

IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE SONIDO AMBIENTAL PARA LA  
UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS TUNJA SEDE CAMPUS EDIFICIO GIORDANO BRUNO

GUSTAVO CORREDOR ALIPIO

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS  
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

TUNJA

2019

IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE SONIDO AMBIENTAL PARA LA ii  
UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS TUNJA SEDE CAMPUS EDIFICIO GIORDANO BRUNO

GUSTAVO CORREDOR ALPIO

Trabajo de grado para optar al título de: Ingeniero Electrónico

Directores:

Ing. JOSÉ RICARDO CASALLAS GUTIERREZ

Ing. OSCAR UMAÑA

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS  
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

TUNJA

2019

## DEDICATORIA

iii

A Dios, primeramente, por darme salud, sabiduría para culminar mis estudios.

A mi querida e insuperable padre, que has dedicado toda su vida a apoyarme, a mis tres hermanos por brindándome toda tu sabiduría, experiencia, protección y respaldo, estando siempre en los momentos precisos, guiándome; gracias madre por todo tu esfuerzo y consagración.

A mi compañera sentimental por su apoyo y cariño que me ha manifestado incondicionalmente durante todo mi proceso formativo.

A ti querido padre que, como ángel desde el cielo, siempre quisiste lo mejor para nosotros con un ejemplo de vida de ser humano humilde, trabajador y emprendedor.

## **AGRADECIMIENTOS**

iv

Al ingeniero Ricardo Torres, profesional del departamento TIC, de la Universidad Santo Tomas Tunja, por su extraordinario interés y apoyo incondicional, aporte de grandes ideas, orientación y colaboración, para el desarrollo del proyecto.

Al señor Oscar Umaña, ingeniero electrónico, docente, director de laboratorios tutor de proyectos de ingeniería electrónica de la Universidad Santo Tomas de Tunja, por su constante preocupación e interés por este proyecto por su calidez amistad y por su gran labor desempeñada en los programas de ingeniería electrónica.

Ingeniero Ricardo Casallas, tutor de fondo y docente de ingeniería electrónica de la universidad Santo Tomas Tunja por su gentil y admirable dedicación, colaboración, orientación, apoyo e interés por el desarrollo del proyecto.

El propósito de este proyecto fue la implementación de un Sistema de Sonido Ambiental, a través de los pasillos, auditorios y salas, para que cada director administrativo que desee comunicar o transmitir cualquier tipo de información, lo pudiera hacer desde el teléfono de su respectiva oficina de la Universidad Santo Tomás de la ciudad de Tunja Edificio Giordano Bruno sede Campus. Este trabajo se realiza también para fomentar un entorno natural que permita, además, escuchar música, radio y noticias de interés para toda la comunidad educativa y de esta manera minimizar el estrés de todos y cada una de las personas que se encuentren dentro de esta institución.

Se utilizó la investigación acción con enfoque cualitativo, porque el proyecto se desarrolló a través de siete fases de manera secuencial y con la participación de toda la comunidad educativa de la universidad. Con la ejecución del presente trabajo se logró la implementar sistema de sonido ambiental para que todos los usuarios emitan sus comunicados desde la sede centro Giordano Bruno sin tener que trasladarse a otro sitio o sede universitaria; la comunidad educativa también ha podido escuchar música de relajación evitando de esta manera el estrés razón por la cual el sistema implementado ha generado gran impacto, por lo que se recomienda su aplicación en la sede centro para que toda la comunidad tomasina pueda disfrutar de este medio de comunicación de manera eficiente y adecuada.

**Palabras clave.** Amplificador, altavoz, Cableado, mezclador y micrófono, software y teléfono.

The purpose of this project was the implementation of an Environmental Sound System, through the halls, auditoriums and rooms, so that each administrative director who wishes to communicate or transmit any type of information, could do so from the telephone of his respective office from the Santo Tomás University of the city of Tunja Giordano Bruno Building Campus headquarters. This work is also done to promote a natural environment that also allows listening to music, radio and news of interest to the entire educational community and thus minimize the stress of each and every person who is within this institution.

Action research with a qualitative approach was used, because the project was developed through seven phases sequentially and with the participation of the entire educational community of the university. With the execution of this work, the implementation of an environmental sound system was achieved so that all users emit their communications from the Giordano Bruno center headquarters without having to move to another site or university headquarters; The educational community has also been able to listen to relaxation music, thus avoiding the stress, which is why the implemented system has generated great impact, so its application at the headquarters is recommended so that the entire Tomasina community can enjoy this medium. of communication efficiently and properly.

**Keywords.** Amplifier, speaker, wiring, mixer and microphone, software and telephone.

# ÍNDICE DE CONTENIDO

vii

INTRODUCCION .....	1
1. TITULO .....	3
1. 2 ANTECEDENTES.....	3
1.3 DESCRIPCIÓN DE LA INSTITUCIÓN.....	5
1.3.1 Muestra fotográfica de sitios donde se implanto el sistema de sonido ambiental.....	6
1. 4 FORMULACIÓN DEL PROYECTO.....	12
1.5 JUSTIFICACIÓN.....	12
2. OBJETIVOS.....	14
2.1 OBJETIVO GENERAL .....	14
2.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS .....	14
3. MARCO REFERENCIAL .....	15
3.1 MARCO TEÓRICO.....	15
3.1.1 Generalidades del oído humano. ....	15
3.1.2 Partes del oído humano. ....	16
3.1.3 Enfermedades y cuidados del sistema auditivo.....	17
3.2 TEORÍA SOBRE ACÚSTICA .....	18
3.3 CONCEPTOS BASICOS DE LA ACUSTICA.....	20
3.4 GENERALIDADES DE FENÓMENOS ACÚSTICOS.....	23
3.4.1 Reflexión sonora. ....	23
3.4.2 Absorción sonora.....	26
3.4.3 Disipación de la energía sonora .....	26
3.5 MEDICIÓN ACÚSTICA.....	27
3.5.1 Parámetros de medición acústica .....	27
3.5.2 Instrumentos de medición sonora.....	28
3.6 SONIDO.....	32
3.6.1 Definición de sonido .....	32
3.6.2 Representación gráfica del sonido.....	35
3.6.3 Amplitud, periodo y frecuencia del sonido .....	37
3.7 ONDA .....	38
3.7.1 Envoltente y formas de onda.....	38
3.7.2 Longitud de onda, velocidad del sonido y decibeles.....	41
3.7.2.1 Longitud de onda.....	41
3.7.2.2 Velocidad del sonido.....	42
3.7.3.3 Decibeles.....	43
3.8 EVALUACIÓN DE LA ABSORCIÓN DEL SONIDO.....	44
3.9 DIFRACCIÓN SONORA.....	45
3.10 TRANSMISIÓN SONORA .....	46
3.11 PROPAGACIÓN DEL SONIDO Y PARÁMETROS ACÚSTICOS.....	46
3.12. SIMULACIÓN Y DISEÑO ACÚSTICO .....	49
3.12.1 Simulación acústica.....	49
3.12.2 Diseño acústico .....	50
3.13 PARÁMETROS QUE MODIFICAN LA ACÚSTICAS DE UNA SALA .....	51
3.14 PERCEPCIÓN DEL SONIDO.....	62
3.15 SONIDO AMBIENTAL .....	62

3.15.1 Ventajas del sonido ambiental.....	62viii
3.16 CRITERIOS GENERALES PARA LA SELECCIÓN Y COLOCACIÓN DE ALTAVOCES .....	63
3.17 CONEXIÓN Y ADAPTACIÓN DE ALTAVOCES .....	63
4. DISEÑO METODOLÓGICO .....	68
4.2 FASES PARA LA REALIZACIÓN DEL PROYECTO .....	68
4.3 MATERIALES Y METODO.....	69
4.4. SIGNIFICANCIA .....	70
4.5 IMPACTO.....	70
4.6 PRESUPUESTO .....	71
5. RESULTADOS DE IMPLEMENTACION DEL SISTEMA.....	74
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	78
6. 1 Conclusiones .....	78
6.2. Recomendaciones.....	79
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....	81
ANEXOS.....	84

## LISTA DE TABLAS

ix

Tabla 1. Estándares máximos permisibles de niveles de emisión de ruidos expresados en db....	32
<u>Tabla 2. Comparación de números expresados en formas decimal, aritmética y exponencial. ....</u>	44
<u>Tabla 3. Impedancias en Paralelo.....</u>	59
<u>Tabla 4. Materiales necesarios para el desarrollo de proyecto.....</u>	69

## LISTA DE FIGURAS

x

Figura 1. Plano Nivel Cero en Laboratorio de Mecánica.....	10
Figura 2. Plano zona piso 1 (14 baffles AV1-AV14) zona cafetería (3 baffles AV15-AV17) y zona civil (laboratorio de civil 2 baffles AV50, AV51).....	10
Figura 3. Plano Nivel 2(piso 2. 14 baffles AV18-AV31).....	11
Figura 4. Plano nivel 3 (piso 3. 12 baffles AV32-AV43).....	11
Figura 5. El oído humano.....	15
Figura 6. Partes del oído interno. ....	17
Figura 7 . Ejemplo de Ruido Continuo. ....	21
Figura 8. Ejemplo de Ruido Intermitente.....	21
Figura 9. Ejemplo de Ruido Impulsivo. ....	22
Figura 10. Ejemplo de Ruido en Baja Frecuencia.....	23
Figura 11. Reflexión especular.....	24
Figura 12. Representación Gráfica de la Ley de la Reflexión. ....	24
Figura 13. Esquema de disipación de energía sonora en una pared de ladrillo.....	26
Figura 14. Propagación de una perturbación en un tubo.....	33
Figura 15. Una perturbación de la superficie del agua en una pileta inicialmente en calma se propaga como una circunferencia de radio cada vez mayor. ....	34
Figura 16. El oscilograma de un sonido.....	36
Figura 17. Significado de la frecuencia en un oscilograma. ....	36
Figura 18. Dos ondas con igual frecuencia, pero diferente amplitud. (a) Pequeña amplitud. ....	37
Figura 19. Representación gráfica de una onda con periodo en 1 Segundo.....	38

Figura 20. Una forma de onda con amplitud variable con el tiempo. En línea de trazos se ha dibujado la envolvente, curva que une los picos de cada ciclo. ....	xi 39
Figura 21. Tres ciclos de una onda cuadrada. ....	39
Figura 22. Tres ciclos de un tren de pulsos al 25%. ....	40
Figura 23. Tres ciclos de una onda triangular. ....	40
Figura 24. Un sonido consecuencia de una perturbación repetitiva. ....	41
Figura 25. Ejemplo de difracción sonora (flechas Blancas). ....	45
Figura 26. Material Fono Absorbente. ....	49
Figura 27. Reflexión del sonido con paneles reflejantes. ....	51
Figura 28. Altavoces distribuidos. ....	54
Figura 29. Altavoces Conectados en Serie. ....	57
Figura 30. Calibres recomendados para cable AWG. ....	60
Figura 31. Cualidades del sonido. ....	61
Figura 32. Conexión en serie. ....	64
Figura 33. Conexión en paralelo. ....	65
Figura 34. Conexión de altavoz en serie paralelo. ....	65
Figura 35. Topología de la red. ....	66
Figura 36. Distribución por zonas. ....	67
Figura 37. Altavoz de techo Implementado ....	74

## LISTA DE IMAGENES

xii

Imagen 1. Fotografía de laboratorio de civil. ....	6
Imagen 2. Fotografía auditorio fray Álvaro Galvis Ramírez. ....	6
Imagen 3. Fotografía Auditorio Fray Mario Garnica. ....	7
Imagen 4. Fotografía Auditorio Bicentenario. ....	7
Imagen 5. Fotografía Biblioteca campus Fray Ignacio Mariño O.P. ....	8
Imagen 6. Fotografía Pasillos 1, 2, y 3 piso sede campus.....	8
Imagen 7. Fotografía cafetería sede campus. ....	9
Imagen 8. Fotografía Laboratorio de mecánica .....9	9
Imagen 9. Sonómetro. ....	29
Imagen 10. Micrófono de medición. ....	29
Imagen 11. Calibrador 94 dB. ....	30

Anexo 1. Herramientas de trabajo.....	84
Anexo 2. Estudio de medición del área donde se realiza la instalación de los baffles.....	84
Anexo 3. Estudio de medición en el techo entre los baffles.....	85
Anexo 4. Marcación para poder realizar el corte en el draibol. ....	85
Anexo 5. Realización del corte en el draibol. ....	86
Anexo 6. Abertura del hueco en el draibol.....	86
Anexo 7. Instalación de canaleta por todos los pisos del edificio.....	87
Anexo 8. Empalme en paralelo de los cables.....	87
Anexo 9. Recubrimiento del empalme con cinta aislante. ....	88
Anexo 10. Extensión del cable hasta el punto de conexión del baffle. ....	88
Anexo 11. Conexión del baffle.....	89
Anexo 12. Colocación del soporte para el baffle sobre el draibol y Sujeto a la lámina. ....	89
Anexo 13. Instalación completa del baffle. ....	90
Anexo 14. Aseguración del baffle al soporte y al techo. ....	90
Anexo 15. Configuración del baffle a 70v-30w. ....	91
Anexo 16. Colocación al baffle la rejilla de protección. ....	91
Anexo 17. Resultado final de la instalación de los baffles.....	92
Anexo 18. Instalación de equipos de control del sonido e instalación del punto eléctrico y red en el cuarto de control.....	92
Anexo 19. Diagrama de conexión del sonido ambiental.....	93

Actualmente los sistemas de sonido ambiental son una solución que le permite a un edificio o una vivienda, centro comercial o compañía distribuir audio a través de diversos módulos ubicados en diferentes zonas de la construcción. Lo más relevante de todo es que no solo es ideal para emitir música; mensajes institucionales o señales de alerta, también caben en la programación habitual, pues son tecnologías capaces de integrarse, con los sistemas de detección de incendios y sistemas de alarmas, entre otros. (Tecnelec Antioquia, 2017, párr. 2)

Siendo este tipo de sistemas tan beneficioso para la transmisión de información para tener acceso a la información rápida y oportuna respecto a los servicios de seguridad, para la sana distracción como es escuchar música, entre otros beneficios, surgió la idea de instalar un sistema de sonido ambiental para la Universidad Santo Tomas sede campus en la ciudad de Tunja.

Fue así como se analizó la manera de implementar este tipo de medio comunicación para el óptimo funcionamiento del sistema, para lo cual se averigua sobre la cantidad de altavoces que se van a emplear partiendo del área o el espacio que deseamos cubrir con el sistema, partiendo de las especificaciones y características técnicas de los equipos para poder distribuirlos de la mejor manera para lograr eficiencia para su funcionamiento.

Del mismo modo elegir los equipos necesarios para evitar pérdidas de tiempo e impedir posibles fallas que pudiesen afectar el funcionamiento de este recurso que sería de gran apoyo en el diario vivir de la comunidad educativa de la Universidad Santo Tomas, pues con la instalación de dicho sistema se aprovecharía la planta telefónica existente dentro de la institución, asignándole una extensión para quien deseen enviar un mensaje o algún comunicado, o simplemente escuchar música relajante, lo pudiese hacer a través de una llamada con enlace al sistema de amplificación de sonido ambiental del edificio Giordano Bruno sede campus.

El desarrollo del proyecto de sonido ambiental quiso promover una nueva y novedosa alternativa de comunicación para formarnos como personas, estudiantes y sociedad en general, dando paso a la integración de todos los entes que componen la comunidad educativa Tomasina, donde los directivos son directamente responsables de enviar sus comunicados y establecer qué tipo de música se debe colocar con un volumen moderado que no afecte la enseñanza, como tampoco interrumpa las clases, por lo que se hizo énfasis en adquirir equipos de alta tecnología en sonido acústico, con buena estética, a fin de que los estudiantes dedique su tiempo libre a escuchar música relajarse y se interese más por la lectura y el estudio.

## IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE SONIDO AMBIENTAL PARA LA UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS TUNJA SEDE CAMPUS EDIFICIO GIORDANO BRUNO

### 1. 2 ANTECEDENTES

En la Actualidad la Universidad Santo Tomás, seccional Tunja en sus sede Campus no cuenta con un sistema de sonido ambiental que permita dirigir una actividad, un tipo de información, ya sea de riesgos, seguridad o simplemente un llamado, por ello surgió la necesidad de implementar este tipo de sistema que permitiera una fácil gestión y comunicación para todos, así como conectar todo el recinto o lugares específicos de interés con el fin de tener música de fondo para la relajación y también poder escuchar la emisora de la universidad.

Fue así como a través de entrevistas, charlas y opiniones del personal de la universidad se planeó la instalación de un sistema que propiciase una comunicación ágil, segura y de gran utilidad, aportando de esta manera una forma novedosa de comunicación, pero también creando una herramienta para ahorrando dinero y tiempo, ya que evitaría el desplazamiento de las personas dentro de la sede campus, pues se enviarían comunicados a toda la comunidad tomasina desde cada oficina.

También el sistema de sonio ambiental, es necesario para la seguridad de cada integrante de la universidad y la interacción entre los celadores de esta institución, ya que esto lo puede hacer marcando la extensión de la oficina del cuarto de control para que alguien conteste desde el computador con el programa **avaya one x communicator** y lo enlace con el sonido, y configure el volumen del mezclador eligiendo la zona a la que desee comunicar.

El sistema de sonido ambiental, en las grandes ciudades de Colombia como Bogotá, Medellín, Cali, Barranquilla entre otras, ya es común escucharlo; igualmente en los aeropuertos, centros comerciales, hospitales, empresas, clínicas, centros comerciales, salas de cine y algunas universidades de Tunja ya cuentan con un buen sistema de sonido ambiental utilizado para realizar alguna actividad de llamado, informar algo novedoso o colocación de alguna emisora o música relajante. Pero en la Universidad Santo Tomás, primer claustro universitario de Colombia aún este tipo de sistema no existe.

Es de resalta que a nivel de Tunja, este sistema ha permitido ver grandes beneficios sociales entre ellos el observado en el Centro Comercial Unicentro donde es común ver personas que se sienta por los pasillos a escuchar música relajante mientras esperan a algún familiar o amigo, realizan compras o simplemente miran vitrinas de los distintos almacenes ubicados allí.

De igual manera, las personas adultas que visitan Centro Comercial de Unicentro duran varias horas sentadas escuchando música relajante lo que en muchas ocasiones da paso a tanta tranquilidad que a veces se quedan dormidos de manera muy natural.

-También el sistema de sonido ambiental, sirve para ayudar a sus visitantes, como ocurrió con un señor a quien se le quedo en la caja de un almacén su billetera, y la cajera al darse cuenta de esta situación e inmediatamente informo a través de este tipo de comunicación y al poco tiempo el señor recupero la billetera. Además, hoy día en los hospitales de Tunja es común escuchar el llamado de medios, enfermera, o simplemente a usuarios solicitados en algún lugar específico de la organización.

Por todo lo antes expuesto, fue que nació la idea de implantación del sistema de sonido ambiental en la Universidad Santo Tomas sede campus, ya que allí hay mayor cantidad de estudiantes, docentes, administrativos y directivos.

Asimismo, a través de este sistema de sonido ambiental, la universidad puede realizar programas académicos, transmitir su eucaristía, presentar eventos dirigidos a toda la comunidad, en tiempo real y no estar trasladando equipos de un lugar a otro, muchas veces por su robustez y tamaño se hace necesario contar con varias personas para su manipulación, lo cual causa retardos en las actividades.

Es de anotar que este proyecto está dirigido desde el departamento de tecnología de la información y las comunicaciones (TIC) de la universidad, en cabeza del director de esta sección quien es un profesional en infraestructura de la tecnológica.

En síntesis, se puede afirmar que la universidad debe contar desde este momento con este tipo de servicio en toda su sede, ya que desde el departamento las TIC, ahí el interés es tan grande que ha tomado la iniciativa de crear para la comunidad tomasina proyectos que sirvan y generen buena imagen a esta empresa universitaria.

### **1.3 DESCRIPCIÓN DE LA INSTITUCIÓN**

La Universidad Santo Tomás de Tunja cuenta con varias sedes, que geográficamente están distantes entre sí, y como es sabido en la actualidad la universidad no cuenta con un servicio de sonido que permita crear espacios de cultura, entretenimiento, dirigir un comunicado, enviar un mensaje, una noticia bien sea de seguridad o por información a la comunidad tomasina en la sede campus en tiempo real o de una sede a otra. Por eso la necesidad de implementar un sistema de sonido ambiental básico y de alta calidad donde los directivos y demás personal puedan dirigirse sin trasladarse de una sede a otra.

A continuación, se presenta fotos de los sitios donde se hizo necesario la implementación del sistema de sonido ambiental.

