

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

ELABORACIÓN DE UN MAPA DE NIVELES DE RUIDO DEL CAMPUS POLITÉCNICO JOSÉ RUBÉN ORELLANA RICAURTE

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO
EN ELECTRÓNICA Y REDES DE INFORMACIÓN**

CAJAMARCA YUNGA PABLO VINICIO

pablocajamarca_15@hotmail.com

SUASNAVAS MESA CARMEN INÉS

carminena@hotmail.com

DIRECTOR: MSc. MIGUEL HINOJOSA

miguel.hinojosa@epn.edu.ec

Quito, Diciembre 2013

DECLARACIÓN

Nosotros, Pablo Vinicio Cajamarca Yunga y Carmen Inés Suasnavas Mesa, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedemos nuestros derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

Pablo Vinicio Cajamarca Yunga

Carmen Inés Suasnavas Mesa

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Pablo Vinicio Cajamarca Yunga y Carmen Inés Suasnavas Mesa, bajo mi supervisión.

MSc. Miguel Hinojosa

Director del Proyecto

AGRADECIMIENTO

Agradecemos en primer lugar a Dios por habernos dado la sabiduría y la fortaleza para llegar a culminar esta etapa de nuestras vidas, bendiciéndonos y guiándonos día a día durante este camino universitario.

A nuestros padres que nos han inculcado buenos valores y han hecho de nosotros unas buenas personas, dándonos palabras de aliento día tras día y su amor incondicional para cumplir este proyecto de titulación.

A nuestro tutor MSc. Miguel Hinojosa porque gracias a su experiencia y apoyo brindado a lo largo de la duración del proyecto de titulación se concluyó de manera exitosa.

A los Ing. Pedro Estrella y Tania Calle que de manera desinteresada han aportado con sus diferentes ideas en el desarrollo del mismo.

A nuestros amigos que de una manera u otra me han brindado su apoyo durante toda la etapa universitaria.

Pablo C. y Carmen S.

DEDICATORIA

La concepción de este Proyecto de Titulación está dedicado a Dios, la Virgen Santísima, mis Padres, mis hermanos, mi hermana y amigos.

A Dios y la Santísima Virgen por acompañarme, fortalecerme y ayudarme a levantar en todas las tormentas de la vida, y por brindarme esa sabiduría para poder culminar esta meta.

A mis padres, que han sido el pilar fundamental y el apoyo incondicional en toda mi vida, siendo quienes han velado por mi bienestar para formarme como persona.

A mis hermanos y hermana, que han creído en mí, depositado su confianza en cada reto, sin dudar ni un solo instante de mi capacidad.

A mis amigos, por sus palabras de aliento y enseñarme que debo ser lo mejor de lo mejor, sin dejarme manipular de lo malo, ya que, detrás de cada meta hay un nuevo reto.

Con amor y admiración

Pablo Cajamarca

DEDICATORIA

Le dedico este trabajo a Dios por permitirme despertar cada día y apreciar la vida que me regaló. Por bendecirme y por darme toda la fuerza necesaria para poder culminar este camino de muy arduo esfuerzo y dedicación.

A mis padres por haberme dado la vida y enseñado los valores para ser una mejor persona en la sociedad, especialmente a mi madre que aparte de ser la mejor madre, amiga, es mi mayor ejemplo de lucha, superación y mi pilar fundamental para ser la persona que hoy en día soy, estoy completamente agradecida por su gran esfuerzo hacia mí.

A mis hermanos Hugo, Andy y Oscar que han estado durante toda mi vida junto a mí, brindándome su amor de hermanos y su apoyo diario de manera incondicional. Que creyeron y confiaron en mi capacidad para culminar de la mejor manera este proyecto de titulación.

Dedicado a mi Pablito que ha sido mi compañero y mi mayor soporte durante este tramo de mi vida, con su apoyo, cariño, incentivo y gran ejemplo diario logré culminar este proyecto de titulación.

