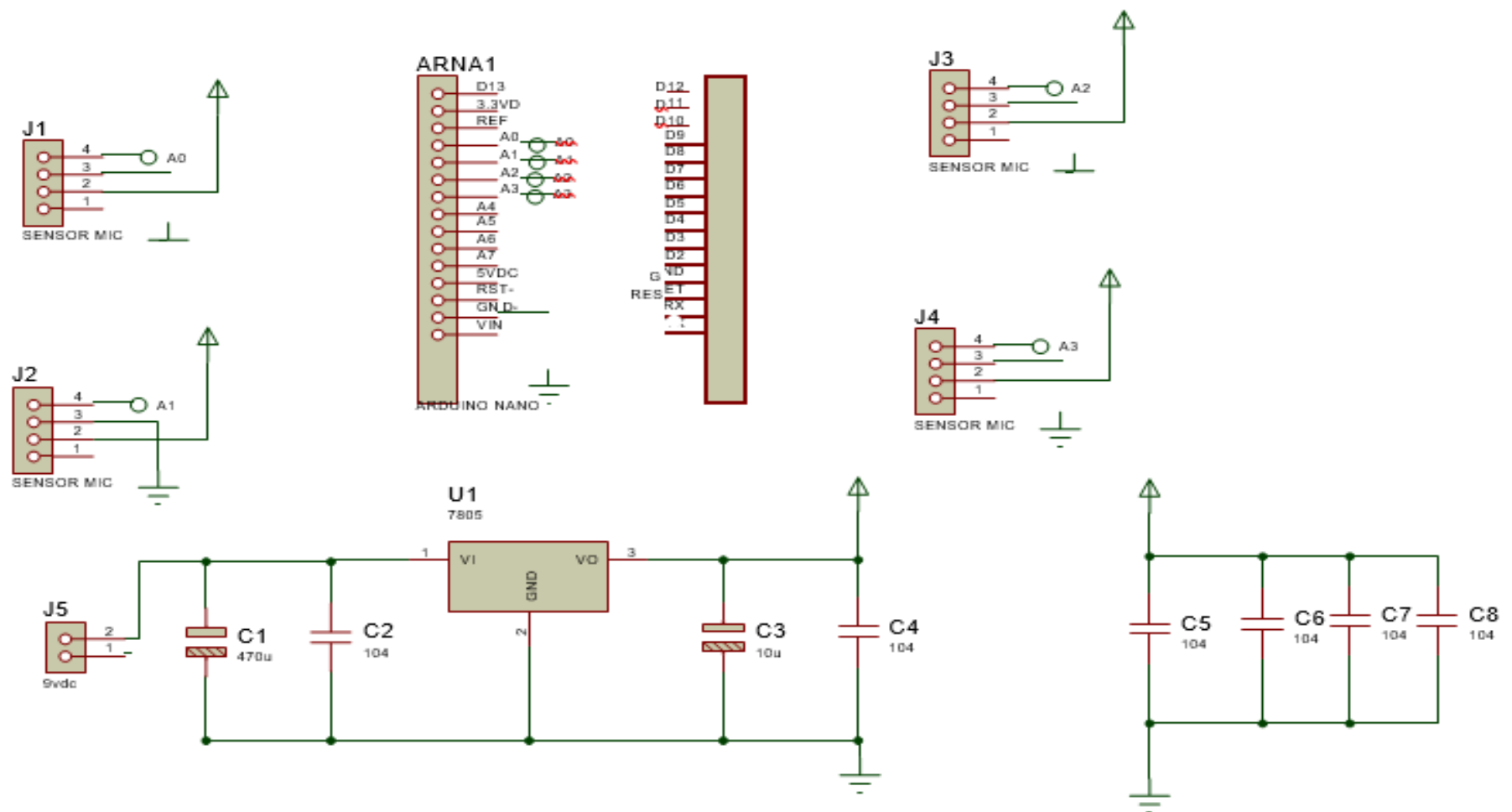


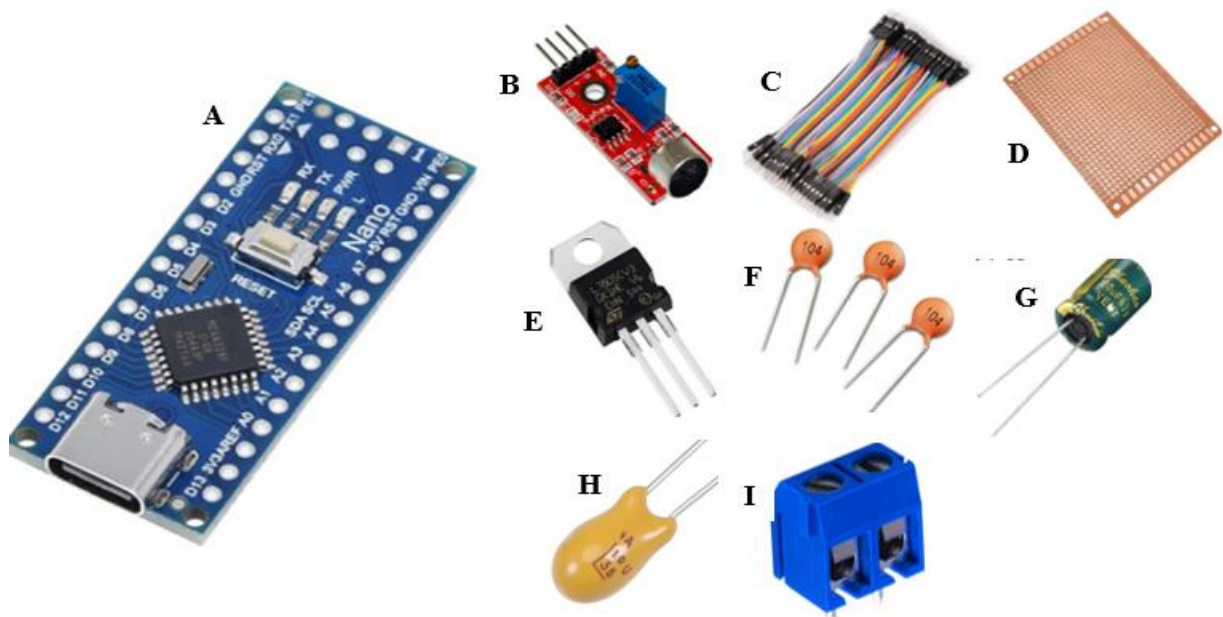
Figura 16. Desarrollo de esquema en proteus

En la figura 15 podemos observar como con la ayuda del software proteus simulamos nuestro plano eléctrico con elementos muy variables como los controladores que decidimos usar, así nos permitirá visualizar el comportamiento de diferentes componentes electrónicos, fuentes de alimentación e instrumentos de medida nos ayudamos de este esquema para comparar el funcionamiento de nuestra redes sensores elaborada y poder comprobar su funcionamiento correctamente y que cumpla con las especificaciones que decíamos obtener.

### **3.9 Desarrollo de un algoritmo a través del microcontrolador Arduino nano 3 para la detección de ruido en espacios determinados**

La configuración de hardware incluyo el microcontrolador Arduino Nano 3 (Figura 8-A), Sensor de sonido KY-037 (Figura 8-B), Cables Dupont hembra a hembra (Figura 8-C), Placa baquelita virgen 5x3 (Figura 8-D), Regulador de voltaje Lm7805 (Figura 8-E), Capacitor cerámico 104 (Figura 8-F), Condensador electrolítico radial de aluminio 100 uf 63 V (Figura 8-G), Condensador de Tantalio de 10 uf (Figura 8-H), Bornera 2 pines (Figura 8-I).