### 1.3.1 Muestra fotográfica de sitios donde se implanto el sistema de sonido ambiental.

6

Imagen 1. Fotografía de laboratorio de civil.



Fuente: Gustavo Corredor -2091

Imagen 2. Fotografía auditorio fray Álvaro Galvis Ramírez.



Fuente: Gustavo Corredor -2091

Imagen 3. Fotografía Auditorio Fray Mario Garnica.



Fuente: Gustavo Corredor -2091

Imagen 4. Fotografía Auditorio Bicentenario.



Fuente: Gustavo Corredor -2019

Imagen 5. Fotografía Biblioteca campus Fray Ignacio Mariño O.P.



Fuente: Gustavo Corredor -2019

Imagen 6. Fotografía Pasillos 1, 2, y 3 piso sede campus



Fuente: Gustavo Corredor -2019

Imagen 7. Fotografía cafetería sede campus.



Fuente: Gustavo Corredor -2019

Imagen 8. Fotografía Laboratorio de mecánica

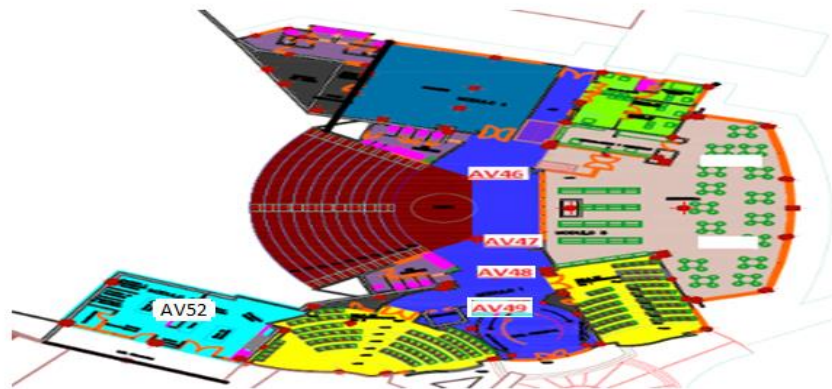


Fuente: Gustavo Corredor -2019

### 1.3.2 Planos de distribución donde se instalaron los baffles

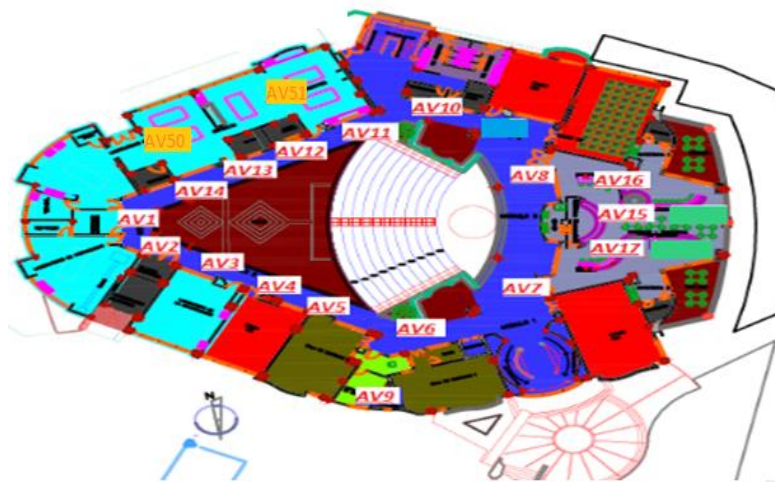
Se instalaron 4 baffles al frente de la biblioteca (Fray Ignacio Mariño O.P.) Auditorios fray Álvaro Galvis Ramírez y fray Mariano Garnica y Orjuela. Un baffle en el laboratorio de mecánica.

Figura 1. Plano Nivel Cero en Laboratorio de Mecánica



Fuente: Gustavo Corredor -2019

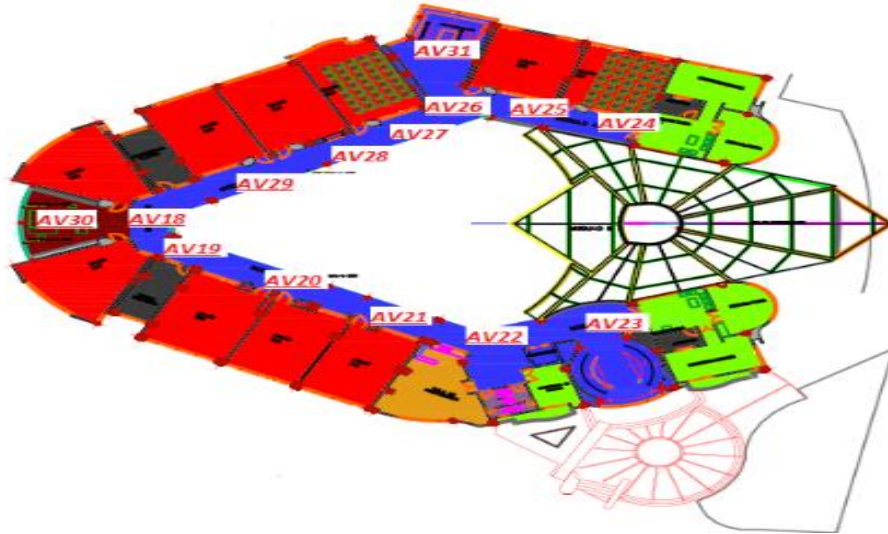
Figura 2. Plano zona piso 1 (14 baffles AV1-AV14) zona cafetería (3 baffles AV15-AV17) y zona civil (laboratorio de civil 2 baffles AV50, AV51)



Fuente: Gustavo Corredor -2019

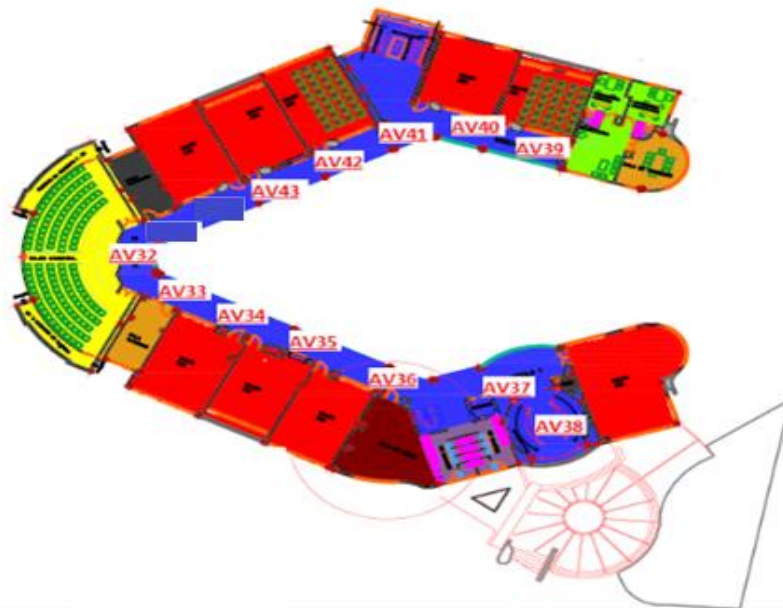
Figura 3. Plano Nivel 2(piso 2. 14 bafles AV18-AV31)

Fuente: Gustavo Corredor -2019



Fuente: Gustavo Corredor -2019

Figura 4. Plano nivel 3 (piso 3. 12 bafles AV32-AV43)



Fuente: Gustavo Corredor -2019

## **1. 4 FORMULACIÓN DEL PROYECTO**

12

El proyecto de sonido ambiental inicia con la idea ante una necesidad real de comunicación dentro de la universidad, donde para el desarrollo y cumplimiento del mismo todo dependería de la responsabilidad y actitud de quien estén a cargo, para darlo a conocer ante la comunidad tomasina.

Para los estudiantes antiguos observar este nuevo sistema de comunicación, los motivo a pensar que esta universidad estaba trabajando para que los estudiantes tuviesen una mejor convivencia estudiantil, y para los nuevos estudiantes que encontraran con un medio de comunicación eficiente y apropiados a sus necesidades, lo que les llenaría de orgullo y los motivara a seguir estudiando en este plantel educativo por su buena imagen educativa pero también que fuera representativa en uso de la tecnología de la comunicación con los demás centros educativos a nivel de Tunja.

La comunicación en la sede campus de la universidad se reduce a un teléfono y un computador con internet esto para la comunicación entre oficinas, para el personal de seguridad se reduce únicamente a un radioteléfono, por tal razón no hay el sistema para poder comunicarse con toda la comunidad estudiantil al mismo tiempo y de manera rápida. Por todo lo expuesto antes surgió la siguiente pregunta:

¿Cómo solucionar la falta de un sistema de sonido que ayude a mantener un ambiente confortable, que permita dirigir un comunicado de una sede a otra y se mantenga enlazados los sitios de mayor concentración de personas de la Universidad Santo Tomás sede campus?

## **1.5 JUSTIFICACIÓN**

Con el desarrollo de este proyecto se da la solución a la falta de sistemas de información tecnológica que carece la sede para poder tener comodidad y libertad, aumento de competitividad

y servicio ante otras universidades o planteles educativos, se recreara entornos con cultura y 13 entretenimiento, se mejorara estéticamente la decoración y la modernización de la imagen del edificio, se podrá conectar todo el recinto o lugares específicos de interés como la biblioteca, auditorios, pasillos, patio, entre otros, se podrá transmitir información de todo tipo para el personal de la universidad, se podrá escuchar emisoras de radio, música de dispositivos móviles, computadores CDS y lo más importante cambiar los lugares de manera natural y ayudar a evitar el **estrés** de los estudiantes docentes administrativos y directivos.

Este proyecto como medio de comunicación se hace necesario en el momento de poder dirigirse en tiempo real a la comunidad estudiantil. El personal de seguridad en este momento solo cuenta con un sistema de comunicación que es el radioteléfono y están presto en que en cualquier momento deje de funcionar quedando incomunicados, es por eso la necesidad de tener medios de comunicación alternos que en cualquier momento le podemos dar uso para impedir una catástrofe.

Con la implementación del proyecto y su puesta en funcionamiento nos evitaremos estar interrumpiendo las clases y podemos localizar a algún estudiante docente o administrativo de manera rápida si es de suma importancia; dado que cada vez más la población de la universidad va en constante crecimiento y se hace difícil localizar a alguien.

Como es un proyecto nuevo para la universidad, se espera que sea de gran ayuda para el mejoramiento de los lazos que unen todo el proceso educativo entre los estudiantes, docentes, administrativo y directivos; además se pretende convertir en una alternativa de aplicación para que se pueda instalar en la sede centro de la universidad para cada día mejorar y tener al alcance todos los medios tecnológicos que son útiles en el diario vivir, buscando siempre el bienestar social y la formación cultural para promover valores y buenas costumbres.

### 2.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar e implementar equipos para la instalación de sistema de sonido ambiental para los sitios de interés del edificio Giordano Bruno en la Universidad Santo Tomás Tunja, sede campus con la adecuación de una sala de control desde donde se pueda enlazar comunicación proveniente de cualquier oficina que se desea transmitir información personal por este medio.

### 2.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Realizar las respectivas mediciones del área y ubicación para implantar cantidad y calidad de los altavoces.
- Definir empresa suministradora de equipos y cable que cuente con excelente marca, referencia, garantía y que brinde soporte técnico al sistema que se va a instalar para conseguir un excelente servicio.
- Determinar la forma correcta de conexión de los equipos y proceder con su instalación.
- Colocar los altavoces de techo de forma simétrica, estética y segura.
- Lograr que todo y cada uno de los directivos (director, coordinador, decanos) de la universidad puedan enviar sus comunicados desde su oficina, así como realizar llamadas enlazadoras con el sistema de sonido de la sede campus y que puedan ser escuchadas.
- Dejar una copia del proyecto que sirva como guía a los usuarios.

### 3.1 MARCO TEÓRICO

Para el desarrollo del presente trabajo se tuvieron en cuenta las siguientes teorías:

#### 3.1.1 Generalidades del oído humano.

El oído, es el encargado de recibir los estímulos sonoros, procesarlos y transmitirlos al sistema nervioso central, tiene tres grandes sectores: oído externo, oído medio y oído interno. El oído externo comprende el pabellón auditivo y el conducto auditivo externo, el cual termina en una delgada membrana denominada tímpano, límite entre el oído externo y el oído medio. El oído medio tiene por pared a dicho tímpano y limita en su parte interna con la ventana oval. (Cabrera, 2010, p. 12)

Figura 5. El oído humano.



Fuente: Cabrera (2010).

De acuerdo con Cabrera, (2010), la audición humana, es el elemento primordial de la cadena sonora, ya que convierte las ondas sonoras en señales eléctricas que se transmiten por el nervio acústico hasta el cerebro, en donde el sonido es interpretado.

El funcionamiento del oído interno, donde el vestíbulo que posee dos orificios (ventanas oval y redonda) tapados por sendas membranas, donde la ventana oval está unida al estribo y recibe de él sus vibraciones. Cuando el oído recibe un sonido con varias frecuencias, cada una de ellas excita un punto en la membrana basilar, de modo que el cerebro puede interpretar además de la altura del sonido su timbre, sin más que discernir qué terminaciones nerviosas fueron excitadas y con cuánta intensidad. Es decir, el oído interno funciona como un analizador de sonidos.

(Cabrera, 2010)

### **3.1.2 Partes del oído humano.**

En conjunto el estudio histoanatómico del oído se divide en tres partes, oído externo, oído medio y oído interno.

#### **- Oído externo.**

Se compone en su origen por el pabellón auricular y el conducto auditivo exterior y de la pelvis interiofoca. El pabellón auricular está en una base de cartílago elástico recubierto por piel blanda, dicha piel posee abundantes glándulas sebáceas, denominadas como vellosidad del trago, y en su parte medial posee en la arquitectura ósea. Fibras de músculo estriado que se comunican con el conducto auditivo externo, dándole firmeza y apoyo; así como cierta capacidad de movimientos en el ser humano. (Cabrera, 2010)

#### **Oído medio.**

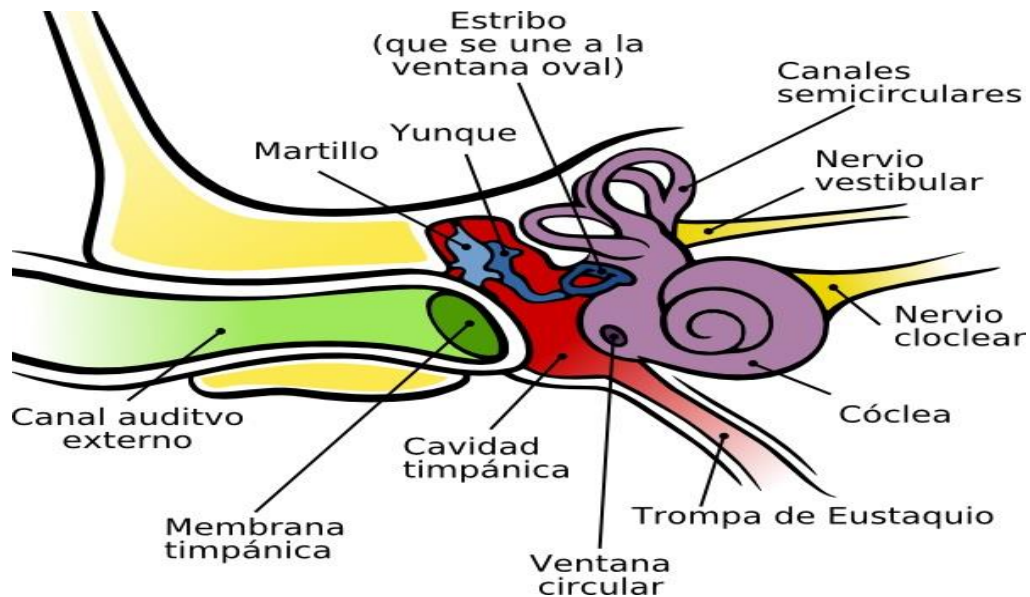
Se aprecian dentro de su arquitectura anatómica: la cavidad timpánica, la membrana timpánica, los osteocillos óticos (huesecillos del oído), senos y celdas mastoideas, así como la tuba faríngea o faringotimpánica (antes denominada Trompa de Eustaquio). Dentro de la cavidad timpánica se abarca un seno irregular repleto de aire, este elemento llega desde la nasofaringe por

medio de la tuba faringotimpánica, y se encarga de dar acople a la estructura intratimpánica, así como de servir de medio de transporte de frecuencias acústicas. (Cabrera, 2010) 17

### Oído interno.

También denominado labyrinthus, se divide a su vez en labyrinthus osseus (óseo) y labyrinthus captivus (membranoso). En el labyrinthus osseus los conductillos semicirculares pertenecen al órgano propio del equilibrio, mientras que la coclearis o caracola pertenece al órgano de la audición. El labyrinthus osseus contiene un líquido linfático denominado perilinfa que está localizado en el espacio perilinfático. (Cabrera, 2010)

Figura 6. Partes del oído interno.



Fuente: Cabrera, (2010)

### 3.1.3 Enfermedades y cuidados del sistema auditivo.

Entre las enfermedades del oído la mayor parte se producen por falta de higiene, desde la niñez, así como por someterlos a ruidos intensos, exceso de uso de audífonos, entre otros aspectos. Pero también por malformaciones congénitas o adquiridas. Entre las enfermedades del

oído externo se encuentran Otitis externa, trastornos del oído externo, trastornos del oído externo en enfermedades clasificadas en otra parte. (Organización Panamericana de la Salud, (2008) 18

El oído medio se encuentran Otitis media no supurativa, otitis media supurativa y la no especificada, inflamación y obstrucción de la trompa de Eustaquio, mastoiditis y afecciones relacionadas colesteatoma del oído medio. En el oído interno se pueden presentar otosclerosis, trastornos de la función vestibular, síndromes vertiginosos en enfermedades clasificadas en otra parte. (Organización Panamericana de la Salud, 2008)

### **Cuidados de oído.**

La mayor parte de las enfermedades del oído que implican procesos infecciosos, inflamatorios o alérgicos, son tratadas por médicos conocidos como otorrinolaringólogos o especialistas en laringe, nariz y oídos. Los cirujanos otorrinolaringológicos tratan problemas tales como la otosclerosis, el trauma físico y el drenaje de los tejidos infectados que requieren operaciones quirúrgicas. (Cabrera, 2010, p. 23)

Una forma sana de cuidar los oídos es no abusar de los audífonos, no dejar que le caiga agua dentro de los oídos, saber secar los oídos cuando va a piscina, pero también utilizar protectores que impidan ingreso de agua a estos; no exponerse a ruidos extremos, pero en caso de que su trabajo depende de estar con ruido use tapa oídos profesionales; igualmente procure no abusar de las conversaciones extensas por teléfono.

### **3.2 TEORÍA SOBRE ACÚSTICA**

La acústica es la rama de la física que estudia el sonido. Esta materia está implícita en cualquier proceso donde el sonido tenga prelación. Incluso en procesos de audio digital, se debe tener en cuenta la acústica de una grabación o reproducción del sonido ya que de ella dependerá mucho el producto final. Este módulo acerca al estudiante a generar un pensamiento sonoro claro

y concordante con el lenguaje y las leyes físicas que rigen al sonido y a la acústica en la actualidad. (Cabrera, 2010) 19

La acústica tiene su origen en la Antigua Grecia y Roma, entre los siglos VI a. C. y I d. C. Comenzó con la música, se practicaba como arte desde hacía miles de años, pero no había sido estudiada de forma científica hasta que Pitágoras se interesó por la naturaleza de los intervalos musicales. Quería saber por qué algunos intervalos sonaban más bellos que otros, y llegó a respuestas en forma de proporciones numéricas.

Aristóteles (384 a 322 a. C.) comprobó que el sonido consistía en contracciones y expansiones del aire «cayendo sobre y golpeando el aire próximo», una buena forma de expresar la naturaleza del movimiento de las ondas. Alrededor del año 20 a. C., el arquitecto e ingeniero romano Vitruvio escribió un tratado sobre las propiedades acústicas de los teatros, incluyendo temas como la interferencia, los ecos y la reverberación; esto supuso el comienzo de la acústica arquitectónica. (Colombia Aprende 2019).

Entre 1630 y 1680 se realizaron mediciones experimentales de la velocidad del sonido en el aire por una serie de investigadores, destacando de entre ellos Mersenne. Mientras tanto, Newton (1642-1727) obtuvo la fórmula para la velocidad de onda en sólidos, uno de los pilares de la física acústica (Principia, 1687). (Colombia Aprende 2019).

En palabras de González (2011), la acústica es la rama de la física que estudia todos los fenómenos físicos que están vinculados a la generación, propagación y detección de ondas mecánicas que se escuchan en una banda de frecuencias, que se hacen llamar las ondas sonoras.