A mis amigos que me han brindado su amistad y me acompañaron durante esta etapa universitaria, especialmente a Lore quien me ha demostrado su verdadera amistad y apoyo desinteresado día a día.

A mi amigo Pablo, con quien hemos podido cumplir un objetivo en común, su empeño y dedicación para finalizar de una manera exitosa nuestro proyecto.

A toda mi familia que siempre me ha brindado su afecto durante toda mi vida.

Carmen Suasnavas

ÍNDICE

CAPÍTULO 1

1.1 FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	1
1.1.1 SONIDO.....	1
1.1.1.1 Cualidades del Sonido.....	2
1.1.1.2 Propagación del Sonido	5
1.1.1.3 Fenómenos de propagación	7
1.1.1.4 Efecto Doppler	13
1.1.1.5 Velocidad del Sonido.....	15
1.1.1.6 Frecuencias Hz.....	18
1.1.1.7 Decibelio (dB).....	18
1.1.1.8 Nivel de Presión Sonora.....	19
1.1.2 RUIDO ACÚSTICO.....	20
1.1.2.1 Tipos de Ruido	20
1.1.2.2 Índices de Valoración de ruido.....	25
1.1.2.3 Índices de valoración de Diferentes fuentes de ruido.....	26
1.1.2.4 Índices de valoración del ruido de tráfico de vehículos automóviles.....	28
1.1.2.5 Índices de valoración del ruido de aviones.....	29
1.1.2.6 Otros índices de valoración de ruido.....	29
1.1.3 NIVEL DEL RUIDO	32
1.1.3.1 Nivel Sonoro con Ponderación A.....	32
1.1.4 MODELOS DE FUENTES DE RUIDO	36
1.1.4.1 Modelos de Predicción	36
1.1.4.2 Modelos de Ruido Industrial	38
1.1.4.3 Modelos de ruido de tráfico rodado	40
1.1.4.4 Modelos de Ruido de Tráfico Aéreo.....	42
1.1.4.5 Tipos de fuentes de ruido.....	44
1.1.5 SONÓMETRO.....	45
1.1.5.1 Tipos de Sonómetros.....	49

1.1.6 SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG O GIS).....	50
1.1.6.1 Componentes de un GIS	51
1.1.6.2 Aplicaciones del GIS	53
1.1.6.3 Información Geográfica de un GIS	54
1.1.6.4 Almacenamiento de información en un GIS	54
1.1.6.5 Salida de la Información.....	54
CAPÍTULO 2	
FUNDAMENTACIÓN LEGAL	55
2.1 SITUACIÓN INTERNACIONAL RESPECTO AL CONTROL DEL RUIDO.....	55
2.1.1 NORMA ISO 1996-2:2007 (RESUMEN, MEDICIÓN Y EVALUACIÓN DEL RUIDO AMBIENTAL - PARTE 2: DETERMINACIÓN DE LOS NIVELES DE RUIDO AMBIENTAL)	55
2.1.2 OSHA (ADMINISTRACIÓN DE SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL): ESTÁNDAR 1910.95 “EXPOSICIÓN DE RUIDO OCUPACIONAL”.....	56
2.1.3 LEY 37/2003, DE 17 DE NOVIEMBRE, DEL RUIDO.....	57
2.1.4 NORMA DE COLOMBIA: RESOLUCIÓN 0627 DE 2006 (ABRIL 07) POR LA CUAL SE ESTABLECE LA NORMA NACIONAL DE EMISIÓN DE RUIDO Y RUIDO AMBIENTAL.....	58
2.1.5 ANÁLISIS GLOBAL DE LAS LEYES Y NORMAS INTERNACIONALES	60
2.2 SITUACIÓN NACIONAL SOBRE EL CONTROL DE RUIDO	60
2.2.1 NORMA DE LÍMITES PERMISIBLES DE NIVELES DE RUIDO AMBIENTE PARA FUENTES FIJAS Y FUENTES MÓVILES, Y PARA VIBRACIONES (PRESIDENCIA DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR, LIBRO VI, ANEXO 5)....	62
2.2.2 ORDENANZA METROPOLITANA N.- 0123 (5 DE JULIO DE 2004).....	63
2.2.3 ORDENANZA METROPOLITANA N.- 0404 (4 DE JUNIO DE 2013).....	64
2.2.4 ANÁLISIS GLOBAL DE LA NORMATIVA NACIONAL.....	64
2.3 CONTEXTO DEL PROYECTO	64
CAPÍTULO 3	
RECOPIACIÓN DE DATOS	69
3.1 PLANIFICACIÓN DE PUNTOS DEL CAMPUS POLITÉCNICO	69