El sistema fue implementado y probado en la plataforma de Tinkercard antes de la realización física del prototipo. Esta etapa permitió la validación del sistema asegurándonos la traficación de niveles de ruidos y el funcionamiento adecuado de cada sensor de sonido, además el algoritmo fue desarrollado con código abierto y bibliotecas de Arduino para facilitar la implementación y adaptación.



**Figura 17.**Partes empleadas en el algoritmo

*Nota: A: Arduino Nano 3; B: Sensor de sonido KY-037; C: Cables Dupont hembra a hembra; D: Placa baquelita virgen 5x3; E: Regulador de voltaje Lm7805; F: Capacitor cerámico 104; G: Condensador electrolítico radial de aluminio 100 uf 63 V; H: Condensador de Tantalio de 10 uf; I: Bornera 2 pines*

Una vez que los sensores no presentaron fallos, se procedió a la medición de ruido en campo. Empezamos seleccionando 3 días los cuales iban hacer estudiados en 3 jornadas diferentes (mañana, tarde, noche) Esta frecuencia de muestreo nos permitió capturar la variación de ruido que existe en diferentes horarios, proporcionando información valiosa sobre el ruido dentro de la zona establecida.

### 3.10 Medición de presión sonora obtenido

Para calcular el Nivel de Presión Sonora Equivalente ( $L_{eq}$ ) en situaciones en las que la duración total de la exposición es extensa, pero se pueden identificar intervalos con operaciones repetitivas o sonidos continuos, se puede aplicar la fórmula que se presenta a continuación:

$$Leq(A) = 10 \times \log \sum_{i=1}^n 10^{NPSi/10}$$

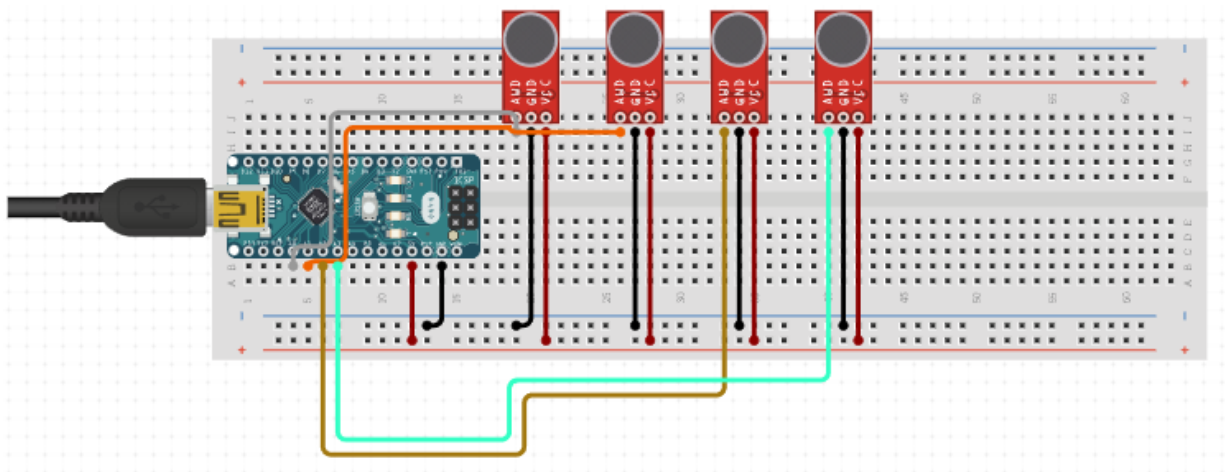
**Donde:**

NPSi: Nivel de presión sonora promedio de cada punto evaluado

### 3.11 Sensor para la detección y evaluación de ruido

En la figura 17 se puede observar cómo van a estar distribuidos los sensores de detección de ruido acompañado de un monitoreo que se establece en el programa LabVIEW Donde obtendremos datos en tablas que nos ayudaran a la detección de ruido del lugar establecido. Los datos revelan información de vital importancia sobre el ruido así podremos establecer el análisis.

Tinkercad es una herramienta en línea que nos ofrece en su sección de circuitos un diseñador, programador y simulador de circuitos electrónicos. Permite crear esquemas de circuitos que integran placas Arduino y componentes electrónicos básicos teniendo esto claro nos ayudamos de dicho programa para elaborar un prototipo y saber como quería nuestro proyecto ya en su finalidad y su desarrollo.

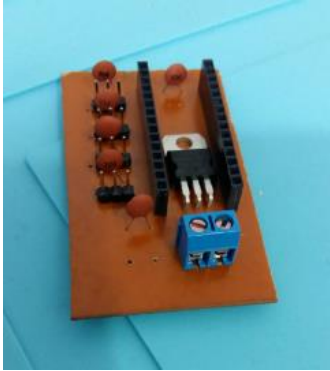


**Figura 18.** Sistema de Ruido en Arduino en Tinkercad

Para empezar, realizaremos el estudio en tres aulas de clases distintas la cual la primera aula será un aula del bloque B la cual tiene vista a la avenida Isabel la Católica, la segunda será otra del bloque B pero esa aula tendrá vista a las canchas de básquet de la universidad,

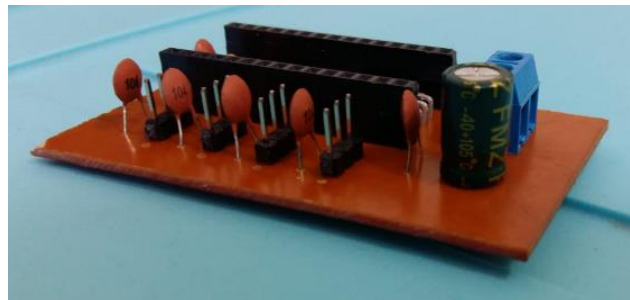
la última aula será una aula del bloque A la cual será una aula centrada donde no tenga vistas. En cada aula realizaremos el estudio en dos días distintos en dos horarios diferentes, los cuales decidimos que sea de la siguiente manera. Se realizarán los días (lunes y viernes) en dos jornadas distintas (Matutina, Nocturna).

### 3.12 Elaboraciones redes sensores.



**Figura 19.** Principio de elaboración de sensor

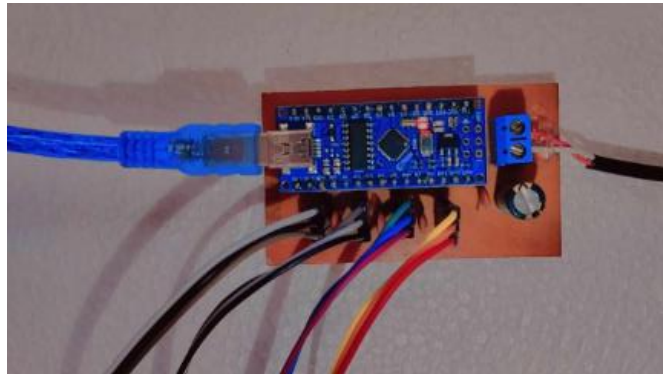
La figura 18 podemos observar como empezamos con la formación de los sensores es de un inicio, vemos que empezamos usando un regulador de voltaje junto a seis capacitores cerámicos un bupont.