La acústica también está examinando los niveles de intensidad del sonido, que están relacionados con la energía transmitida por ondas de sonido. Es decir, los decibelios, que es la unidad de volumen. Los físicos que estudian la acústica, también tienen mucho trabajo para

desarrollar salas de conciertos musicales, salas de aula que requieren un determinado material 20 y la geometría de las proporciones exactas para permitir que el alcance audible en todas las partes del teatro y también permiten un mínimo de reverberación en la sala.

### **3.3 CONCEPTOS BASICOS DE LA ACUSTICA.**

Para poder estudiar y comprender cualquier rama de la acústica, como la acústica arquitectónica o la acústica ambiental; es necesario comprender la física básica del sonido y algunos conceptos de acústica, como los fenómenos acústicos los cuales se involucran en cualquier caso de propagación sonora.

**El Ruido.** El ruido acústico es aquel ruido (entendido como sonido molesto) producido por la mezcla de ondas sonoras de distintas frecuencias y distintas amplitudes. La mezcla se produce a diferentes niveles ya que se conjugan tanto las frecuencias fundamentales como los armónicos que las acompañan. (Cabrera, 2010)

**Clasificación del Ruido.** Se clasifican diferentes de ruido acústico, entre ellos: En función de la intensidad en conjunción con el periodo y en función de la frecuencia. los ruidos se clasifican según la intensidad y el periodo en: Ruido continuo o constante, ruido fluctuante y ruido impulsivo. (Cabrera, 2010)

Por otro lado, existen varios tipos de ruido, tales como: El ruido continuo se produce por maquinaria que opera del mismo modo sin interrupción, como los ventiladores, bombas y equipos de proceso. (Cabrera, 2010)



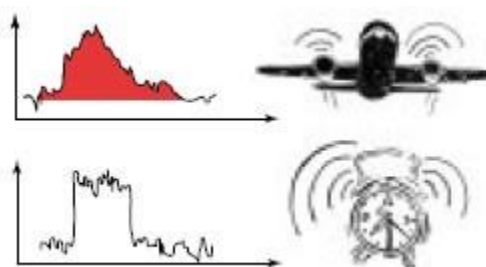
Figura 7 . Ejemplo de Ruido Continuo.

Fuente. Acustipedia -2012.

### **Ruido intermitente.**

Cuando la maquinaria opera en ciclos, o cuando pasan vehículos aislados o aviones, el nivel de ruido aumenta y disminuye rápidamente. Para cada ciclo de una fuente de ruido de maquinaria, el nivel de ruido puede medirse simplemente como un ruido continuo. Para medir el ruido de un suceso, se mide el Nivel de Exposición Sonora, que combina en un único descriptor tanto el nivel como la duración. El nivel de presión sonora máximo también puede utilizarse. Puede medirse un número similar de sucesos para establecer una media fiable. (Acustipedia, 2012, párr. 2)

Figura 8. Ejemplo de Ruido Intermitente.



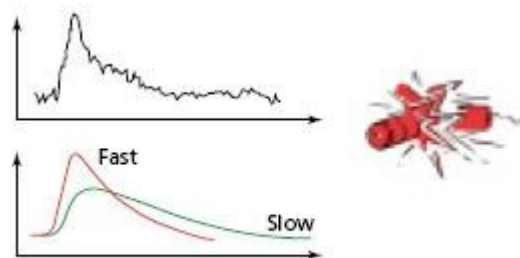
Fuente. Acustipedia -2012

## Ruido Impulsivo.

22

El ruido de impactos o explosiones, producido por pistola, es llamado ruido impulsivo. Es breve y abrupto, y su efecto sorprendente causa mayor molestia que la esperada a partir de una simple medida del nivel de presión sonora. (Acustipedia, 2012, párr. 3)

Figura 9. Ejemplo de Ruido Impulsivo.



Acustipedia, 2012

## Ruido de baja frecuencia.

El ruido de baja frecuencia tiene una energía acústica significativa en el margen de frecuencias de 8 a 100 Hz. Este tipo de ruido es típico en grandes motores diesel de trenes, barcos y plantas de energía y, puesto que este ruido es difícil de amortiguar y se extiende fácilmente en todas direcciones, puede ser oído a muchos kilómetros. (Acustipedia, 2012, párr. 4)



Acustipedia, 2012

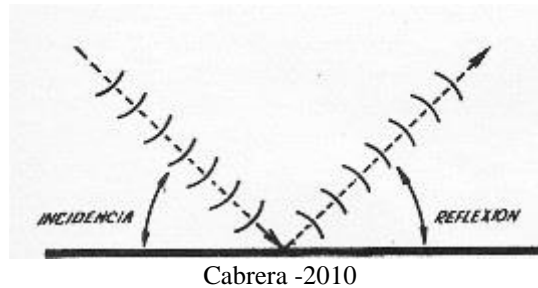
### 3.4 GENERALIDADES DE FENÓMENOS ACÚSTICOS

La acústica física está dedicada al estudio de los fenómenos que se producen durante la producción y propagación del sonido. Todos estos caracteres que sobresalen, desde el origen de una onda sonora, propician una diversidad de fenómenos que son objetos para la acústica física. Entre los fenómenos más importantes para la acústica figuran aquellos que tienen lugar durante la incidencia de la onda sonora sobre una superficie (reflexión, absorción, difracción y transmisión).

(Brennan,1992, p. 72)

#### 3.4.1 Reflexión sonora.

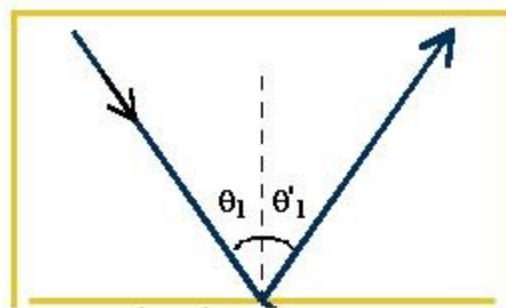
La reflexión es un fenómeno de la propagación del sonido, junto con la transmisión, absorción y la difracción. En palabras de Brennan, (1992), la refracción sonora se produce cuando una onda choca con una superficie, la onda que choca se denomina onda incidente y la nueva onda que aparece a partir de este choque se llama onda reflejante, el ángulo en el que sale la onda reflejante es el negativo del ángulo de la onda incidente.



Por su parte, Cabrera (20109, afirma que cuando una onda incide sobre una superficie límite de dos medios, de distintas propiedades mecánicas, ópticas, etc., parte de la onda se refleja, parte se disipa y parte se transmite. La velocidad de propagación de las ondas,  $v$ , cambia al pasar de un medio a otro, pero no cambia la frecuencia angular  $w$ . La reflexión de una onda cumple una ley matemática de Snell, que dice que el ángulo de la onda reflejante es el inverso del ángulo de la onda incidente.

Figura 12. Representación Gráfica de la Ley de la Reflexión.

**Ley de la reflexión :**  $\theta_1 = \theta'_1$



Fuente: Cabrera (2010)

Cabrera (2010), dice que la reflexión de una onda sonora depende de la longitud de onda de la onda incidente y de la densidad del material reflector.

Este fenómeno, que se aprecia muy claramente con la luz en un espejo, se produce de igual forma con el sonido. Cuando el sonido tropieza con un obstáculo, lo que hace la mayor parte de la energía (siempre hay algo que se transmite y en el objeto) de la onda, es cambiar de fase y volver por el mismo camino por el que ha llegado, pero en sentido contrario. 25

Cabrera (2010) expresa también que las reflexiones son un efecto a evitar en las salas de audición puesto que enturbian la pureza de la pieza musical que se está oyendo en ese momento. Los materiales más duros, como pasa con las montañas, sobretodo paredes verticales, son los que ofrecen un índice de reflexión mayor, de ahí la frecuencia de aparición del fenómeno del eco en estos entornos (que dependiendo del retraso que se produzca en las reflexiones podremos hablar de eco o de reverberación).

En cuanto a la forma de propagación del sonido, podíamos establecer una diferencia entre el sonido directo y el sonido indirecto. Respecto a este último modo de propagación es donde se produce el fenómeno de reflexión. Ya que el sonido indirecto se produce al ser reflejado por paredes, techos u objetos, para que se produzca este hecho habrá que tener en cuenta la naturaleza del elemento, la forma y la rugosidad superficial. En este fenómeno entran en juego la longitud de onda del sonido y el tamaño del objeto con el cual choca. (Cabrera, 2010, p. 66)

Cuando el sonido choca con un objeto cuyo tamaño sea igual o mayor que su longitud de onda, se producirá una reflexión del mismo, dando origen al sonido indirecto. Sin embargo, cuando el objeto es menor que su longitud de onda lo que se produce es la difracción del sonido. Pero hay diversos factores que intervienen e influyen en la reflexión. (Cabrera, 2010, p. 67)

En todos los casos el ángulo con el que se refleja el sonido es idéntico al ángulo incidente de choque cuando este efecto se produce sobre objetos lisos, mientras que este ángulo no es igual cuando el choque se produce con objetos rugosos o, a los menos, no planos. Por tal motivo es

preciso tener en cuenta los fenómenos de absorción. Como principio general, destacaremos que<sup>26</sup> los objetos lisos, pesados y rígidos son reflectantes, mientras que los rugosos y porosos son absorbentes. (Cabrera, 2010, p. 67)

### 3.4.2 Absorción sonora

Llamamos absorción del sonido, a la propiedad de los materiales, estructuras y objetos, de convertir energía sonora en calor. Este efecto puede producirse por propagación en el medio, o por disipación cuando el sonido incide sobre su superficie. (Cabrera, 2010, p. 68)

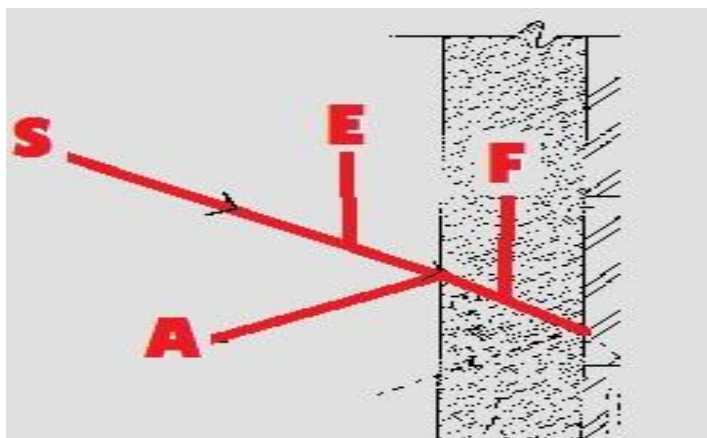
### 3.4.3 Disipación de la energía sonora

La ley de conservación de la energía dice que ésta no puede desaparecer ni destruirse, por lo que es lógico que cambie de forma. En el caso de la energía sonora, las vibraciones de las moléculas de aire, se transformarán en calor. (Cabrera, 2010, p. 68)

La figura 13, representa el corte de una pared de ladrillo revestida con un material acústico.

La acción del sonido S, incidente sobre la pared, tendrá tres efectos:

Figura 13. Esquema de disipación de energía sonora en una pared de ladrillo.



Fuente: Cabrera (2010)

-Una parte se reflejará en la dirección de A.

-Otra, se disipará en el aire en forma de calor (E), éste efecto será más apreciable en altas frecuencias.

El resto del sonido penetrará el material, cambiando su dirección, por tratarse de uno más denso y disipando parte de su energía nuevamente en calor (F). (Cabrera, 2010, p. 68)

Cuando esta señal encuentre la pared de ladrillos, nuevamente una parte se reflejará disipando calor y otra parte se refractará cambiando de dirección. Este proceso se repetirá en forma continua con sucesivos cambios de dirección, reflexiones, refracciones y pérdidas de energía. Afortunadamente, todas estas pérdidas y cambios en la dirección del sonido, no son necesarios para resolver problemas prácticos, pero ayudan a entender el comportamiento del mismo en los materiales. (Cabrera, 2010, p. 69)

### **3.5 MEDICIÓN ACÚSTICA**

Las mediciones acústicas fueron diseñadas para poder medir objetivamente los diferentes parámetros acústicos que involucran un recinto, o espacio. Antes de intentar corregir acústicamente un espacio o recinto se debe definir qué es lo que se quiere corregir y como lo vamos a corregir.

Para que este tipo de mediciones se aplican normas internacionales tales como:

ISO (international organization for standardization); INCONTEC (Instituto Colombiano de Normas Técnicas); IEEE (Institute of Electrical and Electronics; Engineers); AES (Audio Engineers Society): (Cabrera, 2010, p. 77)

#### **3.5.1 Parámetros de medición acústica**

De acuerdo con Cabrera (2010), los parámetros acústicos que se miden son:

**1. Medición Tiempo de Reverberación (Rt):** el tiempo de reverberación hace referencia al tiempo que tarda en caer un sonido 60db después de emitido el mismo. Se mide únicamente en

recintos cerrados o grandes arenas. Para la medición de este tiempo de reverberación se hace necesario un sonómetro integrador con micrófono de medición, una fuente impulsiva como globos, disparo o un deta dirac (impulso elaborado electrónicamente). (Cabrera, 2010, p. 78) 28

**2. Medición Nivel Continuo equivalente (Leq):** El nivel continuo equivalente es un parámetro que se obtiene promediando muchas mediciones en tiempos prolongados, es la medición más efectiva para elaborar mapas de ruido o establecer incidencias de ruido (excepto el ruido de tráfico aéreo). Para ello se necesita de un sonómetro integrador con micrófono de medición y de la correlación de la medición. (Cabrera, 2010, p. 78)

**3. Medición de Claridad (C80):** La claridad hace referencia al promedio de la cantidad de energía sonora que llega los primeros 80 milisegundos. Para la medición de este parámetro, se hace necesario un sonómetro integrador con micrófono de medición, la fuente para la medición puede ser de varios tipos, fuente impulsiva, fuente continua, y algunas señales utilizadas en estas mediciones. (Cabrera, 2010, p. 78)

**4. Medición del Nivel de Inteligibilidad:** La inteligibilidad es el nivel de entendimiento de la palabra, este parámetro se mide de manera estadística se puede medir en cualquier lugar, para su medición se requiere de una encuesta diseñada con palabras específicas (estas palabras las especifica los protocolos de medición), de personas que escucharan en distintos puntos del lugar y anotaran exactamente lo que escuchan y de un locutor o sistema sonoro que reproducirá estas palabras a las personas que escuchan. (Cabrera, 2010, p. 78)

### **3.5.2 Instrumentos de medición sonora.**

A continuación, se enuncian los instrumentos de medición de los distintos parámetros acústicos.

**1. Sonómetro.** El sonómetro es un instrumento de medida que sirve para medir niveles de presión sonora (de los que depende la amplitud y, por tanto, la intensidad acústica y su percepción, sonoridad. (Cabrera, 2010, p. 81)

Imagen 9. Sonómetro.



Fuente: Cabrera -2010

**2. Micrófonos de medición.** Los micrófonos de medición están diseñados para que su respuesta de frecuencia sea ultra plana, y no coloreen el sonido en ningún punto del espectro, este diseño especial los hace mucho más costosos y su diafragma es más delicado que el de los originales. (Cabrera, 2010, p. 82)

Imagen 10. Micrófono de medición.



Fuente: Cabrera -2010

**3. Calibradores.** Los calibradores son dispositivos creados generalmente para reproducir un 30 tono de 1kHz a 94dB tienen forma cilíndrica y una cavidad donde el micrófono de medición entra para ser calibrado, la función que cumple es la de ser la referencia para poder calibrar un sonómetro o sistema de medición en 94 dB para poder realizar la medición con valores reales en dBs. (Cabrera, 2010, p. 83)

Imagen 11. Calibrador 94 dB.



Fuente: Cabrera -2010

#### **4. Señales.**

Son los tipos de ondas o espectros que necesitamos para poder llevar a cabo las distintas mediciones acústicas. De ellas podemos encontrar:

Señales impulsivas: este tipo de señal es el más utilizado para medir tiempo de reverberación. Lo que se busca es un fuerte sonido que contenga todo el espectro sonoro pero que se extinga lo más rápido posible en el tiempo, este sonido lo podemos obtener inflando un globo y estallándolo, con una pequeña explosión como la que causa una pistola o con un delta dirac que es una señal generada matemáticamente y electrónicamente para que suene como una señal impulsiva.

(Cabrera, 2010, p. 84)

Señales continuas: Se usan en la mayoría de mediciones, pueden ser señales de ruido continuo de ruidos blanco, rosa o café, o existen otras como el sine sweep que es una señal digital que hace un barrido de frecuencias de todo el espectro, el intervalo de tiempo de duración de

todas estas señales se puede controlar según las necesidades de la medición. (Cabrera, 2010, p. 31 84)

### **5. Normatividad para mediciones acústicas.**

En Colombia existen algunas normas técnicas que las propone el INCONTEC. Y regulan mediciones acústicas en diferentes entornos. Aquí se presentan algunas de ellas.

NTC 4194: Acústica. Medición de presión sonora a vehículos automotores en estado estacionario.

NTC 4653: Acústica. Directrices para la medición de la exposición al ruido en ambiente de trabajo

NTC 3437: Acústica. Ruido emitido por maquinaria y equipo. pautas para la preparación de códigos de ensayo de ingeniería que requieren mediciones de ruido en la posición del operador o del espectador. La norma más utilizada a nivel mundial para la medición de tiempo de reverberación es la ISO 3382. (Cabrera, 2010, p. 85)

La ley colombiana según la resolución N° 8321 del 4 de agosto de 1983, por la cual se dictan normas sobre protección y conservación de la audición, la salud y el bienestar de las personas, por causa de la producción y emisión de ruidos, hace constar en sus capítulos normas para la protección y conservación de la audición en el trabajo según horas el intervalo serio: 8 horas de trabajo 90 db hasta 15 min de trabajo 115db de ahí en adelante no se permite más. (Minsalud, 2016, párr. 1)

Tabla 1. Estándares máximos permisibles de niveles de emisión de ruidos expresados 32

Sector	Subsector	estandares maximos permitidos	
		Dia	Noche
Sector A. Tranquilidad y Silencio	Hospitales bibliotecas, guarderías, sanatorios, hogares geriátricos.	55	50
Sector B. Tranquilidad y Ruido Moderado	Zonas residenciales o exclusivamente destinadas para desarrollo habitacional, hotelería y hospedajes.	65	55
	Universidades, colegios, escuelas, centros de estudio e investigación.		
	Parques en zonas urbanas diferentes a los parques mecánicos al aire libre.		
Sector C. Ruído Intermedio Restringido	Zonas con usos permitidos industriales, como industrias en general, zonas portuarias, parques industriales, zonas francas.	75	75
	Zonas con usos permitidos comerciales, como centros comerciales, almacenes, locales o instalaciones de tipo comercial, talleres de mecánica automotriz e industrial, centros deportivos y recreativos, gimnasios, restaurantes, bares, tabernas, discotecas, bingos, casinos.	70	60
	Zonas con usos permitidos de oficinas.	65	55
	Zonas con usos institucionales.		
	Zonas con otros usos relacionados, como parques mecánicos al aire libre, áreas destinadas a espectáculos públicos al aire libre.	80	75
Sector D. Zona Suburbana o Rural de Tranquilidad y Ruído Moderado	Residencial suburbana.	55	50
	Rural habitada destinada a explotación agropecuaria.		
	Zonas de Recreación y descanso, como parques naturales y reservas naturales.		

en db.