3.1.1	PLANIFICACIÓN DE PUNTOS INTERNOS	70
3.1.2	PLANIFICACIÓN DE PUNTOS EXTERNOS	71
3.2	PLANIFICACIÓN DE TOMA DE MEDIDAS DEL CAMPUS POLITÉCNICO	71
3.3	TOMA DE MEDICIONES EN EL CAMPUS POLITÉCNICO	73
3.3.1	MEDICIONES INTERNAS	74
3.3.2	MEDICIONES EXTERNAS	83
3.4	INFORME DIARIO DE RUIDO AMBIENTAL	86
3.4.1	NORMATIVA	86
3.4.2	METODOLOGÍA UTILIZADA PARA LAS MEDICIONES	88
3.4.3	RESULTADOS Y ANÁLISIS DE LAS MEDICIONES	89
3.4.4	MEDICIONES EXTERNAS	110
CAPÍTULO 4		
	ELABORACIÓN DEL MAPA DE NIVELES SONOROS	114
4.1	CONSIDERACIONES GENERALES	114
4.1.1	DEFINICIÓN DE COLORES	115
4.1.2	SOFTWARE UTILIZADO EN LA ELABORACIÓN DEL MAPA DE NIVELES DE RUIDO	116
4.2	PROCEDIMIENTO DE LA ELABORACIÓN DEL MAPA	117
4.3	SALIDA DE DATOS	129
4.4	PLAN DE MITIGACIÓN	130
CAPÍTULO 5		
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	132
5.1	CONCLUSIONES	132
5.2	RECOMENDACIONES	134
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	136
	ANEXOS	138

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

<i>Figura 1.1 Ondas de diferentes instrumentos musicales</i>	5
<i>Figura 1.2 Fenómeno de reflexión del sonido</i>	8
<i>Figura 1.3 Fenómeno de reflexión del sonido: Ondas estacionarias</i>	9
<i>Figura 1.4 Fenómeno de reflexión del sonido: Eco</i>	10
<i>Figura 1.5 Fenómeno de refracción del sonido</i>	11
<i>Figura 1.6 Comportamiento de las ondas ante una pantalla acústica por la difracción del sonido</i>	12
<i>Figura 1.7 Diferentes casos de difracción</i>	12
<i>Figura 1.8 Diagrama que muestra el origen de las pulsaciones. La onda C es una superposición de ondas A y B</i>	14
<i>Figura 1. 9 Representación gráfica del ruido aleatorio</i>	21
<i>Figura 1. 10 Representación gráfica del ruido blanco</i>	21
<i>Figura 1. 11 Representación gráfica del ruido continuo constante</i>	22
<i>Figura 1. 12 Representación gráfica del ruido constante pero intermitente</i>	22
<i>Figura 1. 13 Representación gráfica del ruido fluctuante periódico</i>	23
<i>Figura 1. 14 Representación gráfica del ruido fluctuante no periódico</i>	23
<i>Figura 1. 15 Representación gráfica del ruido impulsivo repetitivo</i>	24
<i>Figura 1. 16 Representación gráfica del ruido impulsivo simple</i>	24
<i>Figura 1. 17 Representación gráfica del ruido rosa</i>	25
<i>Figura 1. 18 Curvas de Ponderación estandarizadas internacionalmente</i>	28
<i>Figura 1. 19 Curvas de valoración de ruido NR</i>	30
<i>Figura 1. 20 Curvas de Fletcher y Munson</i>	33
<i>Figura 1. 21 Modelo de predicción</i>	36
<i>Figura 1. 22 Modelo de ruido industrial</i>	38
<i>Figura 1. 23 Modelo de ruido de tráfico rodado</i>	40
<i>Figura 1. 24 Modelo de tráfico aéreo</i>	43
<i>Figura 1. 25 Sonómetro</i>	45
<i>Figura 1. 26 Diagrama de bloques del sonómetro</i>	46
<i>Figura 1. 27 Sistema de Información Geográfica</i>	51
<i>Figura 1. 28 Diagrama de componentes GIS</i>	52