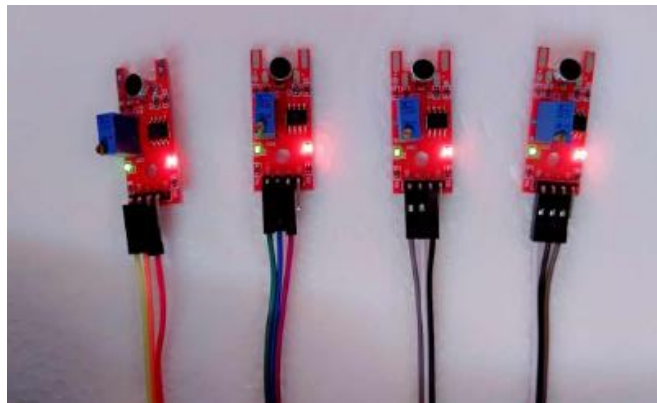
**Figura 20.** Segundo día de elaboración de red.



La figura 19 observamos la colocación de Condensador electrolítico radial de aluminio la cual no servirá como oscilador generador de frecuencia o modular señal, lo cual será utilizado como arranque eléctrico.



**Figura 21.** red se sensores finalizada.



**Figura 22.**Sensor de sonido KY-037 activados.

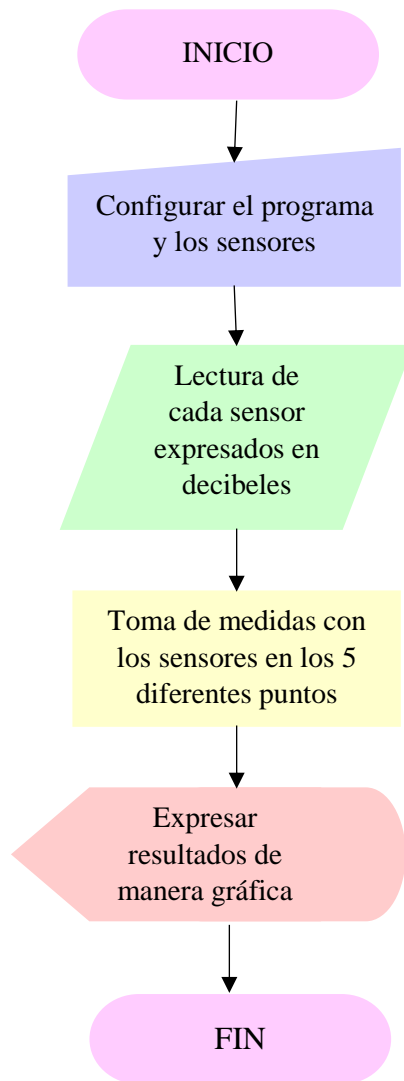
En la figura 20 y en la figura 21 podemos observar la red de sensores terminada junto a la placa nano 3 y los sensores de sonido ya en función al armar todo con la ayuda de el esquema ya desarrollado en proteus y Tinkercad la cual nos ayuda al completo desarrollo y saber que va a tener una perfecta funcionalidad

Cada sensor de sonido esta conectado a los cables hembra a hembra de diferente color de esta manera nos ayudara a guiarnos cual es cual sensor.

### **3.13 Desarrollo de un algoritmo a través del microcontrolador Arduino nano 3 para la obtención de datos de ruido en un espacio.**

#### **3.13.1 Diagrama de Flujo**

A continuación, mostraremos el diagrama de flujo utilizado para el progreso del código que fue programado en Arduino con la finalidad de que nos dé como resultado adquisición de datos en decibeles mediante 4 sensores:



**Figura 23.** Diagrama de flujo

A continuación, se ha creado el pseudocódigo del diagrama de flujo donde nos indica los procesos que se realizan con cada una de las descripciones respectivas:

### **Pseudocódigo**

// Paso 1: Adquisición de datos de cada sensor

Para cada sensor en [A1, A2, A3, A4] {

lectura = leerValor(sensor)

// Aquí puedes almacenar o procesar la lectura según tus necesidades

```
}
```

```
// Paso 2: Expresar los resultados en decibeles
```

```
Para cada lectura de sensor {
```

```
    decibeles = convertirADecibeles(lectura)
```

```
    // Aquí puedes almacenar o procesar los decibeles según tus necesidades
```

```
}
```

```
// Paso 3: Medidas en varias zonas de trabajo
```

```
aula1 = promedioDecibeles([resultadosAula1])
```

```
aula2 = promedioDecibeles([resultadosAula2])
```

```
aula3 = promedioDecibeles([resultadosAula3])
```

```
coliseo = promedioDecibeles([resultadosColiseo])
```

```
patio = promedioDecibeles([resultadosPatio])
```

```
// Paso 4: Expresar los resultados de manera gráfica
```

```
graficarDatos([aula1, aula2, aula3, coliseo, patio])
```

```
// Paso 5: Fin del programa
```

```
Fin del programa
```

## IV. ANÁLISIS Y RESULTADOS

### 4.1 Toma de datos con la ayuda de sensores de ruido y sonómetro

Vamos a observar dos tipos de tablas las cuales fueron medidas con sensores y un sonómetro real con la ayuda de esos datos nos podemos dar cuenta el margen de error que existe entre nuestro prototipo y un sonómetro real.

Las medidas con la red de sensores serán tomadas con la ayuda de nuestro software LabVIEW lo cual nos sabrá dar los decibeles de cada sensor y serán graficadas de la siguiente manera.