Ministerio de Salud, 2016

### 3.6 SONIDO

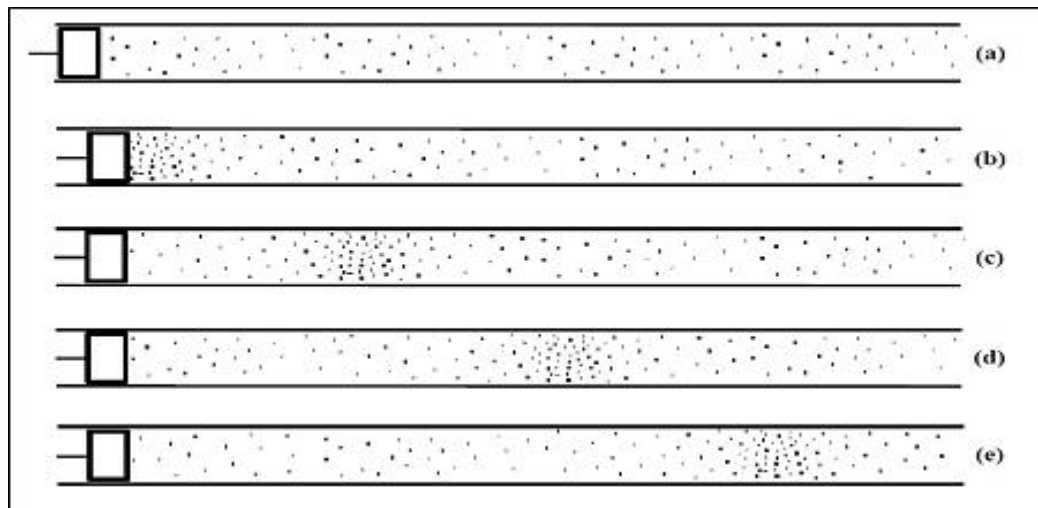
#### 3.6.1 Definición de sonido

El sonido es la propagación de una perturbación en el aire. Para comprender mejor este concepto imaginemos un tubo muy largo lleno de aire, con un pistón en un extremo. El aire está

formado por una cantidad muy grande de pequeñas partículas o moléculas. Inicialmente, el aire<sup>33</sup> dentro del tubo está en reposo, o, más técnicamente, en equilibrio. (Miyara,2019, p. 2)

Este equilibrio es dinámico, lo cual significa que las moléculas no están quietas, sino que se mueven caóticamente en todas las direcciones debido a la agitación térmica, pero con la particularidad de que están homogéneamente repartidas en el interior del tubo. En otras palabras, en cada centímetro cúbico (cm<sup>3</sup>) de aire, ya sea cerca del pistón o lejos de él, hay aproximadamente la misma cantidad de moléculas (una cantidad muy grande: unos 25 trillones). (Miyara,2019, p. 2)

Figura 14. Propagación de una perturbación en un tubo.



Fuente: Miyara -2019

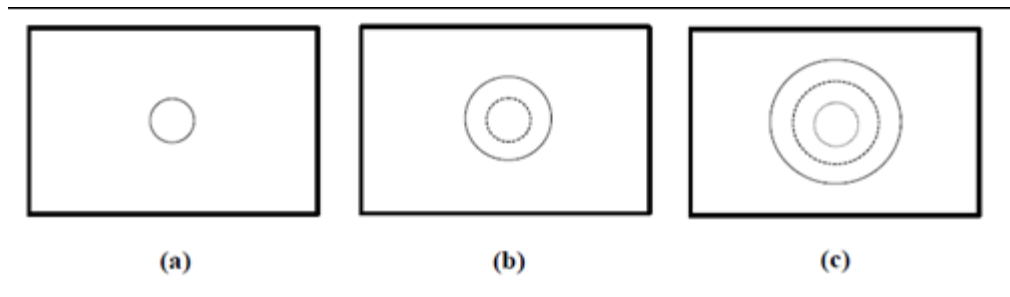
(a) El aire en reposo (moléculas repartidas uniformemente). (b) Ante una perturbación el aire se concentra cerca del pistón. (c), (d), (e). La perturbación se propaga alejándose de la fuente. Supongamos ahora que se desplaza rápidamente el pistón hacia el interior del tubo.

Las moléculas que se encuentran junto al pistón serán empujadas por éste, mientras que las que se encuentran muy alejadas no. Esto implica que en la zona del pistón el aire se

encontrará más comprimido que lejos de él, es decir que la misma cantidad de aire ahora ocupa<sup>34</sup> menos espacio. Al igual que lo que sucede cuando se abre la válvula de un neumático, el aire comprimido tiende a descomprimirse, desplazándose hacia la derecha, y comprimiendo a su vez el aire que se encuentra próximo a él. (Miyara, 2019, p. 3)

Esta nueva compresión implica, otra vez, una tendencia a descomprimirse, que se efectiviza a costa de comprimir el aire contiguo. El proceso se repite así en forma permanente, con lo cual la perturbación original (la compresión del aire cercano al pistón) se propaga a lo largo del tubo alejándose de la fuente de la perturbación (el pistón). (Miyara, 2019, p. 3)

Figura 15. Una perturbación de la superficie del agua en una pileta inicialmente en calma se propaga como una circunferencia de radio cada vez mayor.



Miyara, 2019

Al aire libre, es decir sin la restricción de un tubo (y en ausencia de superficies que reflejen el sonido), la perturbación se propaga, similarmente, en forma de una onda esférica cuyo radio va aumentando a medida que transcurre el tiempo. (Miyara, 2019, p. 3)

El fenómeno sonoro que analizamos anteriormente, consistía en una única perturbación del aire. La mayor parte de los sonidos de la naturaleza son, en realidad, el resultado no de una sino de múltiples perturbaciones sucesivas. Estos sonidos se denominan periódicos, y pueden

dividirse en ciclos, donde cada ciclo abarca todo lo que sucede entre dos perturbaciones sucesivas del aire.

Siguiendo con la analogía de la piedra que cae en la pileta, podemos pensar en una sucesión de gotas que caen sobre la superficie del agua, lo cual dará lugar a una serie de círculos concéntricos que van agrandándose a medida que van surgiendo nuevos círculos. Análogamente, al aire libre, y lejos de toda superficie capaz de reflejar el sonido, las sucesivas perturbaciones se propagarán como esferas concéntricas crecientes que se alejan de la fuente. (Cabrera, 2010, p. 27)

### **3.6.2 Representación gráfica del sonido.**

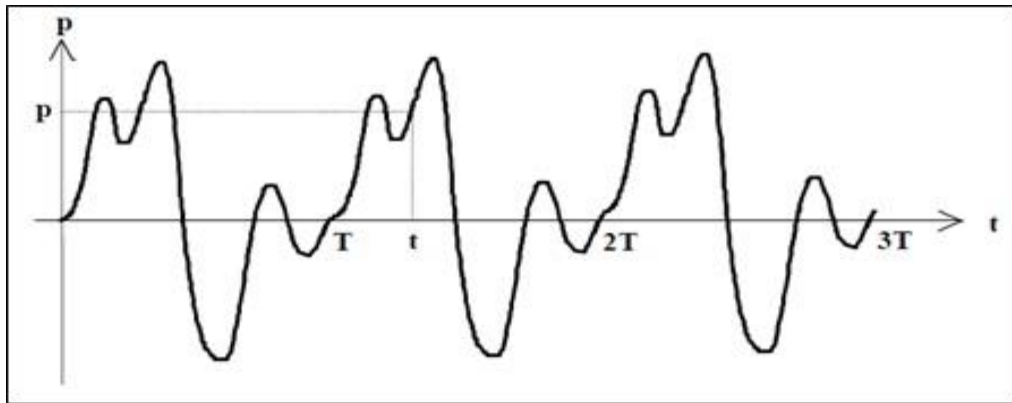
La manera en que se aplican las perturbaciones sucesivas, dan como resultado un suave vaivén del pistón, o que por el contrario cada perturbación consistiera en una brusca sacudida del mismo. La realidad es que, aun manteniéndose la frecuencia, ambos sonidos sonarán muy diferentes, lo cual muestra la importancia de conocer la forma de la perturbación. Para ello se utiliza un tipo de representación gráfica denominada oscilograma, que consiste en mostrar la evolución en el tiempo de la perturbación, como se en la siguiente figura, en un par de ejes correspondientes al tiempo (eje horizontal) y a la presión sonora (eje vertical). (Cabrera, 2010, p. 28)

El oscilograma del sonido, en el cual pueden apreciarse 3 ciclos o periodos completos del mismo. En el eje horizontal se representa el tiempo y en el eje vertical la presión sonora. Obsérvese que la forma de onda es en este caso relativamente compleja. (Cabrera, 2010, p. 28)

El significado la siguiente figura es que para cada instante  $t$ , representado como un punto o posición en el eje horizontal, corresponde una presión sonora  $p$ , representada por una altura medida en la escala del eje vertical. Los valores positivos (arriba del eje  $t$ ) representan

compresiones y los valores negativos (debajo del eje  $t$ ), descompresiones. Es interesante explorar el significado del periodo  $T$  y de la frecuencia  $f$  en un oscilograma. (Cabrera, 2010, p. 28)

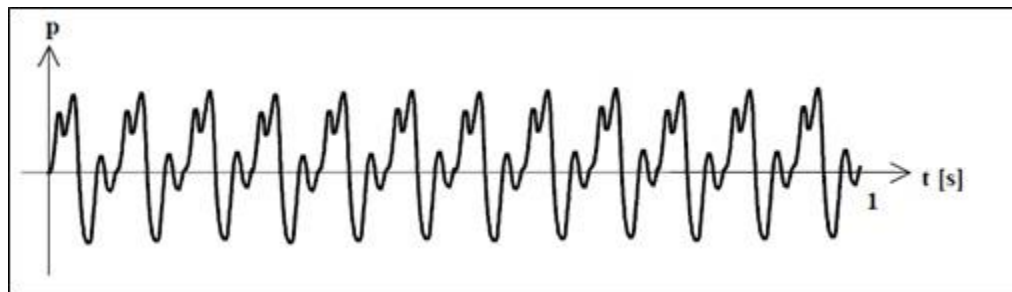
Figura 16. El oscilograma de un sonido.



Fuente. Cabrera, 2010

En la figura anterior, se puede apreciar que  $T$  es la duración de cada ciclo o porción repetitiva de la onda.

Figura 17. Significado de la frecuencia en un oscilograma.



Fuente. Cabrera, 2010

En la figura 17, se dibuja la onda durante un tiempo de 1s (en otra escala). Dado que hay 12 ciclos en dicho tiempo, la frecuencia es de 12 Hz.

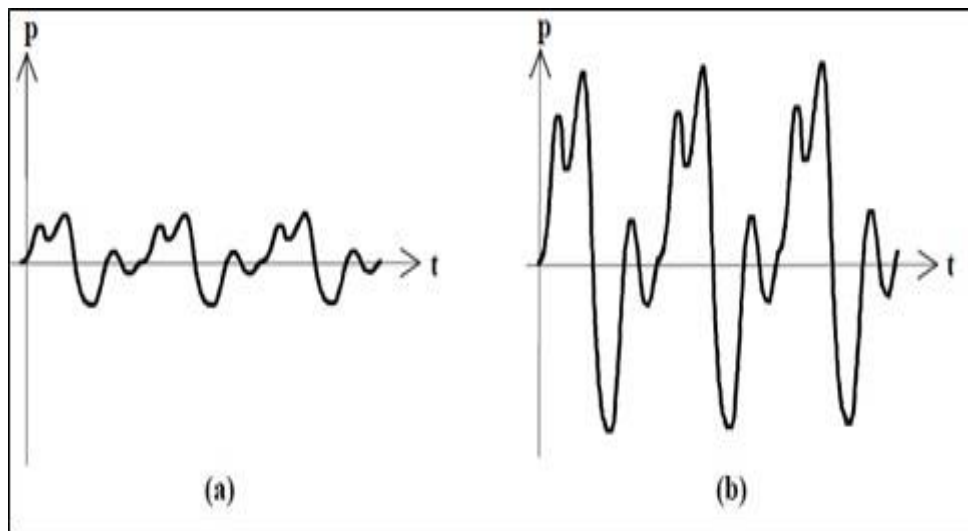
En la unidad de tiempo, es decir 1s, se cuentan 12 ciclos, por lo cual la frecuencia es de 12 Hz.

### 3.6.3 Amplitud, periodo y frecuencia del sonido

La amplitud se define como el máximo valor que alcanza una oscilación en un ciclo. La amplitud se denomina también valor de pico o valor pico. En el Grafico 5, vemos la misma forma de onda con dos amplitudes diferentes. (Cabrera, 2010, p. 30)

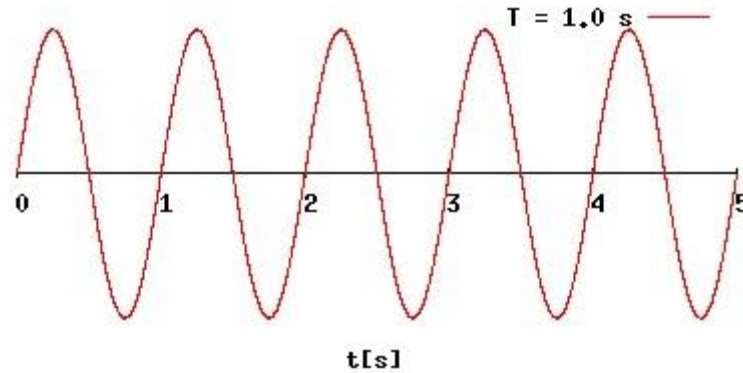
Figura 18. Dos ondas con igual frecuencia, pero diferente amplitud. (a) Pequeña amplitud.

(b) Gran amplitud.



Fuente: Cabrera, 2010

El segundo parámetro es el periodo,  $T$ , que se define como el tiempo transcurrido entre una perturbación y la siguiente. Se mide en segundos (s) o milisegundos (ms), es decir la milésima parte de un segundo. El periodo de los sonidos audibles para el ser humano varía entre los 0,05 ms (sonidos muy agudos) y los 50 ms (sonidos muy graves). (Cabrera, 2010, p. 30)



Fuente: Cabrera, 2010

La figura 19, muestra una onda con periodo en 1 segundo, quiere decir que en un segundo es el tiempo que tarda la onda en hacer un ciclo completo.

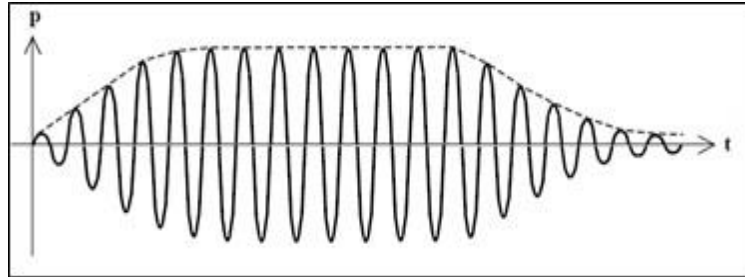
El tercer parámetro es la frecuencia ( $f$ ), uno de los más fundamentales en Acústica. Se define como la cantidad de ciclos por segundo, o lo que es lo mismo, la cantidad de perturbaciones por segundo. Se expresa en hertz (Hz), unidad llamada así en honor a Heinrich Hertz, científico del siglo XIX que descubrió las ondas de radio. (Cabrera, 2019, p. 31)

### 3.7 ONDA

#### 3.7.1 Envolvente y formas de onda.

Se define la envolvente de un sonido como la forma que se obtiene uniendo las amplitudes de los ciclos sucesivos. En la Figura 20 se puede apreciar una onda cuya amplitud varía en el tiempo. En línea de trazos se muestra la envolvente respectiva. (Cabrera, 2019, p. 32)

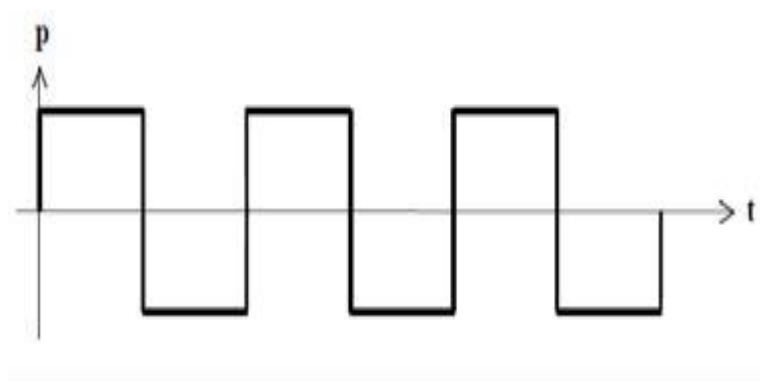
Figura 20. Una forma de onda con amplitud variable con el tiempo. En línea de trazos se ha 39  
dibujado la envolvente, curva que une los picos de cada ciclo.



Fuente. Cabrera, 2019

Las formas de onda que reciben especial atención, ya sea por su simplicidad o por su utilidad práctica o teórica. La primera de ellas es la onda cuadrada, que consiste en dos niveles (generalmente uno positivo y el otro negativo) que se van alternando en el tiempo. Cada uno de ellos permanece un tiempo  $T/2$ , donde  $T$  es el periodo. En la siguiente figura se muestra un ejemplo de este tipo de onda. (Cabrera, 2019, p. 32)

Figura 21. Tres ciclos de una onda cuadrada.

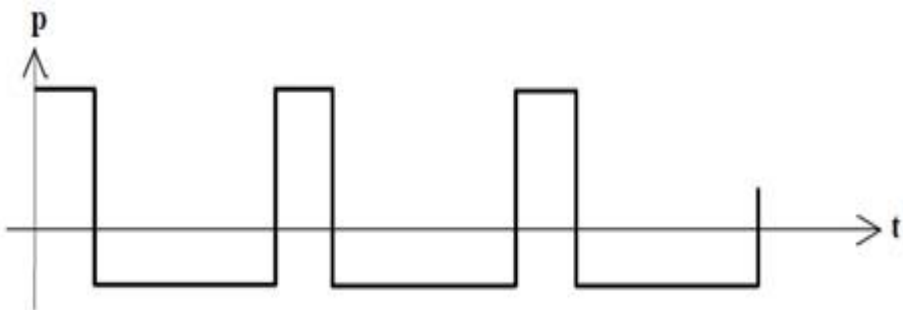


Fuente: Cabrera, 2019

Una variante de la onda cuadrada es el tren de pulsos, en el cual el tiempo de permanencia en cada uno de los dos niveles no es el mismo. Se suele especificar un porcentaje que

corresponde a la proporción del periodo en el nivel alto. En el grafico 8. Se muestra un tren de 40 pulsos al 25%.

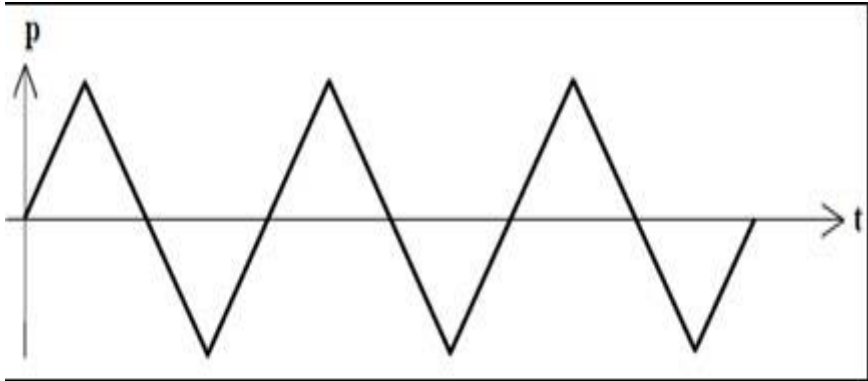
Figura 22. Tres ciclos de un tren de pulsos al 25%.



Fuente: Cabrera -2019.

Otra forma de onda interesante es la onda triangular (Grafico 9). Está formada por rampas que suben y bajan alternadamente.

Figura 23. Tres ciclos de una onda triangular.

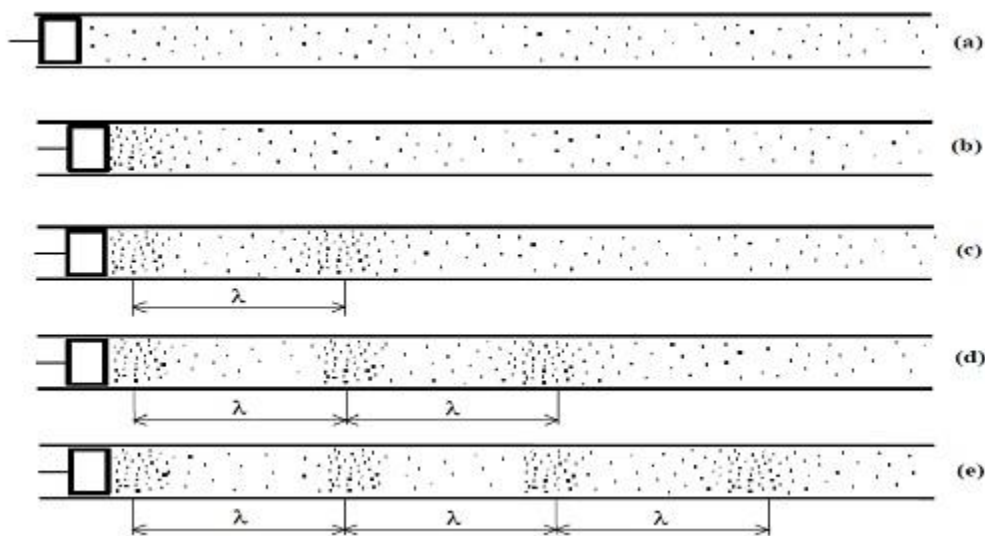


Fuente: Cabrera -2019.