CAPÍTULO 3

<i>Figura 3. 1 Planificación de Puntos Internos</i>	70
<i>Figura 3. 2 Diagrama del sonómetro obtenido</i>	91
<i>Figura 3. 3: Registro de lectura de las mediciones del sonómetro</i>	92
<i>Figura 3. 4 Diagrama de barra del punto H1</i>	93

CAPÍTULO 4

<i>Figura 4. 1 Ventana de Inicio de gvGIS</i>	117
<i>Figura 4. 2 Guardar el proyecto</i>	117
<i>Figura 4. 3 Ventana Nombre del proyecto</i>	118
<i>Figura 4. 4 Nueva Vista</i>	119
<i>Figura 4. 5 Icono para Añadir Capa</i>	119
<i>Figura 4. 6 Ventana de Añadir capa</i>	120
<i>Figura 4. 7 Abrir un proyecto existente</i>	120
<i>Figura 4. 8 Resultado</i>	121
<i>Figura 4. 9 Nueva Capa SHP</i>	121
<i>Figura 4. 10 Tipo de Geometría</i>	122
<i>Figura 4. 11 Campos de los puntos</i>	122
<i>Figura 4. 12 Ingresar ruta del fichero</i>	123
<i>Figura 4. 13 Icono Punto</i>	123
<i>Figura 4. 14 Tabla de los puntos externos</i>	124
<i>Figura 4. 15 Propiedades del punto</i>	124
<i>Figura 4. 16 Pestaña Etiquetados</i>	125
<i>Figura 4. 17 Pestaña Simbología</i>	125
<i>Figura 4. 18 Gestor de proyectos</i>	126
<i>Figura 4. 19 Hoja del Mapa</i>	127
<i>Figura 4. 20 Icono Insertar vista</i>	127
<i>Figura 4. 21 Propiedades del marco de la vista</i>	128
<i>Figura 4. 22 Exportar a PDF</i>	129

ÍNDICE DE TABLAS

CAPÍTULO 1

<i>Tabla 1. 1: Niveles de Intensidad Sonora.....</i>	3
<i>Tabla 1. 2: Ponderaciones A, B, C y D para diferentes frecuencias</i>	26
<i>Tabla 1. 3: Valores recomendados del índice NR para diferentes locales.....</i>	31
<i>Tabla 1. 4: Valores del nivel de presión sonora correspondiente al índice NR.....</i>	31
<i>Tabla 1. 5: Niveles Sonoros y Respuesta Humana</i>	35

CAPÍTULO 2

<i>Tabla 2. 1: Niveles de ruido esperados de acuerdo a NIOSH.....</i>	57
---	----