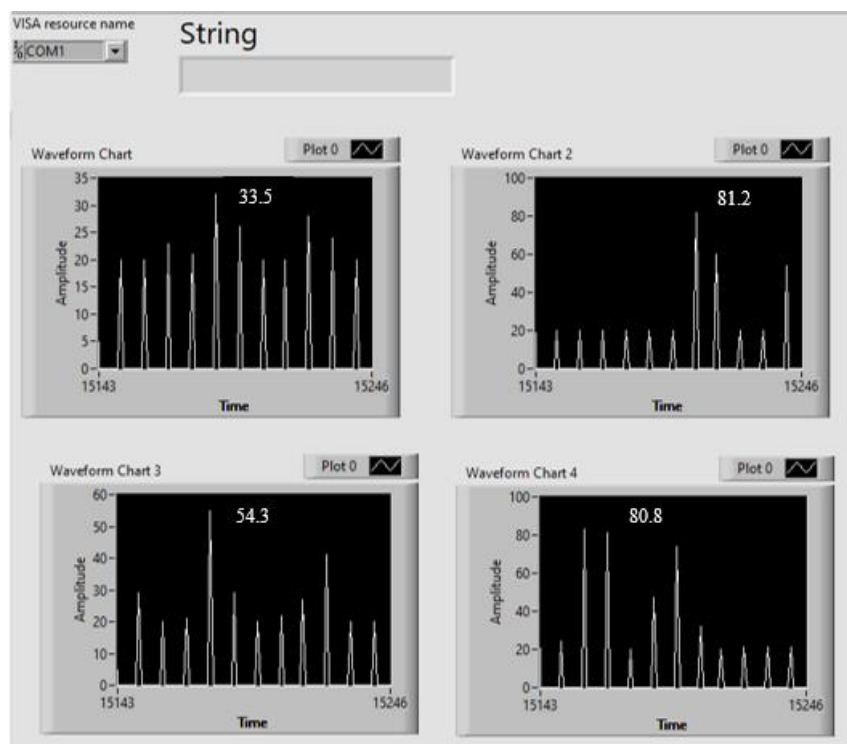


Figura 24. Graficas captadas con sensores Aula 1



Figura 25. Valores Captados con sonómetro Aula 1

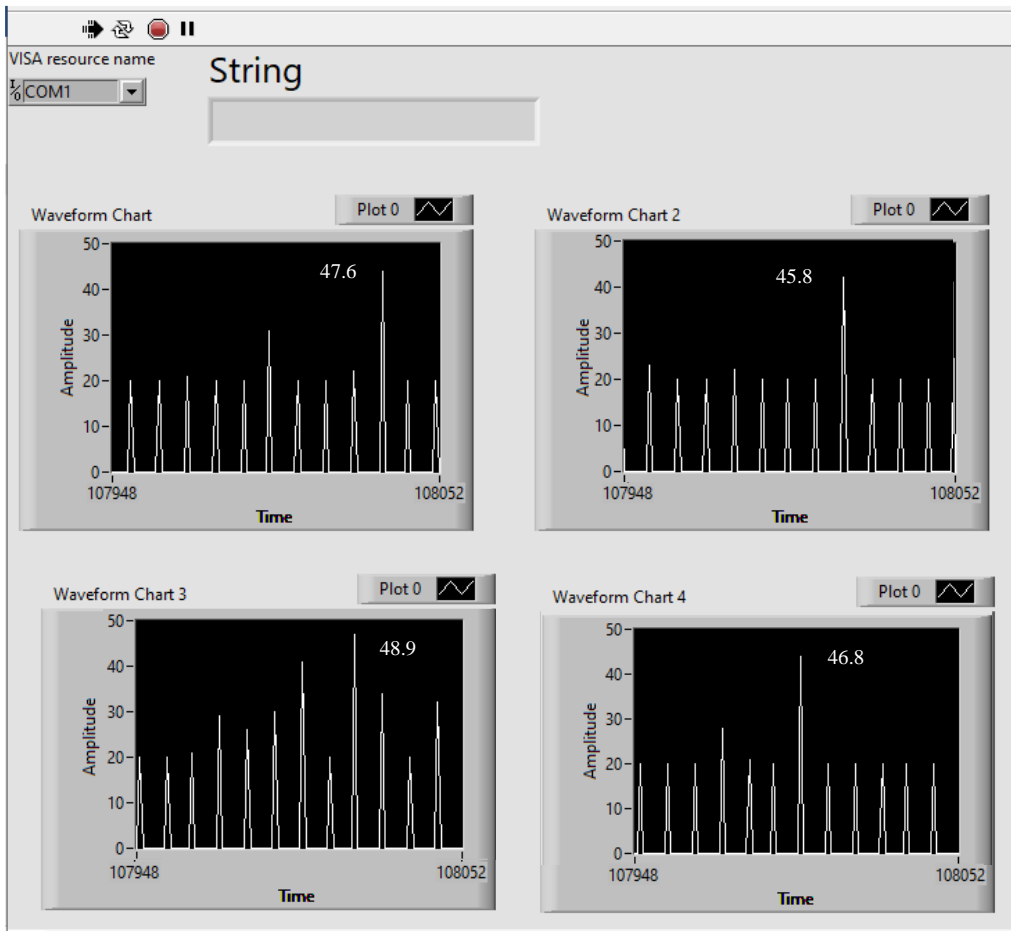


Figura 26. Graficas captadas con sensores en el Coliseo



Figura 27. Valores Captados con sonómetro en el Coliseo

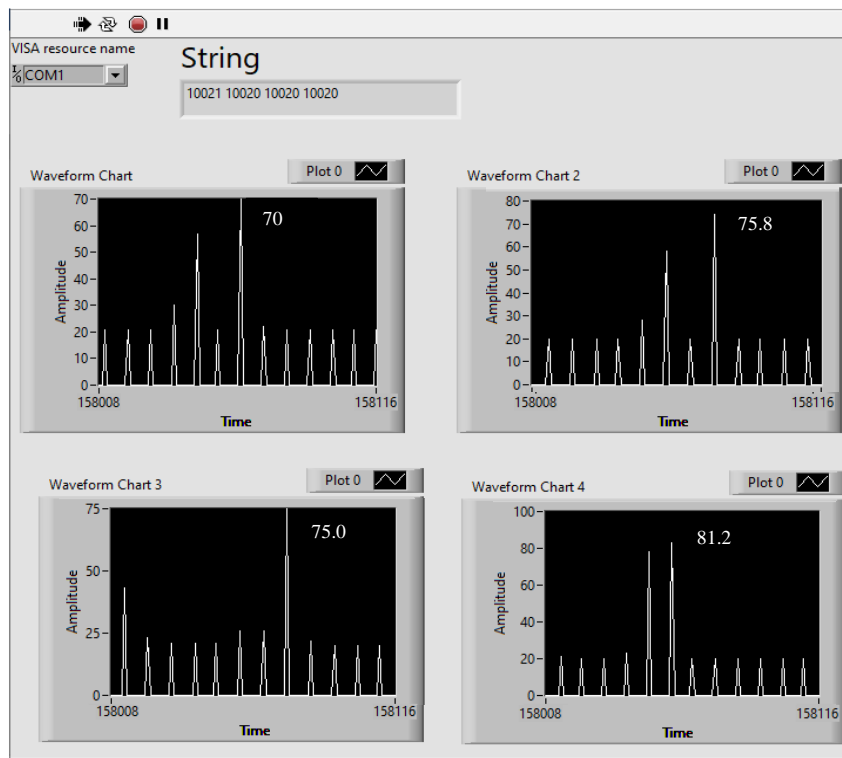


Figura 28. Graficas captadas con sensores en el Patio

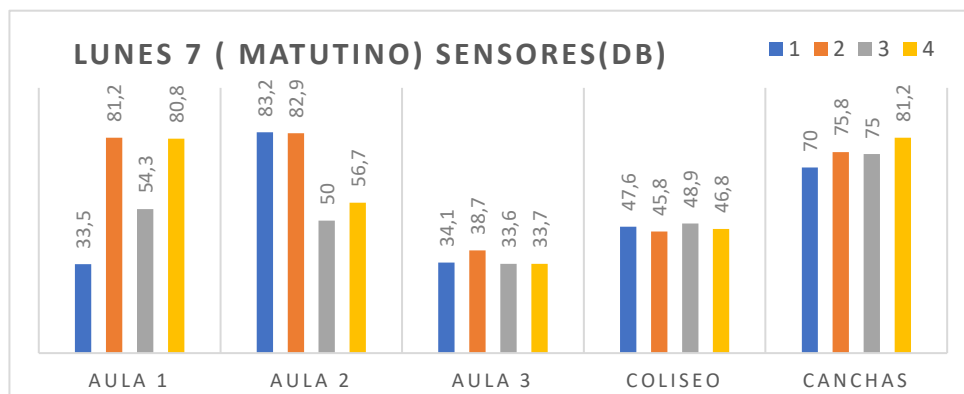
Como podemos observar en las figuras 24, 25, 26, 27, 28 se muestra como fue tomado los datos tanto con el proyecto de red de sensores como con el sonómetro que utilizamos para tener mas a detalle el margen de erros entre los dos.

A continuación, en la tabla 3 se modeló el horizonte de ruido en dB(A) que fueron adquiridos en 5 puntos diferentes en el horario Matutino que fue tomado en un mismo tiempo de 23 segundos. Los resultados mostrados del ruido en cada uno de los sensores (1, 2, 3, 4) fueron adjuntados como se muestra en la siguiente tabla.