## 3.7.2.1 Longitud de onda.

La longitud de onda, que se representa con la letra griega lambda,  $\lambda$ , y es la distancia entre dos perturbaciones sucesivas en el espacio. Se mide en metros (m) o en centímetros (cm), y para los sonidos audibles está comprendida entre los 2 cm (sonidos muy agudos) y los 17 m (sonidos muy graves). La longitud de onda es importante en varias situaciones. En primer lugar, un objeto grande comparado con la longitud de onda es capaz de alterar significativamente la propagación del sonido cuando se interpone entre la fuente sonora y el oyente. (Cabrera, 2019, 36)

Figura 24. Un sonido consecuencia de una perturbación repetitiva.



Cabrera -2019

(a) El aire en reposo. (b) Primera perturbación. (c) Segunda perturbación, cuando la primera ha recorrido una distancia  $\lambda$  (longitud de onda). (d) Tercera perturbación, cuando la primera ha recorrido una distancia  $2\lambda$  y la segunda una distancia  $\lambda$ . (e) Cuarta perturbación,

cuando las anteriores han recorrido las distancias  $3\lambda$ ,  $2\lambda$ , y  $\lambda$  respectivamente. (Cabrera, 2019, 42 37)

Otra situación en la cual la longitud de onda juega un papel importante es en la eficiencia de los altavoces. Cuando la longitud de onda  $\lambda$  emitida por un parlante es mucho más pequeña que su propio tamaño, la potencia emitida se reduce considerablemente.

Por esa razón, los tweeters (altavoces de agudos) son mucho más pequeños que los woofers (altavoces de graves). Por último, veremos más adelante que la respuesta de los micrófonos se altera para aquellos sonidos de longitud de onda  $\lambda$  comparable con el tamaño del micrófono. (Cabrera, 2019, 37)

### **3.7.2.2 Velocidad del sonido.**

Ahora nos preguntamos qué tan rápido se aleja la onda de la fuente. La respuesta es que el sonido se propaga con una velocidad  $c$  que en el aire a  $23\text{ }^{\circ}\text{C}$  vale o bien

$$c = 345 \text{ m/s.}$$

$$c = 1242 \text{ km/h.}$$

Esta velocidad varía algo con la temperatura (un  $0,17\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), por eso en diversos textos pueden encontrarse valores ligeramente diferentes. Una observación importante es que la velocidad del sonido es independiente de la intensidad de la perturbación. (Cabrera, 2019, 37)

Esta chispa produce a la vez luz y sonido. Sin embargo, la luz viaja a una velocidad mucho más alta, y alcanza nuestra vista casi instantáneamente, mientras que el sonido demora un tiempo apreciable en llegar a nosotros. Así, si cronómetro en mano comprobamos que el trueno se escucha  $5\text{ s}$  después de ver un relámpago, conociendo la velocidad del sonido podemos calcular que el relámpago se produjo a una distancia. (Cabrera, 2019, pp. 37 y 38)

$$\mathbf{d = 345 \text{ m/s } \cdot 5 \text{ s} = 1725 \text{ m} = 1,725 \text{ km.}}$$

Otro ejemplo interesante es el eco. Si gritamos frente a una superficie vertical un tanto alejada, 43 el sonido tardará un tiempo en llegar a la superficie, se reflejará en ella, y volverá demorando otro tiempo adicional. El resultado será que se escucha, unos instantes después, que la pared “repite” el grito. Más adelante veremos ejemplos correspondientes a los sistemas de sonido, en los cuales a causa de la distancia entre los parlantes y el público se producen retardos que es preciso corregir. (Cabrera, 2019, p. 38)

Existe una relación entre la velocidad del sonido, la longitud de onda y la frecuencia y está dada

### **3.7.3.3 Decibeles.**

El bel (símbolo B) es una unidad de medida de razones. Él bel es principalmente usado en las telecomunicaciones, electrónica, y acústica. Fue inventado por ingenieros del Bell Labs para cuantificar la reducción en el nivel acústico sobre un cabo telefónico patrón con 1 milla de largura. Originalmente era llamado de unidad de transmisión o TÚ, pero fue renombrado entre 1923 y 1924 en homenaje al fundador del laboratorio, Alexander Graham Bell. (Cabrera, 2019, p.44)

El decibel, comúnmente abreviado como dB, es de uso frecuente en el mundo de la acústica. Los niveles expresados en decibeles facilitan el manejo del extenso rango de sensibilidad que caracterizan al oído y el cual es capaz de percibir, las relaciones de estímulos se acercan más a la percepción humana, que las diferencias de estímulos. Relaciones entre potencias, intensidades, presión sonora, voltaje o corriente son adimensionales, es decir un número. (Cabrera, 2019, p. 45)

La tabla 2, muestra tres formas diferentes de expresar un mismo número. Las más conocidas son la decimal y la aritmética.

Tabla 2. Comparación de números expresados en formas decimal, aritmética y exponencial. 44

<u>Forma decimal</u>	<u>Forma aritmética</u>	<u>Forma exponencial</u>
100.000	10x10x10x10x10	10 <sup>5</sup>
100	10x10	10 <sup>2</sup>
10	10x1	10 <sup>1</sup>
1	10/10	10 <sup>0</sup>
0.1	1/10	10 <sup>-1</sup>
0.01	1/(10x10)	10 <sup>-2</sup>

Fuente: Cabrera, 2019

### 3.8 EVALUACIÓN DE LA ABSORCIÓN DEL SONIDO

Definimos absorción como: "El comportamiento de un material acústico que, en presencia de energía sonora, parte de la misma y se transforma en otro tipo de energía, usualmente en calor". Podemos decir que el campo reverberante dentro de un recinto depende de la relación entre la energía incidente y la energía absorbida en cada una de las reflexiones. (Cabrera, 2019, p. 69)

Esta relación es un coeficiente llamado coeficiente de absorción, que se expresa como:

$$E_{\text{abs}} / E_{\text{inc}}$$

Donde:

$E_{\text{abs}}$  = Energía absorbida por el material.

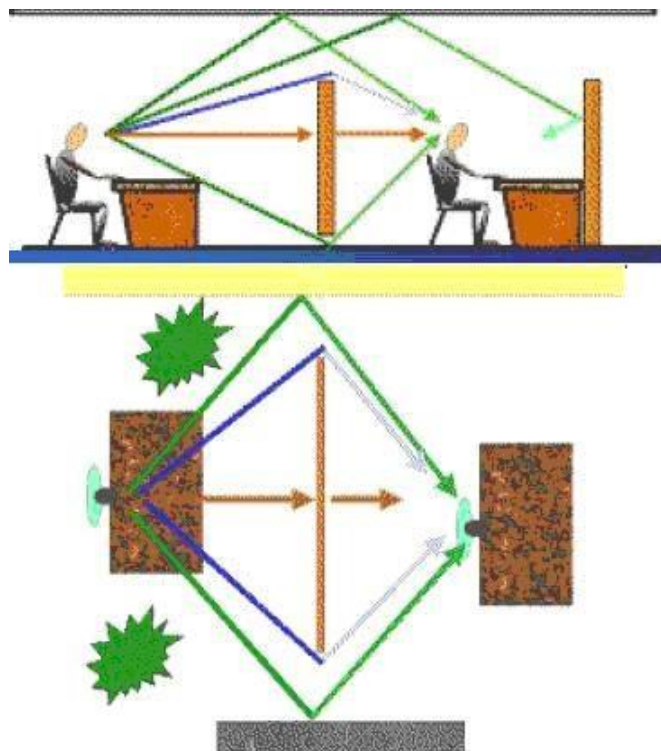
$E_{\text{inc}}$  = Energía incidente sobre el material.

El coeficiente expresa la energía absorbida por unidad de área del material, variando su valor con la frecuencia. Se especifica en unidades de absorción por metro cuadrado o por pie cuadrado (según el sistema adoptado), a las frecuencias de 125, 250, 500, 1000, 2000 y 4000 Hz. Esta evaluación deberá hacerse sobre cada material que compone el recinto. (Cabrera, 2019, p. 69)

La difracción es un fenómeno que afecta a la propagación del sonido. Hablamos de difracción cuando el sonido en lugar de seguir en la dirección normal, se dispersa en una continua dirección. (Cabrera, 2019, p. 70). La difracción se puede producir por dos motivos diferentes:

1. Porque una onda sonora encuentra a su paso un pequeño obstáculo y lo rodea. Esto es posible porque las longitudes de onda en el espectro audible están entre 1,7cm y 17m, por lo que son lo suficientemente grandes para superar la mayor parte de los obstáculos que encuentran.
2. Porque una onda sonora topa con un pequeño agujero y lo atraviesa. (Cabrera, 2019, p. 70)

Figura 25. Ejemplo de difracción sonora (flechas Blancas).



Fuente: Cabrera, 2019

### **3.10 TRANSMISIÓN SONORA**

46

Al sonar las bocinas del radio, cuando esta encendido, se percibe como vibran con el sonido de la voz o la música, lo mismo ocurre si se coloca una mano en la garganta cuando hablamos; esto es debido a que el sonido es producido por la vibración de un cuerpo elástico, transmitiéndose mediante el movimiento ondulatorio longitudinal.

El ser humano requiere del aire para comunicarse mediante los diversos sonidos, los peces del agua y algunos animales como los topos y castores de la tierra que es salida. En el vacío el sonido no se propaga puesto que no tiene medio por el cual transmitirse. (Cabrera, 2019, p. 72)

### **3.11 PROPAGACIÓN DEL SONIDO Y PARÁMETROS ACÚSTICOS**

La propagación del sonido es la raíz de donde se empieza estudiar la acústica ambiental, y la acústica de recintos (acústica arquitectónica). Es desde allí donde parte su estudio y de donde se empiezan a desglosar los distintos parámetros que en la actualidad se estudian, se miden y se diseñan. (Cabrera, 2019, p. 87)

#### **1. El sonido al aire libre.**

La propagación del sonido al aire libre es mucho más sencilla de comprender y de definir que la del sonido en un recinto, puesto que al aire libre el sonido se propaga sin llegar a chocar con ninguna superficie y sin que ningún fenómeno acústico se esté involucrando en dicha propagación, cuando emitimos un sonido al aire libre este se encarga de transportarse en un caso ideal hasta que sea absorbido por el aire o este mismo se extinga.

El aire como partículas que conforman un medio gaseoso también absorben energía sonora, pero esto es una consideración a tener en cuenta para frecuencias altas, es decir el aire absorberá energía considerable en frecuencias altas a medida que las ondas sonoras se propagan. (Cabrera, 2019, p. 89)

La propagación del sonido en el aire se puede comparar a la de las ondas en el agua. Las ondas<sup>47</sup> se extienden uniformemente en todas las direcciones, disminuyendo en amplitud al alejarse de la fuente. En el aire, al doblarse la distancia, la amplitud se reduce a la mitad, lo cual equivale a una caída de 6 dB. Así pues, si se pasa de uno a dos metros de la fuente el nivel de la presión sonora disminuye 6 dB, a 4 m caerá 12 dB, a 8 m 18 dB, y así sucesivamente. (Cabrera, 2019, p. 89)

## **2. El sonido en recintos.**

Desde que una fuente sonora emite un sonido hasta que dicho sonido se convierte en sensación sonora para un oyente, se produce un conjunto de fenómenos divididos en dos fases: la transmisión del sonido desde la fuente hasta el oído y la audición de las ondas sonoras. La Acústica Arquitectónica es una parte de la Física que estudia lo que acontece con las ondas sonoras desde que salen del foco que las produce hasta que llegan a la audiencia: fenómenos de reflexión y refracción, absorción y difracción. Puede resumirse su importancia en la siguiente frase: las salas afectan siempre a cualquier sonido que se propague en su interior. (Cabrera, 2019, p. 93)

En locales cerrados, toda la energía de las ondas sonoras se refleja sucesivamente en las paredes, suelo y techo del local. Cada oyente percibe además del sonido directo de la fuente, aquel sonido que ha sido reflejado una o varias veces en alguna de las superficies. (Cabrera, 2019, p. 93)

La propagación del sonido en recintos cerrados se ve influenciado por la presencia de las superficies que los limita. En efecto, las ondas sonoras, al chocar contra las paredes, pierden parte de su energía, al ser absorbida por ellas, reflejando el resto de energía al interior de las salas. (Cabrera, 2019, p. 93)

En la práctica, las situaciones nunca son totalmente reverberantes, ya que siempre existe una cierta absorción acústica en los recintos. Cuando el sonido es propagado dentro de un recinto

de forma continua el campo sonoro se homogeniza (se empieza a comportar de la misma manera en todo el recinto) y se crean dos campos sonoros en el mismo instante que el sonido esta interactuando con el recinto. (Cabrera, 2019, p. 94) 48

El primero es el campo sonoro directo: Es el punto donde el sonido que llega directamente es mayor en amplitud todavía que el que llega reflejado más no quiere decir que en este campo no llegue sonido reflejado.

El segundo es el campo sonoro reflejante o reverberante: este es el campo en donde las reflexiones de las paredes u objetos que constituyen el recinto son mayores en amplitud que el sonido directo y por lo tanto enmascaran completamente el sonido directo. (Cabrera, 2019, p. 94) Para poder estudiar el sonido en los recintos hay que tener tres criterios:

-Las frecuencias bajas el estudio de propagación dentro de ellas será sobre los modos normales de resonancia, las frecuencias medias se estudiarán con difusión y absorción. Y las frecuencias altas la teoría de estudio de ellas será estadística (por la cantidad) y su estudio será de difusión y reflexión. (Cabrera, 2019, p. 96)

### **3. Materiales Fono Absorbentes**

Son materiales generalmente porosos, cuya función consiste en atenuar el sonido a un rango de frecuencias específico. Se usan para el aislamiento y el control acústico de los recintos. Este tipo de materiales son unos de los más usados, ya que se permiten instalar en pisos, paredes, cielo raso y que las unidades que se encuentran en el comercio son bastantes, de distintas especificaciones y precios. (Cabrera, 2019, p. 119)



Fuente. Cabrera, 2019

### **3.12. SIMULACIÓN Y DISEÑO ACÚSTICO**

#### **3.12.1 Simulación acústica**

Cuando se va realizar un diseño de un recinto acústico es bueno saber con exactitud sobre los materiales y diferentes técnicas que se pueden utilizar para que el sistema a instalar a función de manera eficiente, la única manera de poder predecir un poco esto, es a través de distintas técnicas de predicción empleadas en la actualidad, como es la simulación acústica, la cual consiste en lograr moldear un recinto teniendo el control de su arquitectura, diseño y tipo de materiales. (Cabrera, 2019, p. 134)

Existen dos formas de modelar acústicamente un recinto ellas son:

## **1. Simulación a escala.**

50

Esta técnica sugiere reconstruir un recinto a escala como en una maqueta teniendo en cuenta sus dimensiones, y materiales. Este modelo fue muy usado antes de la programación de los programas de simulación acústica. Actualmente no es muy usada.

## **2. Simulación a través de software.**

Consiste en modelar un recinto a través de un software dedicado a este fin, existen varios tipos de software que se dedican a modelar recintos, su principio de funcionamiento está basado en las teorías de los rayos, y actualmente es la técnica más usada en modelado ya que se logran resultados sorprendentes. El software de simulación acústica, son costosos y requieren de un conocimiento de acústica alto para poder manipularlos. (Cabrera, 2019, p. 134)

### **3.12.2 Diseño acústico.**

El Diseño Acústico Personalizado es la mejor opción para lograr una solución altamente satisfactoria por su rendimiento y estética. Tras estudiar las características del espacio en cuestión se realizan las siguientes tareas: Medición y evaluación de las condiciones acústicas del espacio a tratar (si el recinto como tal ya existe). Estudio de los aislamientos acústicos requeridos. Simulación y auralización en programas de diseño acústico asistido, para evaluar las soluciones propuestas. (Cabrera, 2019, p. 135)

Además, existen 4 reglas para obtener una buena acústica, para modificar la forma, orientación y material de las superficies en las que se puedan originar ecos y evitar que el sonido se concentre en puntos determinados. Para ello, se requiere que el sonido se distribuya uniformemente y que la intensidad sonora sea suficiente en toda la sala y evitando la aparición de ruidos de fondo, tanto internos como externos. (Cabrera, 2019, p. 136)

Existen varios parámetros que modifican la acústica de una sala, entre ellos:

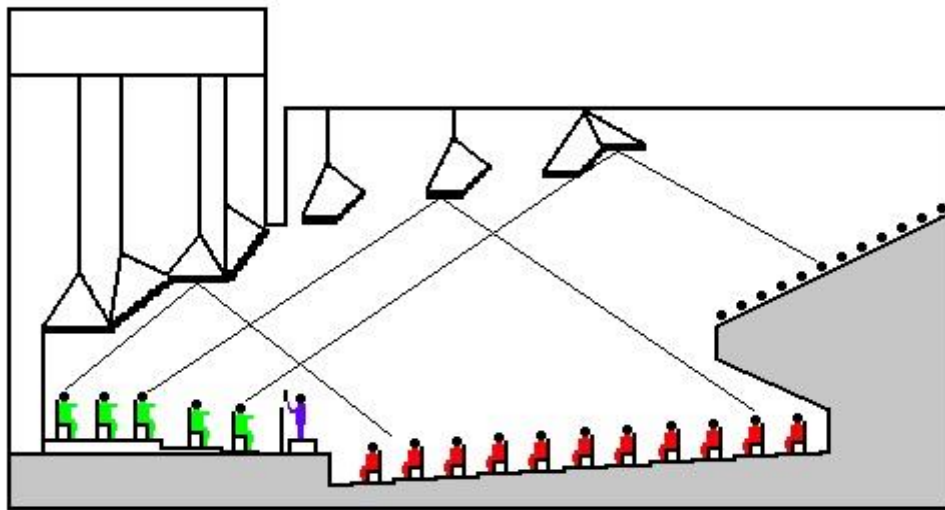
#### 1. Parámetros Objetivos.

Reflexión de las ondas sonoras en paredes y techos: Cuando hay muchas superficies planas reflectoras se producen multitud de ondas reflejadas. Para reducirlas, es habitual colocar sobre las paredes y techo materiales absorbentes, que eviten ecos y valores demasiado altos del tiempo de reverberación. (Cabrera, 2019, p. 137)

#### 2. Parámetros Subjetivos.

Intimidad: Se define como el intervalo de tiempo entre la llegada del Sonido directo y la llegada del primer sonido reflejado en la sala. Se dice que ese tiempo no debe ser mayor de 20ms para que el público no se sienta aislado de la fuente. (Cabrera, 2019, p. 138)

Figura 27. Reflexión del sonido con paneles reflejantes.



Fuente: Cabrera, 2019

#### 3. Configuraciones de altavoces en serie y paralelo.

Protección del Altavoz. Los amplificadores generan una enorme potencia. Si sus altavoces no tienen protección incluida contra exceso de potencia, es buena idea protegerlos. Los altavoces

están expuestos a daño térmico causado por alta potencia sostenida y a daño mecánico por altos voltajes transitorios. Pueden usarse fusibles especiales para proteger los altavoces en ambos casos.

Se requieren dos diferentes tipos de fusibles para protección térmica y protección de voltaje. (Crown International, 2001, p. 15).

En contraste, los fusibles con elementos de alta velocidad como la serie Littlefuse 361000, se usan para proteger altavoces de los altos transitorios. Básicamente, existen dos propuestas que pueden ser tomadas en cuenta cuando se instalen fusibles de protección para altavoces. Una propuesta común, es colocar un solo fusible en serie con la salida de cada canal. Esto hace la instalación más práctica porque solo hay un fusible protegiendo la carga en cada salida. (Crown International, 2001, p. 16).

Una mejor propuesta es proteger cada altavoz independientemente. Esto le permite aplicar una protección más adecuada para el tipo de altavoces instalados. En general, los altavoces de baja frecuencia (woofers) son más susceptibles a daño térmico mientras que los de alta frecuencia (tweeters) son generalmente dañados por los altos transitorios. Esto significa que su caja acústica tenderá a tener mejor protección cuando los woofers están protegidos por un fusible de fusión lenta y los tweeters por uno con elemento de alta velocidad. (Crown International, 2001, p. 16).

**4.Oscilaciones de Alta Frecuencia.** Algunas veces ocurren oscilaciones de alta frecuencia los cuales pueden causar que su amplificador active prematuramente su circuito de protección y resulte en una operación ineficiente. Para prevenir las oscilaciones de alta frecuencia siga los siguientes pasos:

1. Enlace juntos los conductores del altavoz en cada canal, no enlace juntos los conductores de 53 diferentes canales. Esto disminuye la posibilidad de que los cables actúen como antenas y transmitan o reciban altas frecuencias que puedan causar oscilación.