CAPÍTULO 3

<i>Tabla 3. 1 Etiquetado puntos Internos y Externos</i>	71
<i>Tabla 3. 2: Medidas Edificio Eléctrica-Electrónica</i>	74
<i>Tabla 3. 3: Medidas Edificio Química-Eléctrica.....</i>	75
<i>Tabla 3. 4: Medidas Edificio Grande Mecánica.....</i>	76
<i>Tabla 3. 5: Medidas Edificio Pequeño Mecánica</i>	76
<i>Tabla 3. 6: Medidas Edificio Pequeño Química- Agroindustria.....</i>	76
<i>Tabla 3. 7: Medidas Edificio Química y Agroindustrial (Aula Magna)</i>	77
<i>Tabla 3. 8: Medidas Escuela de Formación de Tecnólogos</i>	77
<i>Tabla 3. 9: Medidas Geología y Petróleos.....</i>	77
<i>Tabla 3. 10: Medidas Ciencias (Abastecimientos).....</i>	78
<i>Tabla 3. 11: Medidas Ciencias Administrativas (Económicas).....</i>	78
<i>Tabla 3. 12: Medidas Ciencias Administrativas (Administración).....</i>	79
<i>Tabla 3. 13: Medidas Hemiciclo Politécnico.....</i>	79
<i>Tabla 3. 14: Medidas Ambiental</i>	80
<i>Tabla 3. 15: Medidas Departamento de Formación Básica</i>	80
<i>Tabla 3. 16: Mediciones Sistemas.....</i>	81
<i>Tabla 3. 17: Mediciones Civil.....</i>	82
<i>Tabla 3. 18: Mediciones Laboratorio de Estructuras</i>	82
<i>Tabla 3. 19: Mediciones Teatro Politécnico.....</i>	82
<i>Tabla 3. 20: Mediciones Parqueaderos</i>	84
<i>Tabla 3. 21: Mediciones Entradas a la Universidad.....</i>	84
<i>Tabla 3. 22: Mediciones Áreas de Descanso y Recreativas.....</i>	86
<i>Tabla 3. 23: Normativa del Proyecto</i>	87
<i>Tabla 3. 24 Especificaciones Técnicas del sonómetro utilizado.....</i>	88
<i>Tabla 3. 25 Medidas obtenidas con el sonómetro, en cada Jornada, en el punto Pasillo ubicado en la Planta Baja del Edificio Eléctrica-Electrónica.....</i>	90

<i>Tabla 3. 26: Medidas Edificio Eléctrica-Electrónica</i>	94
<i>Tabla 3. 27: Medidas Edificio Química-Eléctrica</i>	94
<i>Tabla 3. 28: Medidas Edificio Grande Mecánica</i>	96
<i>Tabla 3. 29: Medidas Edificio Pequeño Mecánica</i>	97
<i>Tabla 3. 30: Medidas Edificio Pequeño Química- Agroindustria</i>	98
<i>Tabla 3. 31: Medidas Edificio Química y Agroindustrial (Aula Magna)</i>	98
<i>Tabla 3. 32: Medidas Escuela de Formación de Tecnólogos</i>	98
<i>Tabla 3. 33: Medidas Geología y Petróleos</i>	100
<i>Tabla 3. 34: Medidas Ciencias (Abastecimientos)</i>	101
<i>Tabla 3. 35: Medidas Ciencias Administrativas (Económicas)</i>	102
<i>Tabla 3. 36: Medidas Ciencias Administrativas (Administración)</i>	103
<i>Tabla 3. 37: Medidas Hemiciclo Politécnico</i>	104
<i>Tabla 3. 38: Medidas Ambiental</i>	104
<i>Tabla 3. 39: Medidas Departamento de Formación Básica</i>	104
<i>Tabla 3. 40: Mediciones Sistemas</i>	106
<i>Tabla 3. 41: Mediciones Civil</i>	107
<i>Tabla 3. 42: Mediciones Laboratorio de Estructuras</i>	109
<i>Tabla 3. 43: Mediciones Teatro Politécnico</i>	109
<i>Tabla 3. 44: Mediciones Parqueaderos</i>	110
<i>Tabla 3. 45: Mediciones Entradas a la Universidad</i>	111
<i>Tabla 3. 46: Mediciones Áreas de Descanso y Recreativas</i>	112

CAPÍTULO 4

<i>Tabla 4. 1 Norma Técnica 3520</i>	115
<i>Tabla 4. 2 Detalle de Colores</i>	128

RESUMEN

Este proyecto de titulación propone la elaboración de un mapa de niveles de ruido en la modalidad de botones del Campus Politécnico José Rubén Orellana Ricaurte. Para identificar las zonas con mayor impacto en la contaminación acústica y en un futuro poder tomar las medidas necesarias para disminuir dicha contaminación.