**Lunes 17 de Julio del 2023, Jornada (Matutina)**

**Tabla 3.** Valores obtenidos con sensores del horario Matutino el día lunes

#	HORA	TIEMPO	PUNTO	1	2	3	4	Leq
1	7:30am	23 Seg	Aula1	33.5	81.2	54.3	80.8	84.0 dB(A)
2	7:50am	23 Seg	Aula2	83.2	82.9	50.0	56.7	86.6 dB(A)
3	8:05am	23 Seg	Aula3	34.1	38.7	33.6	33.7	41.8 dB(A)
4	8:16am	23 Seg	Coliseo	47.6	45.8	48.9	46.8	53.0 dB(A)
5	8:30am	23 Seg	Canchas	70	75.8	75.0	81.2	83.2 dB(A)
<b>TOTAL</b>								<b>69.72dB (A)</b>

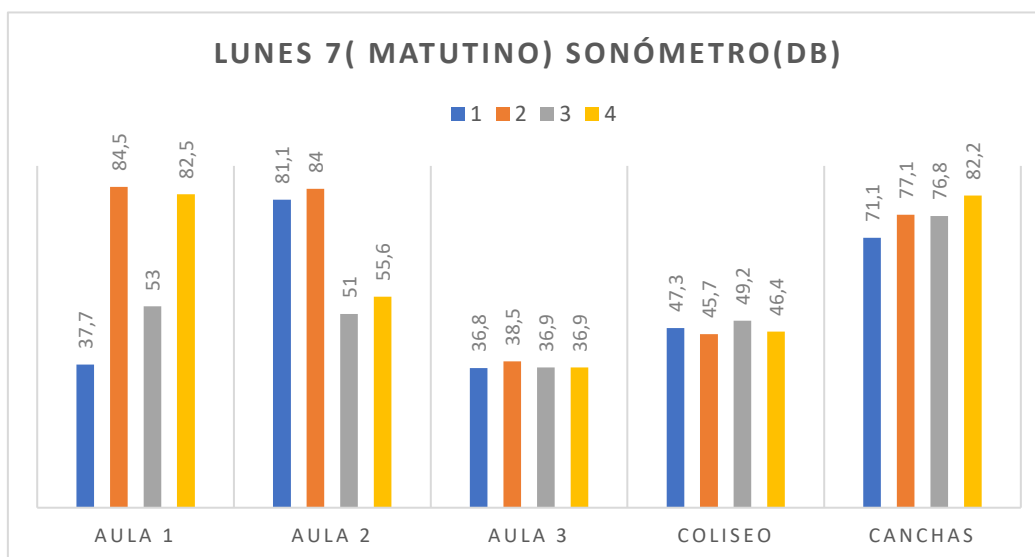


**Figura 29.** Gráfica de valores obtenidos con sensores del horario Matutino el día lunes

En la tabla 4 podremos observar los datos que se adjuntaron con la ayuda de un sonómetro y adicionalmente se podrá observar el margen de error que existe entre nuestro prototipo de sensores y un sonómetro real.

**Tabla 4.** Valores obtenidos con sonómetro del horario Matutino en día Lunes

#	HORA	TIEMPO	PUNTO	1	2	3	4	Leq	M.error
1	7:30am	23 Seg	Aula1	37.7	84.5	53.0	82.5	86.6 dB(A)	±2.6
2	7:50am	23 Seg	Aula2	81.1	84.0	51.0	55.6	85.8 dB(A)	±0.8
3	8:05am	23 Seg	Aula3	36.8	38.5	36.9	36.9	43.3 dB(A)	±1.5
4	8:16am	23 Seg	Coliseo	47.3	45.7	49.2	46.4	53.3 dB(A)	±0.3
5	8:30am	23 Seg	Canchas	71.1	77.1	76.8	82.2	84.4 dB(A)	±3.2
<b>TOTAL</b>								70.76 dB(A)	



**Figura 30.** Gráfica de valores obtenidos con sonómetro del horario Matutino en día lunes

**Análisis:** En la tabla 4 podemos observar el margen de error que tiene nuestro prototipo con referencia a un sonómetro real y mediante eso nos damos cuenta que no hay un margen de error demasiado grande es decir que con una inversión más grande podríamos obtener ya un sonómetro real.

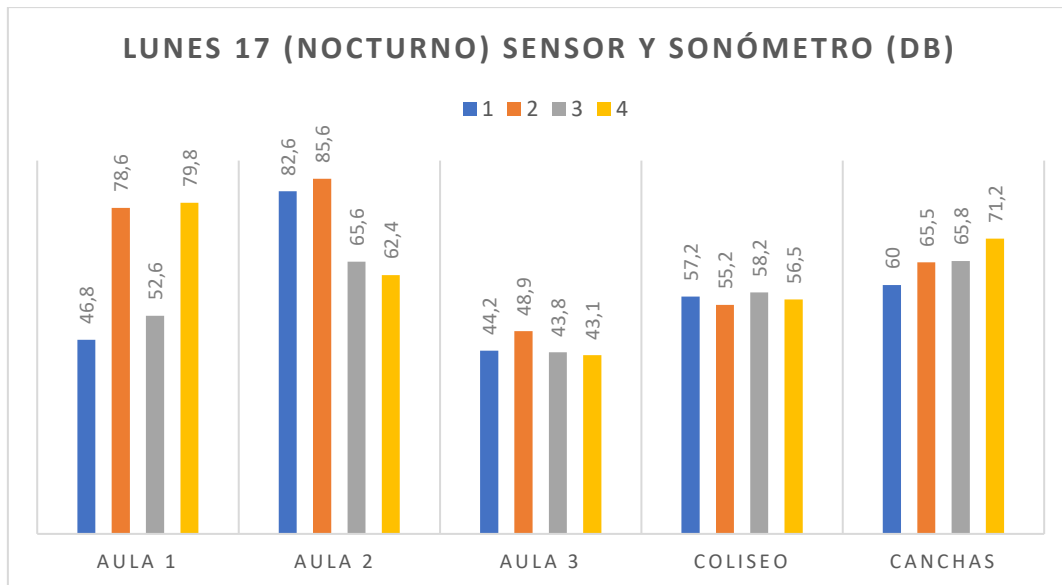
A continuación, vamos a tabular los siguientes datos adquiridos en los siguientes horarios lunes en un horario nocturno



**Lunes 17 de Julio del 2023, Jornada (Nocturna)**

**Tabla 5.**Valores obtenidos con sensores del horario Nocturno el día lunes

#	HORA	TIEMPO	PUNTO	1	2	3	4	Leq	M.error
1	6.30pm	23 Seg	Aula1	46.8	78.6	52.6	79.8	82.2dB(A)	±1.8
2	6:52pm	23 Seg	Aula2	82.6	85.6	65.8	62.4	87.4dB(A)	±0.9
3	7:15pm	23 Seg	Aula3	44.2	48.9	43.8	43.1	50.8dB(A)	±0.8
4	7:33pm	23 Seg	Coliseo	57.2	55.2	58.6	56.5	63.0dB(A)	±1.4
5	7:56pm	23 Seg	Canchas	60	65.5	65.8	71.2	73.3dB(A)	±2.3
<b>TOTAL</b>								<b>71.34 dB(A)</b>	