2. Evite usar cable blindado para los altavoces.

3. En largas distancias, evite instalar cables de diferentes amplificadores en la misma bandeja o funda para cables.

4. Nunca conecte juntas las líneas de tierra de salida y entrada en un amplificador.

5. Nunca amarre juntas las líneas de salida de varios amplificadores.

6. Mantenga los cables de los altavoces bien separados de los cables de entrada del amplificador.

7. Instale un filtro paso-bajo (low-pass) en cada línea de entrada.

8. Instale los conectores de salida de acuerdo a las instrucciones en el *Manual de Operación* de su amplificador. (Crown International, 2001, p. 16).

## **5. Corrientes subsónicas**

Otro problema a evitar es la presencia de grandes corrientes subsónicas principalmente cuando se usan cargas inductivas. A bajas frecuencias, la carga inductiva puede parecer como un corto circuito. Esto puede causar que el amplificador produzca grandes corrientes de baja frecuencia y activar su circuito de protección. Se recomienda un filtro de 3 polos, de 18 dB por octava con -3 dB de frecuencia a 50 Hz (dependiendo de la aplicación, tal vez algo más que -3 dB de frecuencia es aconsejable). (Crown International, 2001, p. 17).

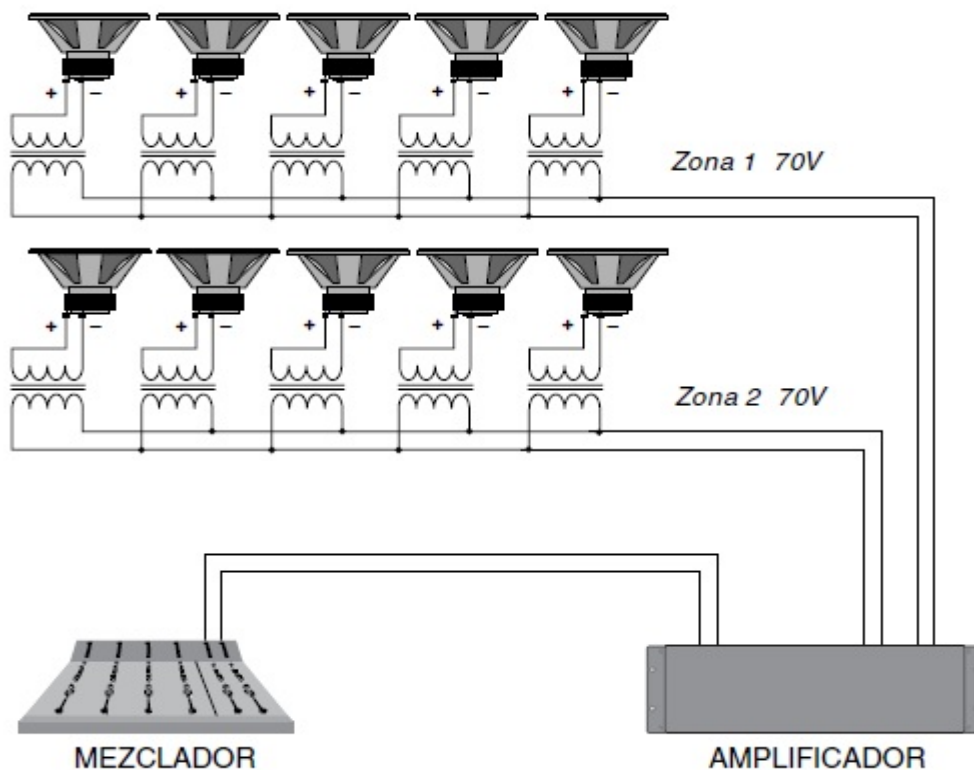
Otra forma de prevenir que el amplificador active prematuramente su sistema de protección y proteger las cargas inductivas de las altas corrientes de baja frecuencia es conectando un condensador no polarizado de 590 a 708  $\mu\text{F}$  y una resistencia de 4 ohms, 20 watts

en serie con la salida del amplificador y la punta positiva (+) del transformador. (Crown International, 2001, p. 17).

### 6. Sistema de altavoces distribuidos

Los sistemas con múltiples altavoces para música de fondo y llamados por megafonía son comunes en edificios como escuelas, restaurantes, naves industriales, oficinas y tiendas. En estos sistemas varios altavoces son distribuidos por todo el edificio, a menudo a través de largas distancias, haciéndolas difíciles y muy extensas para implementarlas directamente con los tradicionales amplificadores de baja impedancia. (Crown International, 2001, p. 17).

Figura 28. Altavoces distribuidos.



Fuente: Crown International, 2001.

De hecho, los amplificadores de “voltaje constante” no suministran un voltaje de salida constante. La señal de audio es representada con una variación de voltaje al igual que con un amplificador de baja impedancia. El término “voltaje constante” se creó por dos razones.

Primero, los amplificadores de voltaje constante producen su máxima potencia cuando el voltaje de salida alcanza un valor específico. Por ejemplo, un amplificador ajustado a 200 watts, cuando llegue a 70V de salida, producirá 200 watts sólo cuando el voltaje de salida alcance los 70V. Segundo, el voltaje de salida de un amplificador moviendo un altavoz a voltaje constante (en sistema distribuido) permanece constante a través de una amplia variedad de impedancias. (Crown International, 2001, p. 18).

## **8. Saturación del transformador**

Es importante saber que los transformadores operando a bajas frecuencias pueden llegar a saturarse fácilmente. La saturación del transformador ocurre cuando el campo magnético creado por el contenido de la señal llega a ser difícil de manejar por el núcleo del transformador. Esta condición puede ser peligrosa para el amplificador, al mismo tiempo que puede causar distorsión. Una manera efectiva de prevenir la saturación del transformador es filtrando las frecuencias demasiado bajas de la señal de audio. Su amplificador puede estar provisto de filtros de paso-alto para este propósito. (Crown International, 2001, p. 18).

## **9. Sistemas multivía**

Los sistemas multivía pueden ser efectivamente diseñados usando módulos opcionales de expansión que ofrecen divisores de frecuencia activos. La mayoría de los sistemas acústicos profesionales emplean dos o más componentes para hacer ese trabajo. (Crown International, 2001, p. 18).

Los divisores de frecuencias (crossovers) son circuitos electrónicos que dividen la señal de entrada en dos o más bandas de frecuencia. Entonces, las bandas separadas son enviadas hacia los altavoces diseñados para reproducir solamente dicho rango de frecuencias. (Crown International, 2001, p. 18). 56

### **10. Circuito divisor de frecuencias activo vs. Pasivo**

Existen dos tipos de circuito divisor de frecuencia: Pasivo y Activo. Los divisores de frecuencia pasivos se encuentran en la cadena de señal entre el amplificador y los altavoces. Los divisores instalados dentro de las cajas acústicas son generalmente pasivos. La ventaja principal de los divisores de frecuencia pasivos es que estos usan solo algunos canales amplificados. La principal desventaja es que éstos trabajan con señales amplificadas o de alto voltaje por estar localizadas después del amplificador en la cadena de señal, causando que se desperdicie demasiada potencia antes de llegar a los altavoces. (Crown International, 2001, p. 18)

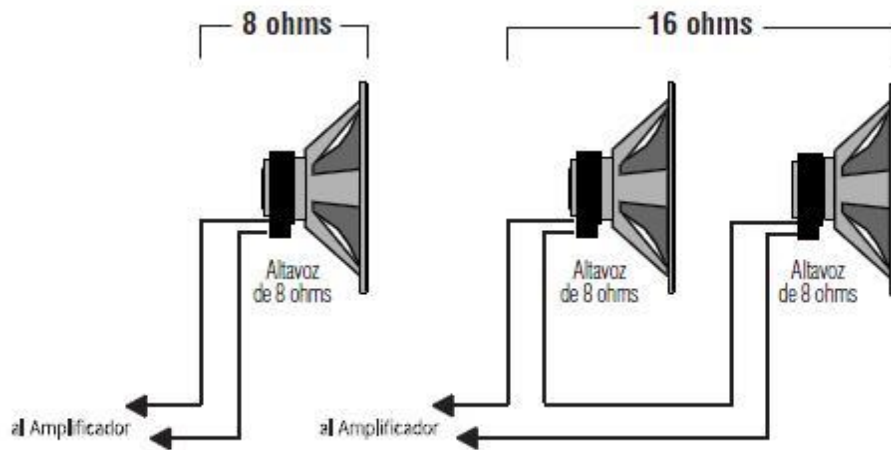
### **11. Impedancia de la carga en el amplificador**

Un factor importante a tener en cuenta es la impedancia resultante que se le presenta al amplificador cuando los altavoces se conectan a las salidas de éste. La impedancia de la carga determina, en parte, cuanta potencia producirá el amplificador. Así mismo, una impedancia demasiado baja puede causar que el amplificador se sobrecaliente. (Crown International, 2001, p. 13)

Según lo expuesto por Crown International, (2001), la impedancia es algo así como la resistencia, excepto que la impedancia cambia con la frecuencia; ambas se miden en ohms. Para entender el efecto de la impedancia en un circuito eléctrico, considere la siguiente analogía: Un conductor es como un tubo de agua. La corriente eléctrica es como el agua que fluye por el tubo.

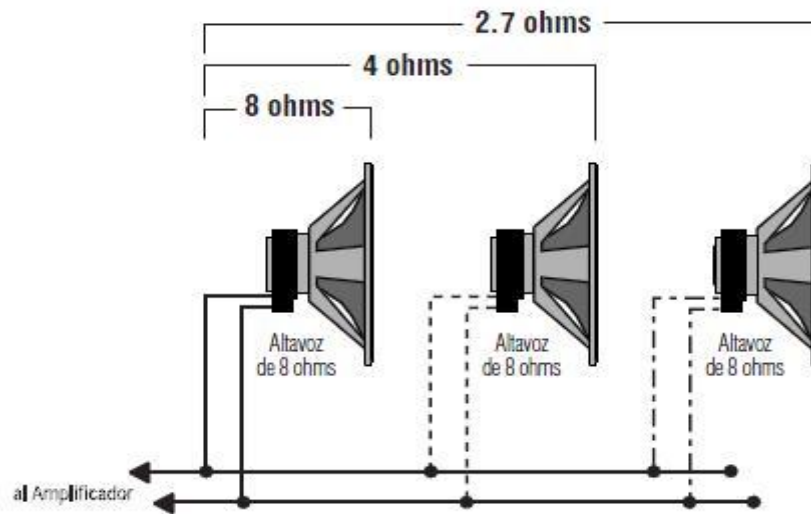
La impedancia juega el papel de la válvula del agua, ésta resiste o impide (de ahí los términos) 57 el paso del agua por el tubo.

Figura 29. Altavoces Conectados en Serie.



Fuente: Crown International -2001

Sí la válvula está abierta (menos impedancia), y el agua corre libremente. Mientras la válvula se gira para ser cerrada (más impedancia), el flujo de agua disminuye. Cuando el amplificador conduce bajas impedancias, produce más corriente, por consiguiente, más potencia. Cada altavoz tiene un rango de impedancia, usualmente 4 o 8 ohms. Conectar un altavoz de 8 ohms al canal de un amplificador representa una impedancia de 8 ohms para ese canal. (Crown International, 2001)



Fuente: Crown International -2001

Si dos o más altavoces están conectados al mismo canal, el valor de la impedancia resultante que se presentará al canal será mayor o menor que el valor de cualquiera de los altavoces, dependiendo si han sido conectadas en serie o en paralelo.

Cuando los altavoces se conectan en serie, la impedancia resultante que se le presenta al amplificador es la suma de cada una de las impedancias de los altavoces. Cuando se conectan en paralelo, la impedancia resultante llega a ser menor que la impedancia de cualquiera de los altavoces conectados, como se puede calcular con la siguiente ecuación:

Ecuación 1. Resistencia equivalente en conexión en paralelo

$$\frac{1}{R^T} = \frac{1}{R^1} + \frac{1}{R^2} + \dots + \frac{1}{R^n}$$

Use la Tabla 3 y la Figura 31 para encontrar la impedancia neta en las combinaciones más comunes de altavoces.

<b>Impedancias en Paralelo</b>		
	<b>Altavoces de 4 Ohms</b>	<b>Altavoces de 8 Ohms</b>
<b>1 Altavoz</b>	4 Ohms	8 Ohms
<b>2 Altavoces</b>	2 Ohms	4 Ohms
<b>3 Altavoces</b>	1.3 Ohms	2.7 Ohms
<b>4 Altavoces</b>	1 Ohms	2 Ohms

Fuente: Crown International -2001

Para obtener mejores resultados, evite conectar en la misma línea, Altavoces de diferentes impedancias (por ejemplo, una de 4 ohms con una de 8 ohms). Si dos altavoces de 8 ohms se conectan en serie, éstos forman una carga de 16 ohms para el amplificador, porque las impedancias se suman cuando se conectan en serie. Esta carga de 4 ohms causará que el amplificador produzca mucha más potencia que con la carga de 16 ohms, al igual que más exceso de calor. (Crown International, 2001, p. 14)

Las medidas para el Cable de altavoz, se muestran en la Figura 32. Para este proceso se debe usar cable (AWG), y también tener presente las siguientes indicaciones:

1. Anote la impedancia resultante de la carga, de acuerdo a los altavoces conectados al canal del amplificador. Marque este valor en la línea (A) “Impedancia de la Carga”. (Crown International, 2001, p. 14)

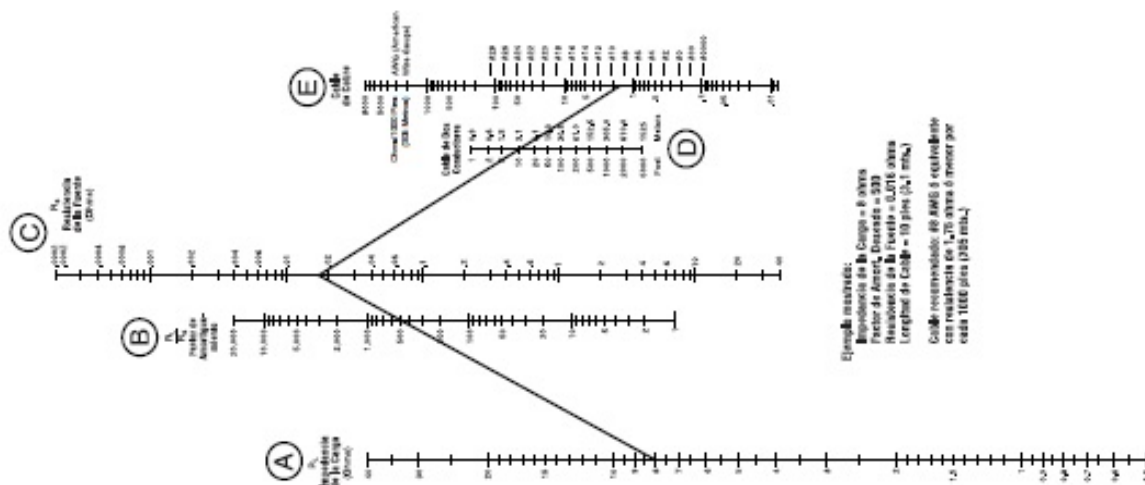
2. Seleccione un factor de amortiguamiento aceptable y márkelo sobre la línea (B) “Factor de Amortiguamiento”. Un alto factor permite mayor control de movimiento sobre los altavoces y por lo tanto menor distorsión. En aplicaciones comerciales comúnmente se usan factores entre 50 y 100. Para sonido en vivo los altos factores de amortiguamiento son más

convenientes, pero los cables demasiado largos en ocasiones limitan obtener el máximo factor 50 de amortiguamiento que se puede alcanzar de una manera más práctica. Para estudios de grabación y sonido residencial de alta fidelidad, es aconsejable un factor de amortiguamiento de 500 o mayor.

3. Dibuje una línea con un lápiz cruzando los dos puntos anteriores, continuando hasta que se intercepte con la línea (C) “Resistencia de la Fuente”.

4. En la línea (D) “Cable de 2 conductores”, marque la longitud requerida de cable. (Crown International, 2001, p. 14)

Figura 30. Calibres recomendados para cable AWG.



Fuente: Crown International -2001

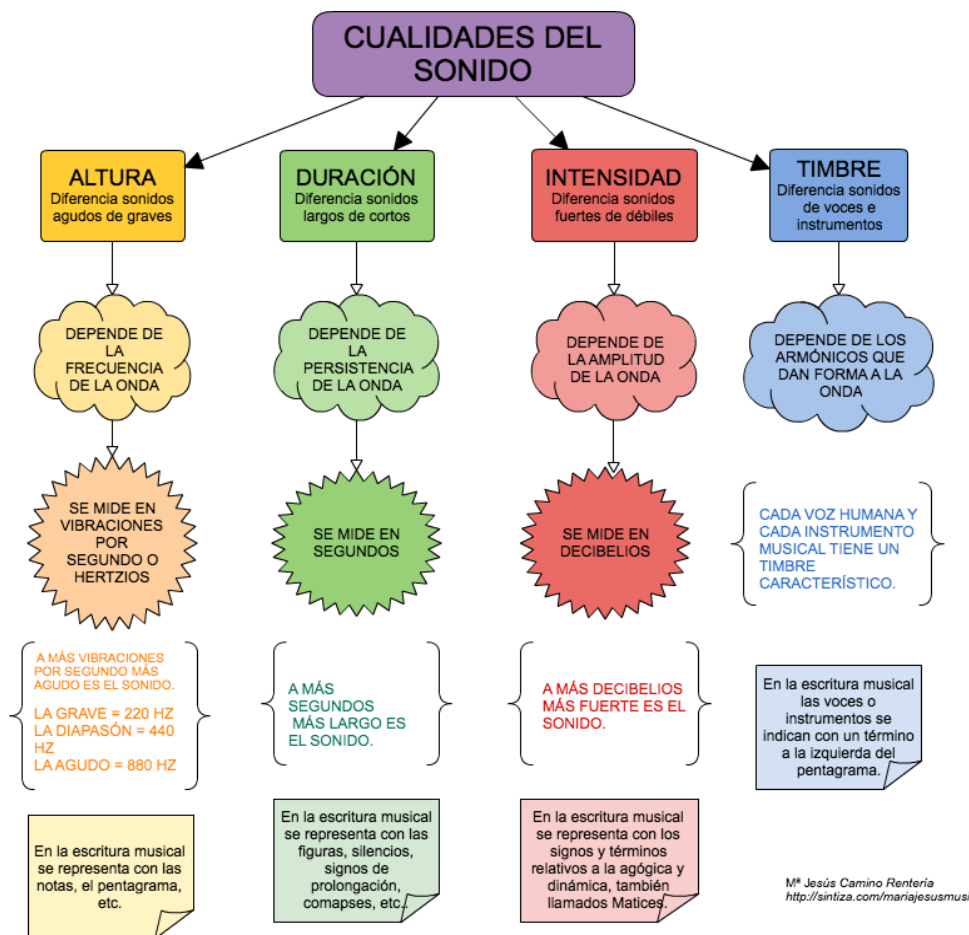
5. Dibuje una línea iniciando de la marca en “Resistencia de la Fuente” cruzando la marca en la línea “Cable de 2 conductores” hasta interceptar la línea (E) “Cable de Cobre”.

6. El calibre de cable requerido para la longitud y el factor de amortiguamiento elegidos, es el valor en la línea “Cable de Cobre”. Nota: El tamaño de cable incrementa mientras el AWG disminuye.

7. Si el tamaño de cable excede lo que usted prefiere usar, (1) Encuentre la manera de usar cables más cortos, (2) Fije un factor de amortiguamiento más bajo, o (3).

Use más de un cable para cada línea. Las opciones 1 y 2 requieren de sustituir por nuevos valores para la longitud de cable o el factor de amortiguamiento en la nomenclatura. Para la opción 3, calcule una medida efectiva de cable y aumente 3AWG (que disminuye 3 en grosor) a esa medida seleccionada cada vez que duplique el número de Conductores de igual medida. De tal manera que, si un cable #10 es muy grueso, dos cables #13 pueden sustituirlo, o cuatro #16 pueden usarse para el mismo efecto. (Crown International, 2001, p. 15)

Figura 31. Cualidades del sonido.



Fuente: María de Jesús Rentería -2019

### **3.14 PERCEPCIÓN DEL SONIDO**

62

El sonido es la vibración de un medio elástico, bien sea sólido, líquido o gaseoso. La percepción de los sonidos depende: audio, niveles sonoros y respuesta humana, ruido estable, audio analógico, audio digital, micrófonos, altavoces, receptor de microfónica inalámbrica, aparición del midi, avances digitales, que es el rango dinámico, que son las bandas críticas sonido envolvente para cine, valores normales de impedancia en los altavoces, problemas de audio y los acoples amplificación. (Portal Educativo, 2015)

### **3.15 SONIDO AMBIENTAL**

Es una solución que le permite a un edificio o una vivienda un medio para distribuir audio a través de diversos módulos ubicados en diferentes zonas de la construcción. Lo más relevante de todo es que no solo es ideal para emitir música; mensajes institucionales o señales de alerta también caben en la programación habitual, pues son tecnologías capaces de integrarse, por ejemplo, con los sistemas de detección de incendios y sistemas de alarmas, entre otros. (Tenelec Antioquia, 2017, párr.3).