**Figura 31.**Valores obtenidos del horario Nocturno el día lunes

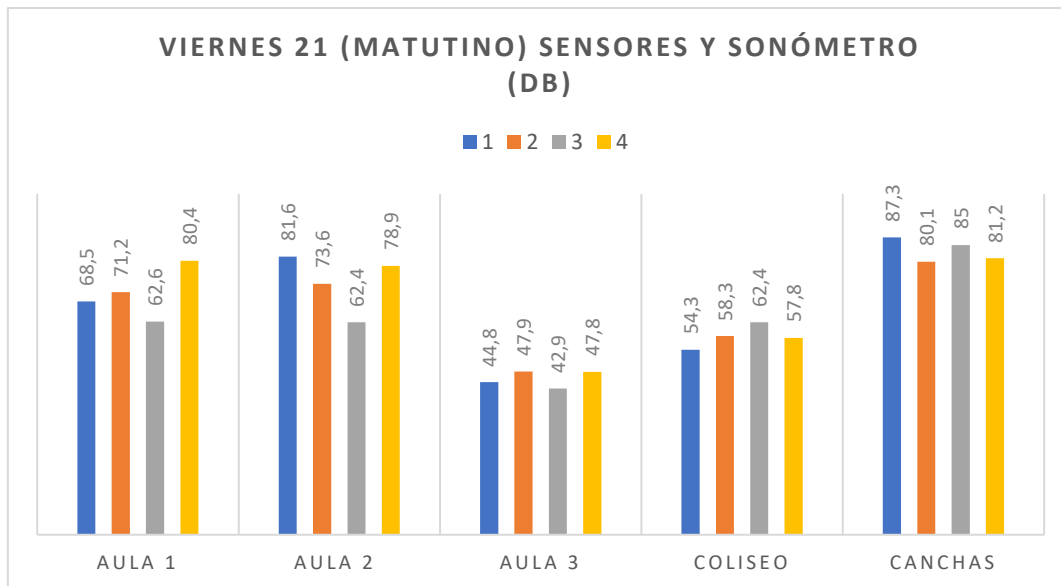
**Análisis:** Una vez tabulado los datos podemos realizar en análisis que dentro de la universidad existe un ruido de 71.34 dB (A) lo cual si comparamos con la norma que estamos trabajando nosotros podemos decir que con ese nivel de ruido podremos seguir con nuestras actividades normales, pero se tendrá un poco de dificultad para la concentración total dentro de un aula de clase, pero en espacios abiertos está cumpliendo con las normas.

Vamos a proceder adjuntar datos del día viernes las cuales fueron tomados en un horario Matutino y nocturno en los 5 puntos ya antes vistos.

**Viernes 21 de Julio del 2023, Jornada (Matutina)**

**Tabla 6.**Valores obtenidos del horario Matutino el día Viernes

#	HORA	TIEMPO	PUNTO	1	2	3	4	Leq	M.error
1	8:00am	23 Seg	Aula1	68.5	71.2	62.6	80.4	81.1dB(A)	±1.5
2	8:16am	23 Seg	Aula2	81.6	73.6	62.4	78.9	83.9dB(A)	±0.3
3	8:37am	23 Seg	Aula3	44.8	47.9	42.9	47.8	52.3dB(A)	±1.1
4	8:56am	23 Seg	Coliseo	54.3	58.3	62.4	57.9	65.1dB(A)	±0.9
5	9:15am	23 Seg	Canchas	87.3	80.1	85.0	81.2	90.3dB(A)	±1.9
<b>TOTAL</b>								<b>74.54 dB(A)</b>	



**Figura 32.** Valores obtenidos del horario matutino el día Viernes

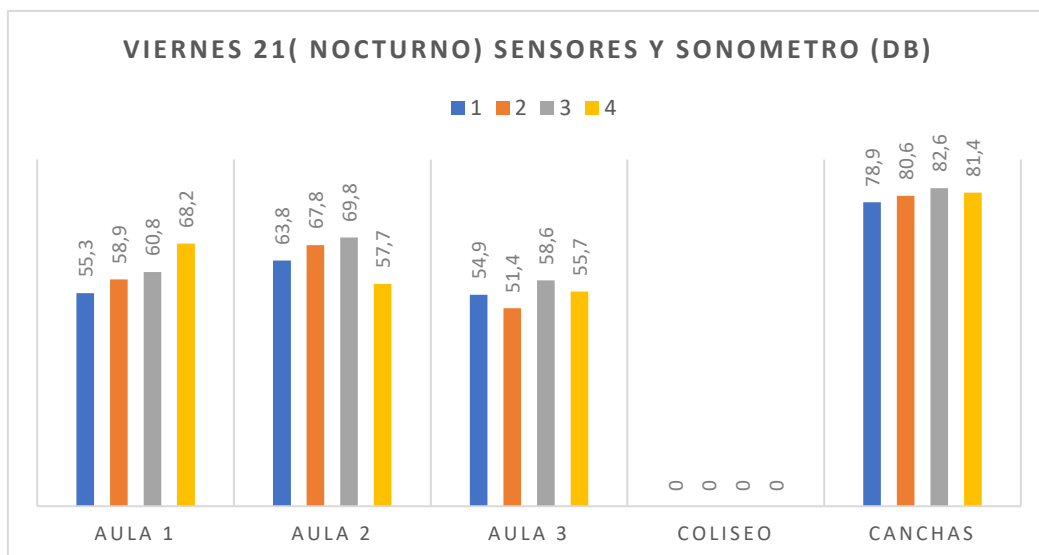
**Análisis:** Una vez tabulado los datos podemos realizar en análisis que dentro de la universidad existe un ruido de 74.54 dB (A) en los días viernes en un horario Matutino lo cual si comparamos con la norma que estamos trabajando nosotros podemos decir que

con ese nivel de ruido podremos seguir con nuestras actividades normales pero se tendrá un poco de dificultad para la concentración total dentro de una aula ya que si podemos observar los niveles de ruido dentro de ella existe más ruido en los puntos con vistas a la avenida o ya sea a las canchas pero si hablamos de los espacios abiertos está cumpliendo con las normas ya que en este horario hay un número de personas considerables para el nivel de ruido.

**Viernes 21 de Julio del 2023, Jornada (Nocturno)**

**Tabla 7.** Valores obtenidos del horario Matutino el día Viernes

#	HORA	TIEMPO	PUNTO	1	2	3	4	Leq	M.error
1	7:18pm	23 Seg	Aula1	55.3	58.9	60.8	68.2	69.5 dB(A)	±0.9
2	7:39pm	23 Seg	Aula2	63.8	67.8	69.8	57.7	72.6dB(A)	±2.4
3	8:58pm	23 Seg	Aula3	54.9	51.4	58.6	55.7	61.8dB(A)	±1.5
4	9:08am	23 Seg	Coliseo	-	-	-	-	-	-
5	9:30pm	23 Seg	Canchas	78.9	80.6	82.6	81.4	87.0dB(A)	±1.4
<b>TOTAL</b>								<b>72.72 dB(A)</b>	



**Figura 33.** Valores obtenidos del horario nocturno el día viernes

**Análisis:** Una vez tabulado los datos podemos realizar en análisis que dentro de la universidad existe un ruido de 72.72 dB (A) en los días viernes en un horario Nocturno lo cual si comparamos con la norma que estamos trabajando nosotros podemos decir que con ese nivel de ruido podremos seguir con nuestras actividades normales pero se tendrá un poco de dificultad para la concentración total dentro de una aula ya que si podemos observar los niveles de ruido dentro de ella existe más ruido en los puntos con vistas a la avenida o ya sea a las canchas pero si hablamos de los espacios abiertos está cumpliendo con las normas ya que en este horario hay un número de personas considerables para el nivel de ruido.

## V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1 Conclusiones

- Se realizó un monitoreo de ruido, en el cual se tomó como referencia 5 puntos diferentes 3 aulas de clases ubicadas en diferentes lugares las canchas y coliseo de la universidad politécnica Salesiana por un intervalo de 3 minutos en la cual en los resultados evidenciamos diferentes valores de decibeles y así pudimos comparar las intensidades de ruido evaluada en los 2 diferentes días.
- La región de estudio se define por ser una zona mixta, con usos residenciales y comerciales. En este lugar, se encuentran diversos tipos de negocios, universidades y avenidas principales. Las estructuras son de gran altura, impidiendo que el ruido se disipe, lo que resulta en niveles de ruido más elevados.
- Al realizar la toma de datos nos pudimos dar cuenta que en las aulas de clase con vista a las avenidas tienen mayor ruido por la gran afluencia vehicular que existe dentro del distrito metropolitano de Quito y esto suele suceder más en los horarios de la mañana y la noche por ser horarios pico donde la gente sale a trabajar y por las noches retornan a sus hogares.
- El oído, órgano del ser humano vital el cual tiene funciones básicas que van desde la audición, comunicación, hasta brindar el equilibrio del cuerpo; este órgano percibe los sonidos generados desde el exterior transformándolos en información la cual es llevada al cerebro. Cuando el sonido se torna elevado y molesto se considera ruido.
- El ruido es un factor externo el cual tiene un efecto bastante significativo en este órgano, más aún cuando las personas tienen una exposición elevada y por una jornada diaria continua como es el caso de los trabajadores de minería, industrias y demás; siendo este factor el de más prevalencia para la hipoacusia y pérdida de audición temporal y definitiva.

## 5.2 Recomendaciones

- El monitoreo y control de los dB de ruido que existen dentro de la universidad nos ayuda a mitigar el impacto ambiental dentro de las instalaciones esto ayudara a los estudiantes como a los docentes a una mayor calidad de concentración.
- Organizar y promover capacitaciones o charlas a los estudiantes que conviven en las instalaciones sobre el problema acústico (Información de problemas de salud), Como se debería actuar para permitir a la comunidad una mayor concentración en las aulas de clase.
- Es necesario poder investigar más a profundidad el tema de la contaminación sonora ya que los daños en la salud y afección en el medio ambiente suelen pasar hacer desapercibidas y de esta manera poder contribuir al desarrollo universitario con estrategias para una disminución de ruido y tener como resultado un ambiente de estudio más adecuado.
- Se recomienda ampliar la búsqueda en la elaboración de este tipo de sensores para tener una mejor adaptación y toma de datos más específicos para poder minimizar la contaminación sonora.
- Obtener el prototipo más elaborado y con materiales de mejor calidad para que cuente con mejores características y más parejas a un sonómetro real.

### **5.3 Trabajos futuros**

El modelo presentado como prototipo en este proyecto podría mejorarse de la siguiente manera:

- Mejora del prototipo estéticamente ya que al ser un prototipo estamos dejando a la vista todo tipo de conexión que fue realizada.
- Con un modelo más elaborado se podría tener datos más específicos y apto para poder parar la contaminación sonora.
- Investigar más a profundidad sobre el tema de contaminación auditiva dentro y fuera de un espacio de estudio para poder dar solución a los problemas que se encuentren.

## VI. REFERENCIAS

- [1] J. Khan y M. Ketznel, «Road traffic air and noise pollution exposure assessment – A review of tools and techniques,» *Science of the total environment*, 2018.
- [2] M. Shakya, «Advances and challenges in metatranscriptomic Analysis,» *Frontiers*, 2019.
- [3] L. Bastidas, Monitoreo de ruido ambiental, Madrid: Mc Grill, 2009.
- [4] M. Capó, Ecotoxología, Madrid: Tebar S.L, 2007.
- [5] Ministerio del Medio Ambiente, «El ruido es un contaminante invisible,» Santiago de Chile, 2015.
- [6] D. Tacuri, «Evaluación del nivel del ruido ambiental en la zona céntrica de la ciudad de Macas, provincia Morona Santiago, mediante el análisis de los decibeles causados por el parque automotor, para proponer un proyecto de ordenanza al Gobierno Autónomo Descentraliz,» Tena, Ecuador, 2016.
- [7] V. Llanos, «Evaluación del ruido ambiental generado por fuentes móviles en el casco urbano de la ciudad de Machachi cantón Mejía, provincia de Pichincha,» Cotopaxi, Ecuador, 2016.
- [8] Asociación Médica Mundial, «Declaración de la AMM sobre la Contaminación Acústica,» Bogotá, Colombia, 2017.
- [9] Organización Mundial de la Salud y la Unión Internacional de Telecomunicaciones, «Conjunto de herramientas para dispositivos y sistemas de escucha segura,» Organización Mundial de la Salud, 2020.
- [10] R. Herreros y B. Hernández, Técnica, tendencias y aspectos de actualidad en el medio ambiente (acústico), Universidad Rey Juan Carlos, 2005.
- [11] V. Bureau, Manual para la formación en medio ambiente, España: Lex Nova , 2008.
- [12] J. Cortez, Técnicas de prevención de riesgos laborales: seguridad e higiene del trabajo, Madrid: Tébar, 2007.
- [13] P. Florida, Gestión de la higiene industrial de la empresa, Fundación Confemetal, 2007.
- [14] M. Tyler, Ciencia ambiental, preservemos la Tierra, España: Miller, 2002.
- [15] Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, «Contaminación Acústica,» Gobierno de España, Madrid, España, 2019.
- [16] A. Torres, «El ruido y su incidencia,» PUCE, Quito, 2016.



- [17] J. Sánchez, «Monitoreo del ruido ambiental en los aserraderos del perímetro urbano en el cantón Salcedo, Provincia de Cotopaxi,» Universidad Técnica de Cotopaxi, Latacunga, 2015.
- [18] R. Salazar, «Evaluación de la exposición laboral a ruido en el área de encolado en una empresa gráfica y propuesta de medidas de prevención y control,» SEK, Quito, 2015.
- [19] M. Perez, «Introducción a los sistemas de control,» Universidad Nacional de San Juan, Argentina, 2017.
- [20] JM Industrial, 2019. [En línea]. Available: [https://www.jmi.com.mx/literatura/blog/item/32-que-es-la-adquisicion-de-datos-y-por-que-es-importante.html#:~:text=Entre%20los%20componentes%20principales%20de,valores%20digitales%3B%20y%203\)%20convertidores.](https://www.jmi.com.mx/literatura/blog/item/32-que-es-la-adquisicion-de-datos-y-por-que-es-importante.html#:~:text=Entre%20los%20componentes%20principales%20de,valores%20digitales%3B%20y%203)%20convertidores.)
- [21] W. Guevara, «La contaminación acústica y su incidencia en el aprendizaje del séptimo año de educación básica del Centro Educativo "Leopoldo Lucero" del cantón Lago Agrio,» Quito, Ecuador, 2015.
- [22] H. A. R. JIMÉNEZ, Artist, *ESTUDIO Y PLAN DE MITIGACIÓN DEL NIVEL DE RUIDO [ TESIS DE GRADO, ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO ]*. [Art]. Repositorio Universitario, 2011.
- [23] F. MIYARES, Artist, *Estimación del riesgo auditivo por exposición a ruido [Norma Internacional Iso 1999 ]*. [Art]. Instituto Argentino de Normalización, 1990.
- [24] C. L. G. GOMEZ, Artist, *EVALUACION Y CONTROL DEL RIESGO DE EXPOSICION A NIVELES DE RUIDO QUE SE GENERAN EN EL MOVIMIENTO DE TIERRAS EN LA CONTRUCCION DE UNA VIA [TESIS DE GRADO]*. [Art]. PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL ECUADOR, 2016.
- [25] NIDCD , Pérdida de audición inducida por el ruido, Bethesda, National Institute on Deafness and other Communication Disorders, 2016.
- [26] J. Herreros, «Velocidad de propagación del sonido,» AC, 2005.
- [27] C. Cuji y J. Villarreal, Artists, *Diseño y Evaluación de un Sistema Fotovoltaico Aislado para Iluminación en Vías Rurales y Carga de Vehículos Eléctricos Basado En Un Enfoque Multipropósito*. [Art]. 2024.
- [28] C. C. C. Cuji, Artist, *Diseño y Construcción de un módulo manipulador de objetos para el robot movil Robotino de Festo para la Carrera de Ingeniería Electrónica,*. [Art]. 2013.
- [29] C. Cuji y D. Polanco, Artists, *Estimación Del Tiempo De Recuperación De Energía Aplicado En Producción De Hidrogeno Con Fines De Generación Eléctrica*. [Art]. 2022.
- [30] C. C. H. D. Sisa, Artist, *Evaluación del consumo de energía eléctrica de acuerdo a la arquitectura bioclimático mediante el Modelo ASHRAE y Gauss T-Student*. [Art]. 2021.