#### **3.15.1 Ventajas del sonido ambiental**

El sonido ambiental trae consigo grandes beneficios, entre ellos ayuda a evitar el estrés de las personas al escuchar música relajante, y en palabras de Sabater (2018), mejoran nuestra concentración, reduce la sensación de dolor, mejora la función cerebral, se produce más serotonina y endorfinas. Igualmente, brinda comodidad y libertad, aumento de competitividad y servicio, recrear el entorno con cultura y entretenimiento, modernización de la imagen de sus instalaciones, conectar todo el recinto o lugares específicos de su interés, transmitir información de todo tipo para el personal de la universidad, escuchar emisoras de radio, música de dispositivos móviles, computador cds, cambiar los lugares de manera natural, integra su uso

estéticamente en la decoración de los ambientes de forma discreta e inteligente, se disminuye el riesgo de pérdida de potencia en la instalación, entre otras. 63

### **3.16 CRITERIOS GENERALES PARA LA SELECCIÓN Y COLOCACIÓN DE ALTAVOCES**

Una vez realizado el estudio para la implementación del sistema de sonido ambiental, se tuvieron en cuenta criterios generales para la selección y colocación de altavoces del circuito acústico para el edificio de la Universidad Santo Tomas sede campus, para lo cual se estableció la compra de dispositivos que fueran compatibles. Fue así como se efectuó la compra de un amplificador que tuviese la misma impedancia de salida que los altavoces o parlantes, es decir que todos tuvieran las mismas características.

### **3.17 CONEXIÓN Y ADAPTACIÓN DE ALTAVOCES**

La conexión de uno o más transductores de salida en una instalación electroacústica, en un espacio determinado, está sujeta a dos aspectos fundamentales: el primero es el valor de impedancia tanto de los altavoces como del amplificador de audio y el segundo, es el patrón de instalación que se sigue en serie, en paralelo o con tensión constante.

Como regla general para toda instalación electroacústica de sonido conformada por varios sistemas de audio y en especial por altavoces, se debe tener el valor total de impedancia equivalente, el cual debe estar ajustado en relación al valor mínimo de carga del amplificador.

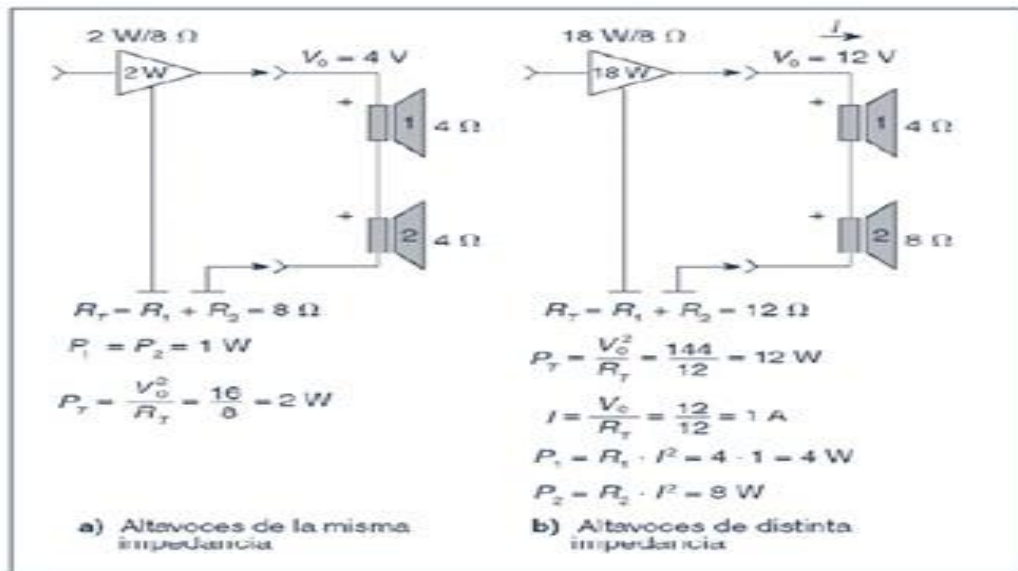
Igualmente, para la instalación del sistema de sonido ambiental fue necesario aplicar conocimientos relacionados con conexión en serie, en paralelo, circuitos mixtos y la topología de la red.

**Conexión en serie.** En un circuito serie de altavoces se presenta cuando: conectamos un alta vos a continuación de otro: es decir su terminal de salida conectado al terminal de entrada, ahí la potencia del amplificador se repartiría de forma igual por todos los altavoces de igual

impedancia. Por ejemplo, si tenemos un amplificador de 2 vatios (w) de potencia y de 8 Ohmios de impedancia y está suministrando potencia un grupo de 2 altavoces de 4 ohmio de impedancia se reparte por igual la potencia y será de 1w la corriente es la misma para los altavoces el voltaje varía en cada uno. Ahora si realizamos un circuito en serie con una gran cantidad de altavoces y uno de los altavoces deja de funcionar o se daña todos los demás se apagarían y tendríamos que empezar a revisar uno por uno para encontrar el daño y repararlo.

En la siguiente figura se muestra un ejemplo de conexión en serie.

Figura 32. Conexión en serie.



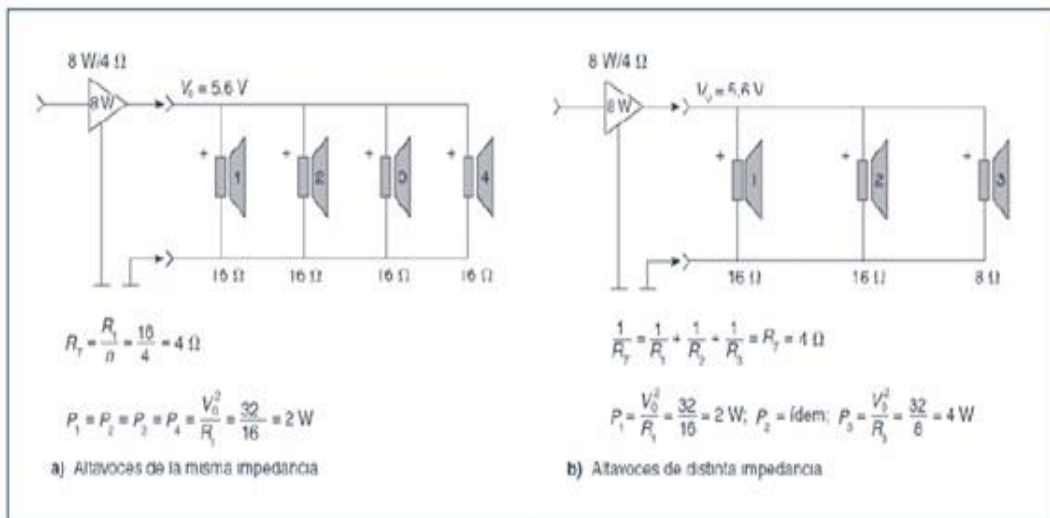
Fuente: Ibáñez, 2013

**Conexión en paralelo:** En un circuito paralelo de alta voces se presenta cuando conectamos varios altavoces uno a continuación de otro es decir su terminal de entrada se encuentra conectada con la terminal de entrada del otro altavoz y su terminal de salida se encuentra conectada en la terminal de salida del otro alta vos. En un circuito en paralelo el voltaje que va a circular por diferentes alta voces va hacer el mismo para todos, mientras su corriente es

distinta en cada alta vos y la potencia al igual que en el circuito en serie se distribuye de forma 65 igual para todos los alta voces siempre y cuando tengan la misma impedancia.

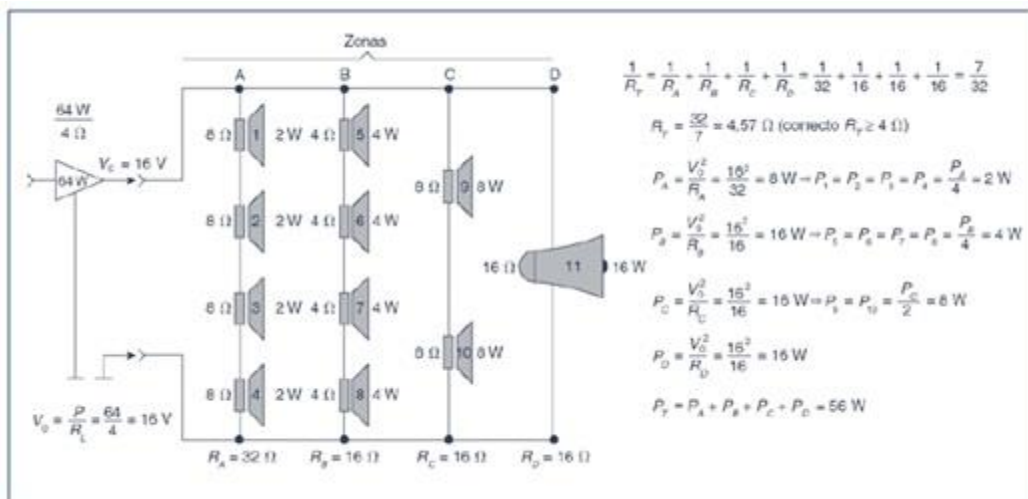
Así fue como se conectó varios altavoces en paralelo, donde si uno de ellos sufre algún daño y deja de funcionar los demás continúan funcionando normalmente; de esta manera facilita la localización del daño para ser reparado.

Figura 33. Conexión en paralelo.



Fuente: Ibáñez, 2013

Figura 34. Conexión de altavoz en serie paralelo.



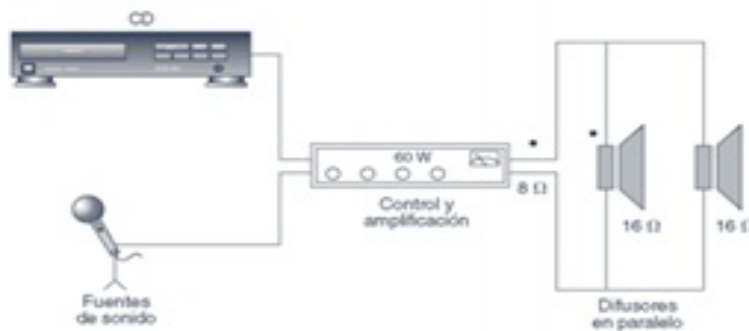
Fuente: Ibáñez, 2013

series y paralelos. Este se utiliza como se mencionó anteriormente cuando hay altavoces de distintas impedancias y donde se requieran mayores niveles de potencia. Entre más baja sea la impedancia mayor va hacer la potencia que va generar un alta vos.

### Topología de la red

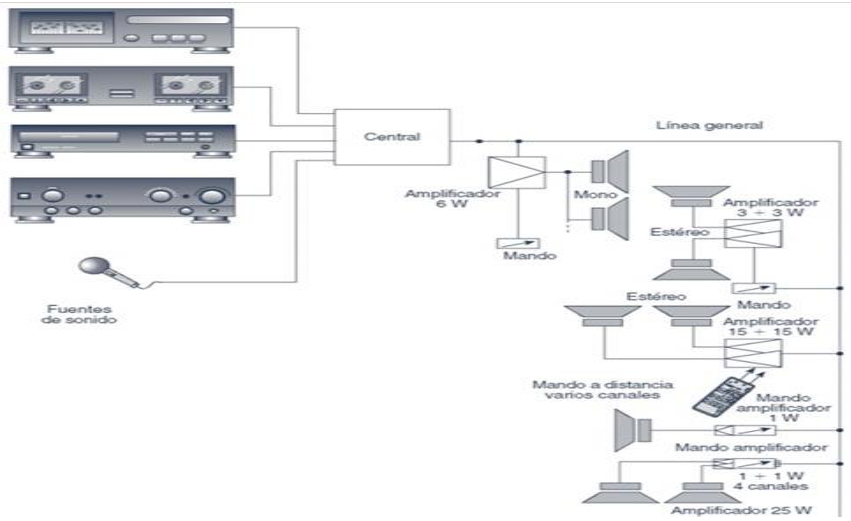
La topología es la disposición de una red, incluyendo sus nodos y líneas de conexión. Hay dos formas de definir la geometría de la red: la topología física y la topología lógica (o de señal). La topología física de una red es la disposición geométrica real de las estaciones de trabajo. Existen varias topologías físicas comunes, como se describe a continuación y como se muestra en la ilustración. (Rouse, 2019, párr. 1 y2)

Figura 35. Topología de la red.



Fuente: Ibáñez, 2013

Figura 36. Distribución por zonas.



Fuente: Ibáñez, 2013

### 4.1 Tipo de investigación

Para la realización del presente trabajo se utilizó la investigación acción la cual es “Una herramienta metodológica heurística para la comprensión y transformación de realidades y prácticas socio-educativas, que mejora su comprensión y al mismo tiempo lograr su transformación” (Colmenares y Piñero, 2008)

La Investigación Acción es una metodológica cualitativa en educación, y de acuerdo con Restrepo (2005) citado por Colmenares y Piñero (2008), esta investigación es “usada por personas, grupos o comunidades que llevan a cabo una actividad colectiva en bien de todos, en la que interactúan teoría y práctica con miras a establecer cambios apropiados en la situación estudiada y en la que no hay distinción entre lo que se investigada, quién investiga y el proceso de investigación”.

Se utilizó este tipo de investigación porque en ella participó toda la comunidad educativa de la Universidad San Tomas, sede campus, en busca solución de un espacio de cultura y entretenimiento para escuchar emisoras de radio, música, noticias y temas de interés que eviten o minimicen el estrés del personal de la universidad.

### 4.2 FASES PARA LA REALIZACIÓN DEL PROYECTO

Para alcanzar los objetivos propuestos se llevaron a cabo las siguientes fases o etapas de manera secuencial.

**1. Fase de medición:** en esta fase se realizó el estudio de medición y observación donde se instalaría los equipos del sonido ambiental y que cantidad de cable se necesitaría y el medio por el cual se iba a extender.

**2. Fase de exploración:** En esta fase se realizó una buena búsqueda e identificación descriptiva de información y de los equipos que cumplan con las características técnicas y específicas, según la primera fase.

**3. Fase de búsqueda de empresa:** con base a la etapa de exploración se buscó tres empresas 69

reconocidas acerca del tema y que pudieran suministrar los equipos de buena marca y cable de excelente calidad, nos encontramos con cuatro empresas: YAMAKI, HEGATRONIC GAMBOA, AUDIO CENTRO, y COLOMBIA TEC que son importadores directos de empresas mundiales.

**4. Fase de cotización de equipos:** según la fase anterior cotizamos con las empresas la misma cantidad de equipos y cable en cuanto a mejor precio marca y garantía se escogió la empresa YAMAKI para que suministrara los equipos de igual forma se escogió a HEGATRONIC GAMBOA para suministrar el cable.

**5. Fase de presentación de la oferta económica y compra:** en esta fase se presentó la oferta económica ante el comité para su aprobación y posteriormente compra de los equipos y cable.

**6. Fase de instalación:** en esta fase a la llegada de los equipos a la universidad se procedió a extender cable y a la implementación de los equipos.

**7. Fase de pruebas y calibración:** en esta fase se realizará las respectivas pruebas de funcionamiento y calibración de los equipos y su respectiva entrega.

#### 4.3 MATERIALES Y METODO

Los materiales que eran indispensables para el desarrollo del proyecto se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 4. Materiales necesarios para el desarrollo de proyecto.

<ul style="list-style-type: none"><li>• Cable para audio</li><li>• Canaleta metálica</li><li>• Amplificador de sonido.</li><li>• Mezclador</li><li>• Micrófono</li><li>• Conectores</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• -Serrucho o segueta para cortar draibol.</li><li>• Pinzas de cortar cable</li><li>• Un pelacables</li><li>• Un bisturí</li><li>• Destornilladores</li><li>• Pomada para soldar</li><li>• Soldadura de estaño.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Un computador</li><li>• Planta telefónica y software con vaya one x comunicator para el pc.</li><li>• Un cuarto donde colocar el sistema de control de Sonido</li></ul>
---	---	---

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cable para micrófono.</li> <li>• -Altavoces o bafles de techo</li> <li>• -Bafle de pared</li> <li>• Un computador</li> <li>• Planta telefónica y software vaya one x comunicator para el pc.</li> <li>• Un cuarto donde colocar el sistema de control de Sonido elector de zonas.</li> <li>• Serrucho o segueta para cortar draibol</li> <li>• -Pinzas de cortar cable</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Un computador</li> <li>• Planta telefónica y software a vaya one x comunicator para el pc</li> <li>• Un cuarto donde colocar el sistema de control de Sonido.</li> <li>• Cinta aislante</li> <li>• Metro y decámetro</li> <li>• Cautín</li> <li>• Lápiz</li> <li>• Taladro inalámbrico</li> <li>• Un pelacables</li> <li>• Un bisturí</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Serrucho o segueta para cortar draibol</li> <li>• Pinzas de cortar cable</li> <li>• Un pelacables</li> <li>• Un bisturí</li> <li>• Destornilladores</li> <li>• Pomada para soldar</li> <li>• Soldadura de estaño</li> <li>• Brocas</li> <li>• Tornillos</li> <li>• Toma corrientes</li> <li>• Chasos</li> <li>• Cable de energía</li> </ul>
--	---	--

Fuente: Gustavo Corredor -2019

#### 4.4. SIGNIFICANCIA

El proyecto planteo una solución a la falta espacio de cultura y entretenimiento donde la comunidad educativa pueda escuchar emisoras de radio, música, noticias y temas de interés y de esta forma evitar el estrés del personal de la universidad. Esto llevara a una actualización y modernización de la imagen de la Universidad Santo Tomás seccional Tunja es su sede Campus.

#### 4.5 IMPACTO


Con el desarrollo del proyecto adecuamos un cuarto especial y exclusivo para para el control de sonido ambiental de la Universidad Santo Tomás seccional Tunja sede Campus con equipos de la última generación de tecnología en cuanto marcas y características técnicas para mejorar la comunicación de la información y tener una adecuada administración de este sistema.







## 4.6 PRESUPUESTO

71

Los equipos requeridos para el proyecto y que serán comprados por la Universidad Santo Tomás seccional Tunja tiene un costo aproximado de \$ 21.000.000.

Tabla 5. Costo de materiales para realización de proyecto.

<b>Referencia</b>	<b>Maraca</b>	<b>Description</b>	<b>Cantidad.</b>
AD-C42T	QSC	Parlante para techo de 2 vías; Parl de 4" resistente a la intemperie, Tweter titanio de 0,75"; 40W RMS a 8 O o 30W con transformador de línea; Incluye transformador de línea con Tap de 8 . Caja acústica en acero. Color Blanco, incluye rejilla color blanco. Precio por unidad.	53
Isa 1350	QSC	Amplificador de 2 canales, 800 watts/canal a 8, 1300 watts/canal a 4?, 2000 watts/canal a 2?, 1500 watts/canal a 70V (salida directa)	1
<b>Jdcbl-14</b>		<b>Cable dúplex 2*12 duplex</b>	<b>600m</b>
Bmg1	proel 	Micrófono para recepción con base y cuello flexible compacto; condensador (requiere pahntonpower). Por lo tanto tiene excelente sensibilidad	2

Mg082cx	Yamaha 	Mesclador de 4 canales mic +1 st. Ecuador paramétrico 3 bandas, procesador de 3 efectos, compresor	1
Xlr3fv	Proel 	Xlr aéreo hembra de 3 polos niquelado.	1
Xlr3mv	Proel 	Xlr aéreo macho de 3 polos niquelado.	1
Bulk250lu1	proel 	Extensión de xlr macho a xlr hembra.	2
S2c	proel 	Plug mono ¼" profesional cuerpo en aluminio moldeado a precio niquelado y guía pasable en pvc negro.	4
Sz-122	yamaki 	Selector de 12 zonas con posibilidad de trabajar 6 zonas por 2 (dos señales diferentes), salida para conectar en cascada; terminales demostrables para de fácil conexión	1
Cable de audio		Para el pc al mesclador	1

Fuente: Gustavo Corredor -2019

La mano de obra para la instalación de los equipos y para que el sistema funcionara perfectamente estuvo a cargo del estudiante GUSTAVO CORREDOR ALIPIO pasante de ingeniería electrónica en el departamento de tecnología de la información y las comunicaciones (TIC) de la Universidad Santo Tomás Tunja.