- [31] E. M. Cristian Cuji, Artist, *Controlador Difuso Para Gestión De La Energía En Un Proceso De Transición De Central De Generación Térmica A Renovables*. [Art]. 2022.
- [32] C. Franco-Crespo, J. Guaman, J. Chuqui, R. Tufiño y S. Serrano-Vincenti, Artists, *Measuring Climate Change Effects on Traditional Crops of the Highlands, Ecuador*. [Art]. 2023.
- [33] J. Herreros, "Velocidad de propagación del sonido," AC, 2005.
- [34] C. C. C. E. A Mediavilla, Artist, *Central De Generación Térmica A Renovables*. [Art]. Universidad Politécnica Salesiana, 2022.
- [35] E. A. Mediavilla and C.C.Cuji, Artists, *Controlador Difuso Para Gestión De La Energía*. [Art]. Universidad Politecnica Salesiana , 2022.
- [36] C. y. M. E. CUJI, Artist, *Estimation Of Energy Payback Time*. [Art]. Universidad Politecnica Salesiana , 2022.
- [37] C. Cuji and E. Mediavilla, Artists, *Central De Generación Térmica A Renovables*. [Art]. Universidad Politecnica Salesiana, 2022.
- [38] C. Cuji and H. D. Sisa, Artists, *energía eléctrica de acuerdo a la arquitectura*. [Art]. Universidad Tecnológica de Panamá, 2021.
- [39] C. F. Crespo, J. Guamán, j. chuqui, R. Tufiño and S. S. Vicente, Artists, *Medición de los efectos del cambio climático*. [Art]. Universidad Tecnica de Ambato, 2023.

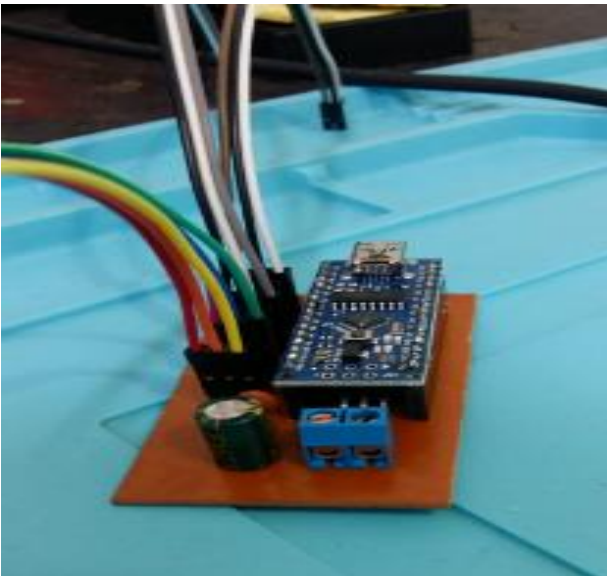
## ANEXOS



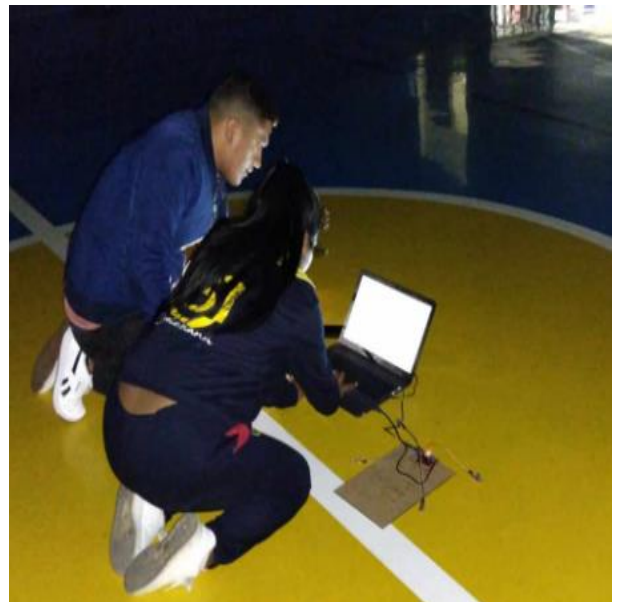
**Figura 34.** Investigación de datos de la medición sonora



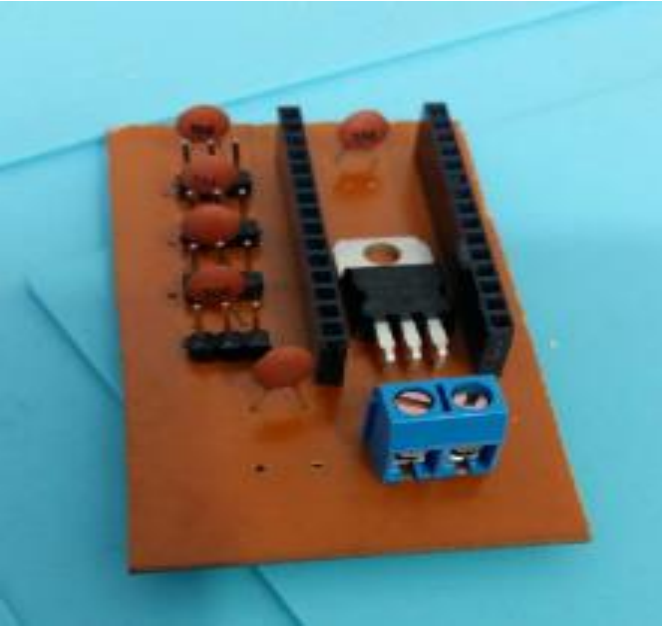
**Figura 35.** Registro de datos de la medición sonora



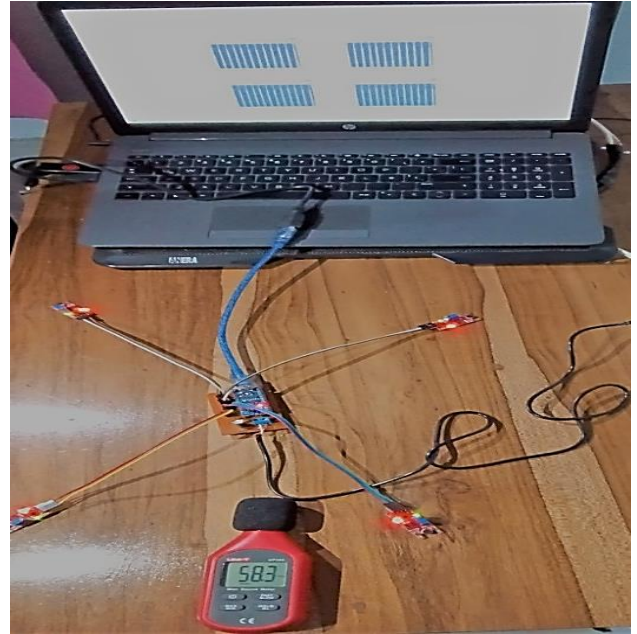
**Figura 36.** Elaboración de prototipo



**Figura 37.** Registro de datos de la medición sonora



**Figura 38.** Elaboración de prototipo



**Figura 39.** Ubicación de sensores