A continuación, se muestra elementos para la implementación de sistema de sonido ambiental para la Universidad Santo Tomás Tunja sede campus edificio Giordano Bruno.

Figura 37. Altavoz de techo Implementado



Fuente: Gustavo Corredor -2019

La figura anterior, es un altavoz de empotre al techo de 4 pulgadas full rango, es ideal para requerimiento de calidad de sonido, porque posee un difusor especial para ampliar la respuesta en frecuencias altas fuera del eje. Tiene una potencia nominal de 80w, su tamaño del altavoz es de 10cm o 4" 225 mm de profundidad color blanco, peso de 2,7 kg, su respuesta de frecuencia es de 72 HZ a 20.000HZ y su nivel de presión acústica es de 110db.

Figura 41. Amplificador de potencia.



Fuente: Gustavo Corredor -2019

Amplificador de potencia para instalaciones fijas, impulsa líneas de 70 V directamente con 1,500 watts por canal; tiene controles de ganancia en el panel posterior a prueba de

manipulación; los retenes de 2 dB permiten una configuración rápida y repetible. Los

75

conectores de entrada son desmontables tipo Euroblock y XLR. Posee también:

- Limitadores independientes de recorte desactivables para reducir la distorsión
- Los filtros de paso alto seleccionables (30 Hz o 70 Hz) protegen los altavoces y evitan la saturación del transformador del altavoz con un efecto mínimo en el material del programa.
- Los circuitos de salida bipolares complementarios de Clase H de tres niveles reducen el consumo de energía de AC y el calor residual en un 50%
- Los indicadores del panel frontal incluyen potencia, señal, recorte y protección
- Conectores de salida de barra de contactos cubiertos para cumplir con los organismos de seguridad.
- Ventilador de velocidad variable automática: funcionamiento normal silencioso, con refrigeración máxima cuando sea necesario
- El flujo de aire desde la parte posterior hacia delante ayuda a mantener los bastidores de los equipos refrigerados
- Modos de funcionamiento estéreo, puente o paralelo
- Circuito de protección integral que incluye protección de DC, tonos infrasónicos, sobrecarga térmica y cortocircuitos
- 3 años de garantía, además de extensión del contrato de servicio técnico por 3 años.



Fuente: Gustavo Corredor -2019

Mesa de mezclas de 10 canales: Max. 4 entradas de micrófono / 10 líneas (4 mono + 3 estéreo) / 1 bus estéreo / 1 AUX (incluido FX). Posee también:

- Mesa de mezclas de 10 canales
- Max. 4 entradas de micrófono / 10 líneas (4 mono + 3 estéreo)
- 1 Bus estéreo
- -1 AUX (incl. FX)
- Previos de micrófono "D-PRE" con circuito Darlington invertido
- Compresores de 1Knob
- Efectos de alta calidad: SPX con 24 programas
- Funciones de audio USB 24-bit / 192kHz 2in / 2out
- Funciona con el iPad (2 o más tarde) a través del Apple iPad Camera Connection Kit / Adaptador Lightning to USB
- Incluye versión de descarga del software Cubase AI DAW
- Cubasis LE para iPad disponible en la App Store
- Interruptor PAD en entradas mono

- Alimentación phantom de +48V
- Salidas balanceadas XLR
- Chasis metálico
- Dimensiones (AnxAlxPr): 275 mm x 110 mm x 390 mm (10.8" x4.3" x15.4")
- Peso Neto: 3.3kg (7.3 lbs.)

Es de resaltar que propósito del proyecto se logró, ya que el sistema instalado permitió que los estudiantes, docentes, administrativo y demás personal de la universidad, escucharan música relajante por todos los espacios del edificio del campus, lo cual ha generado comentarios positivos de la comunidad educativa al contar con medio de comunicación.

El sistema ha permitido vivir más informados sobre lo que sucede dentro de la institución universitaria que a veces por falta de tiempo o pereza no leemos comunicados o correos, y este medio ha brindado una nueva y novedosa manera de informarnos a tiempo a toda una comunidad sin tener que desplazarse de una sede a otra.

Para la instalación del sistema se utilizaron elementos de alta calidad como cable, equipos y herramientas, con lo que se ha consiguiendo buena fidelidad, eficiencia y eficacia en la fluidez del sonido, lo que ha generado satisfacción del personal de la universidad por tener nuevos medios de comunicación o de información a su servicio en todos los espacios y recintos de la sede de la universidad.

### 6. 1 Conclusiones

Este sistema de sonido ambiental implementado en el edificio Giordano Bruno de la Universidad Santo Tomas sede campus, creó en los estudiantes, docentes administrativos directivos y demás personal, gusto y aprecio por la música de relajación para evitar el estrés.

El sistema implementado, ha generado impacto positivo dentro de la cultura de información en la comunidad tomasina, el cual representa una nueva y novedosa imagen para la esta institución, ya que el sistema quedo implementado de tal forma que puedan seleccionar la zona a la cual desean enviar un mensaje; pero también si desean que en una zona se escuche con mayor volumen que otras, simplemente se varía la potencia en el baffle esto no afecta la eficiencia del amplificador.

Este sistema permitió a todo el personal de la universidad estar informado acerca de los eventos que se vayan a realizar en el transcurrir del año; igualmente, se puede localizar de manera rápida a cualquier persona que se encuentre dentro de la universidad y que sea requerida en cualquier dependencia. También permite la emisión de comunicados desde la sede centro, sin tener que trasladarse a cualquier otra dependencia o lugar de la universidad ya que la comunidad tomasina del campus la pueda escuchar.

El proyecto se realizó con la participación activa de toda la comunidad educativa, lo que dio paso a un estudio a fondo a la hora de escoger los equipos y cantidad de elementos a emplear en el proyecto, con lo cual se evitó pérdidas de dinero y tiempo, ya que se revisó detalladamente las características técnicas, formas de configuración y conexión del equipo, ya que para esta labor se seleccionaron marcas reconocidas lo cual permitió que el proyecto fuera viable.

Se realizó empalmes de resistencia para verificar que los elementos utilizados en la implementación del sistema no se deterioraran pues con el transcurso del tiempo estos suelen dañarse.

79

- Cuando se realizó el estudio para la instalación de los equipos, se hizo énfasis en colocar los baffles de tal manera que no hubiese ningún problema, cuando se comenzó con la instalación en los sitios seleccionados se revisaron minuciosamente que no hubiese problemas de humedad a fin de prevenir cualquier problema o daño para los equipos.

-El administrador del sistema debe darle uso adecuado y eficiente, es decir, se debe colocar música adecuada, con volumen mesurados a fin de respetar los espacios de las clases educativas sin genera molestia en los estudiantes que quieren instruirse, docentes que quieren enseñar y administrativos que desean trabajar.

-Los resultados durante el desarrollo del proyecto fueron satisfactorios, ya que se lograron los objetivos propuestos y se involucró a un gran número de personas de la universidad en el proceso de este proyecto y ellos mismos ven el cambio y la importancia de este proyecto para la universidad.

## **6.2. Recomendaciones**

-Se hace necesaria la implementación de otro sistema de sonido ambiental en la sede centro Universidad Santo Tomás con las mismas características del instalado en la sede campestre.

-Promover en los estudiantes docentes administrativos y directivos gusto y simpatía, por la música relajante dentro de la universidad haciéndoles entender que este es un medio de comunicación rápido para todos y que la universidad se está interesando por mantener una mejor calidad de convivencia evitando el estrés.

-Capacitar al operario de los equipos cada vez que haya cambio de personal esto con el fin de 80  
evitar daños, al darle una manipulación indebida.

-Hacer conocer que la universidad cuenta con este tipo de sistema de comunicación y que es  
de beneficio mutuo.

Acustipedia. (2012). Tipos de ruidos. Artículo (Consultado 30 de noviembre 2019). Disponible en: <https://www.inercoacustica.com/acustipedia/item/239-tipos-de-ruidos>

Brennan, S. (1992). Capitulo V. Acústica. Artículo (Consultado 30 de noviembre 2019). Disponible en:  
[http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lar/gomez\\_c\\_lc/capitulo5.pdf](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lar/gomez_c_lc/capitulo5.pdf)

Cabrera, O, J, G. (2010). Acústica y fundamentos del sonido. Universidad nacional. Abierta y a Distancia. Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería. Bogotá, diciembre. Documento (Consultado 30 de noviembre 2019). Disponible en:  
[https://www.arauacustica.com/files/publicaciones\\_relacionados/pdf\\_esp\\_377.pdf](https://www.arauacustica.com/files/publicaciones_relacionados/pdf_esp_377.pdf)

Colmenares, E, A, M., Piñero, M, M. L. (2008). La investigación acción. Una herramienta Metodológica heurística para la comprensión y transformación de realidades y prácticas socio-educativas. Universidad Pedagógica Experimental Libertador. Caracas, Venezuela Revista Laurus, vol. 14, núm. 27, mayo-agosto. Artículo (Consultado 30 de noviembre 2019). Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/761/76111892006.pdf>

Colombia Aprende (2019). Acústica. La acústica es una rama de la física. Artículo disponible en: [http://aplicaciones2.colombiaaprende.edu.co/red\\_privada/sites/default/files/ACUSTICA.pdf](http://aplicaciones2.colombiaaprende.edu.co/red_privada/sites/default/files/ACUSTICA.pdf)

Crown International. (2001). Guía de Aplicación para Amplificadores. Artículo (Consultado 1 de Diciembre 2019). Disponible en:  
[https://www.google.com/search?q=Gu%C3%ADa+de+Aplicaci%C3%B3n+para+Amplificadores&rlz=1C1CHBF\\_esCO870CO870&oq=Gu%C3%ADa+de+Aplicaci%C3%B3n+para+Amplificadores&aqs=chrome.69i57j33.1071j0j7&sourceid=chrome&ie=UTF-8](https://www.google.com/search?q=Gu%C3%ADa+de+Aplicaci%C3%B3n+para+Amplificadores&rlz=1C1CHBF_esCO870CO870&oq=Gu%C3%ADa+de+Aplicaci%C3%B3n+para+Amplificadores&aqs=chrome.69i57j33.1071j0j7&sourceid=chrome&ie=UTF-8)

- González, M. (2011). La Física acústica. Artículo (consultado 30 de noviembre 2019).  
Disponible en: <https://fisica.laguia2000.com/acustica/la-fisica-acustica>.
- Ibáñez, M. (2013). Instalaciones Electroacústicas. Artículo (Consultado 4 de diciembre 2019). Disponible en: <https://es.slideshare.net/manuelibanez184007/instalaciones-electroacsticas>
- Ministerio de Salud (2016). Resolución N° 8321 del 4 de agosto de 1983. normas sobre protección y conservación de la audición, la salud y el bienestar de las personas:  
<http://parquearvi.org/wp-content/uploads/2016/11/Resolucion-8321-de-1983.pdf>
- Miyara, F. (2019). Acústica y sistemas de sonido. Artículo (Consultado 30 de noviembre 2019). Disponible en:  
[academia.edu/12454207/Acustica\\_y\\_sistemas\\_de\\_sonido\\_Federico\\_Miyara](http://academia.edu/12454207/Acustica_y_sistemas_de_sonido_Federico_Miyara)
- Portal Educativo. (2015). El sonido: características y propagación. Artículo (Consultado 30 de Noviembre 2019). Disponible en: <https://www.portaleducativo.net/primer-medio/44/sonido-caracteristicas-propagacion>
- Rentería, M, DE, J. (2019). Física cuántica. Cualidades del sonido. Artículo (Consultado 1 de Diciembre2019). Disponible en: <https://edbar01.wordpress.com/about/ondas-mecanicas/el-sonido/cualidades-del-sonido/>
- Rouse, M. (2019). Topología de red. Artículo (Consultado 1 de Diciembre2019). Disponible en:  
<https://searchdatacenter.techtarget.com/es/definicion/Topologia-de-red>
- Sabater, V. (2018). 10 beneficios de escuchar música relajante. Artículo (Consultado 1 de Diciembre2019). Disponible en: <https://lamenteesmaravillosa.com/beneficios-escuchar-musica-relajante/>

Tenelec Antioquia. (2017). Componentes de un sistema de sonido ambiental. Artículo

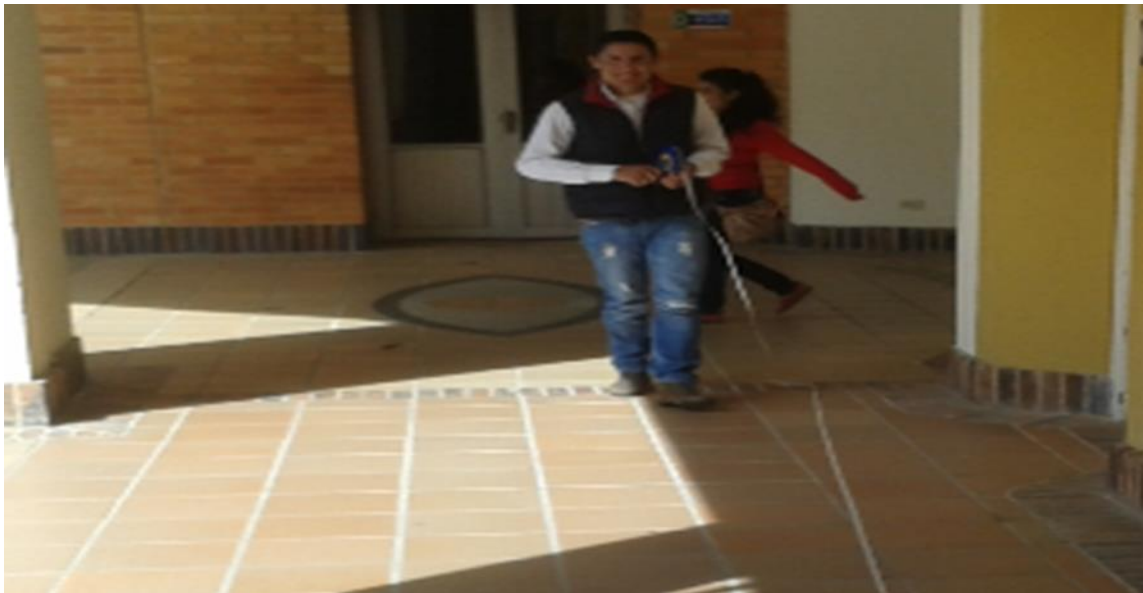
83

(consultado 2 de diciembre 2019) Disponible en: <https://tecnelec.com.co/componentes-sistema-de-sonido-ambiental/>

Anexo 1. Herramientas de trabajo

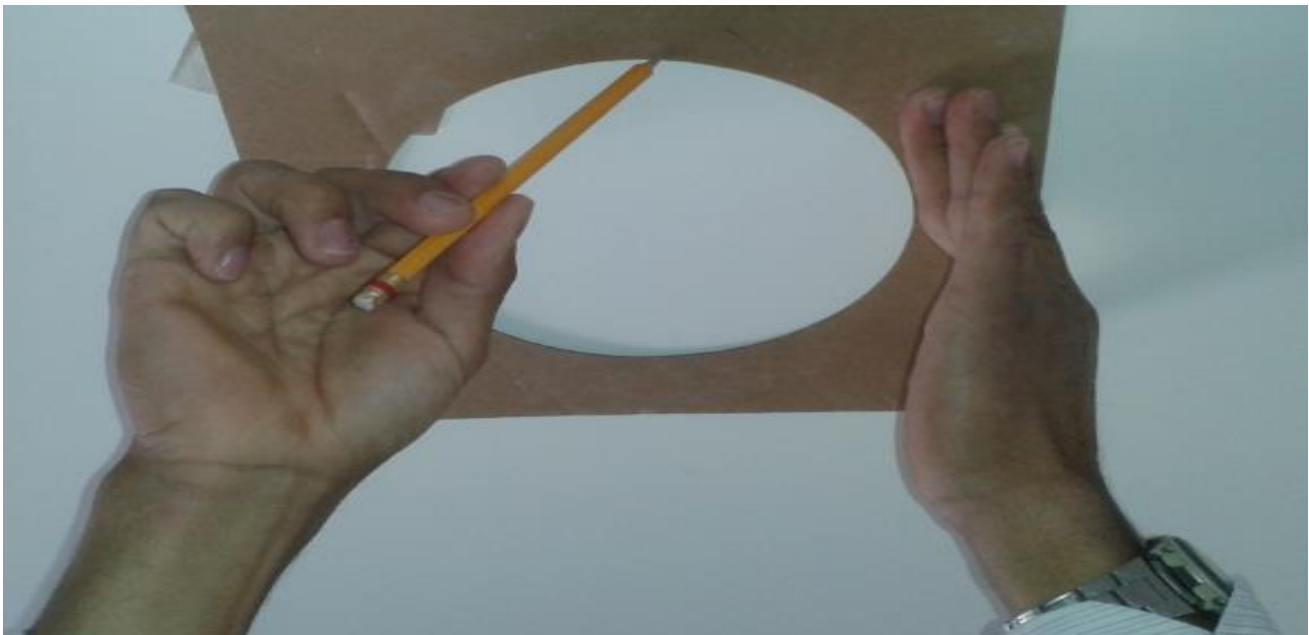


Anexo 2. Estudio de medición del área donde se realiza la instalación de los baffles.



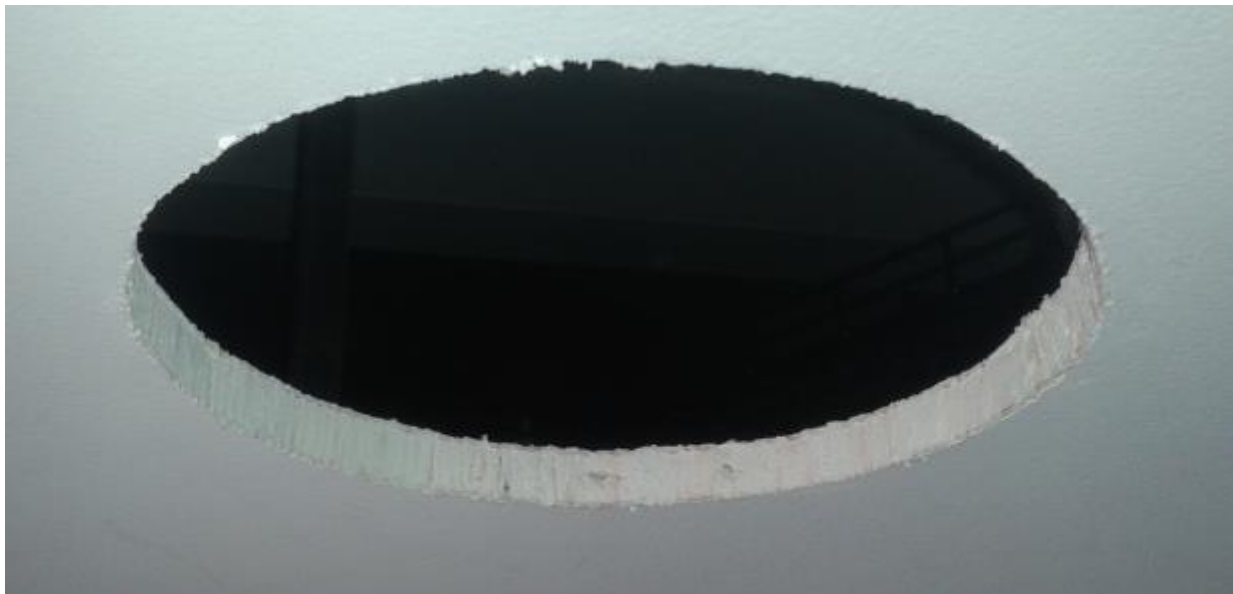


Anexo 4. Marcación para poder realizar el corte en el draibol.





Anexo 6. Abertura del hueco en el draibol.





Anexo 7. Instalación de canaleta por todos los pisos del edificio.



Anexo 8. Empalme en paralelo de los cables.



Anexo 9. Recubrimiento del empalme con cinta aislante.



Anexo 10. Extensión del cable hasta el punto de conexión del bafle.



Anexo 11. Conexión del baffle.



Anexo 12. Colocación del soporte para el baffle sobre el draibol y Sujeto a la lámina.



Anexo 13. Instalación completa del bafle.



Anexo 14. Aseguración del bafle al soporte y al techo.



Anexo 15. Configuración del bafle a 70v-30w.



Anexo 16. Colocación al bafle la rejilla de protección.



Anexo 17. Resultado final de la instalación de los bafles.



Anexo 18. Instalación de equipos de control del sonido e instalación del punto eléctrico y red en el cuarto de control.



Anexo 19. Diagrama de conexión del sonido ambiental.