En el primer capítulo se presenta todo lo correspondiente a los fundamentos teóricos, se encontrará todos los conceptos que se necesitarán a lo largo del desarrollo del proyecto de titulación, para familiarizarse con la terminología utilizada.

En el segundo capítulo se presenta un enfoque en la normativa nacional como internacional respecto al ruido, así como el correcto funcionamiento del uso de los instrumentos a utilizar para realizar las mediciones posteriores, cumpliendo con los estándares existentes.

El tercer capítulo se realiza toda la planificación para la toma de medidas dentro del Campus Politécnico tanto de manera interna como externa. Se realiza un cronograma de actividades para ir por todo el Campus. Se establece un horario de mediciones para cubrir el tiempo necesario medido en cada uno de los puntos establecidos.

En el cuarto capítulo se detalla el uso de la herramienta GIS (Geographic Information System) o en español SIG (Sistemas de Información Geográfica) para la elaboración del mapa de niveles de ruido. Como primer paso está el ingreso de los datos obtenidos en el capítulo anterior, luego se realiza la manipulación de los mismos y finalmente se obtienen los mapas de puntos internos de cada facultad y el mapa de puntos externos del Campus Politécnico. Adicionalmente se elabora un plan de mitigación de acuerdo al análisis de los resultados obtenidos en los mapas de niveles de ruido.

Una vez elaborado los mapas de niveles de ruido, se analiza los resultados obtenidos y se identifica las zonas con contaminación acústica, el quinto capítulo hace referencia a las conclusiones y recomendaciones del proyecto de titulación realizado.

PRESENTACIÓN

A través de los años, el ruido ha sido considerado como un problema grave que afecta la salud de los seres vivos, puede afectar fisiológica, psíquica y sociológicamente.

Sin embargo, en muchos países no ha sido tratado de la manera correcta, es el caso de nuestro país, pues su estudio debería tener un mejor enfoque ya que es un problema que afecta a todos.

Es por eso que el presente proyecto se lo realiza con el fin de aportar soluciones para tratar de minimizar el problema del ruido, específicamente en el Campus Politécnico José Rubén Orellana Ricaurte.

El objetivo principal es el construir un Mapa de Niveles de Ruido en la modalidad de Botones, el cual nos ayude a identificar las áreas con elevado nivel de ruido, para que a continuación se realice recomendaciones y planes de mitigación, con los cuales se pueda minimizar esta contaminación acústica.

La situación de nuestro país es preocupante respecto a este problema, debido a que la parte técnica no cuenta con suficientes equipos para monitorear el ruido y realizar su análisis correctivo a comparación de cómo lo hacen otros países como por ejemplo España, el cual desde hace años ya está tratando con el problema. Es por eso que en términos de normativa, se usa aparte de las Ordenanzas Metropolitanas de Quito, la Ley de Ruido de España (Ley 37/2003, de 17 de Noviembre, del Ruido).

Al término del Proyecto de Titulación, se encontró áreas que superan los límites de ruido de la normativa planteada, sitios en los cuales se hizo el análisis para dar soluciones correctivas individuales.

Cabe acotar que es un problema del cual debemos estar conscientes estudiantes, profesores y trabajadores que día a día acuden a la Escuela Politécnica Nacional,

por ende las soluciones dependen de que acciones tomemos para reducir este problema.

CAPÍTULO 1

1.1 FUNDAMENTOS TEÓRICOS

1.1.1 SONIDO

El término sonido se usa de dos formas distintas. Los fisiólogos definen el sonido en término de las sensaciones auditivas producidas por perturbaciones longitudinales en el aire. En física, por otra parte, nos referimos a las perturbaciones por sí mismas y no a las sensaciones que producen. Sonido es una onda mecánica longitudinal de presión que se propaga a través de un medio elástico.¹

La presión es la magnitud escalar que relaciona la fuerza (cuya unidad es Newton) con la superficie (cuya unidad es metros cuadrados) sobre la que actúa. Por tanto la unidad de medida de la presión se denomina Pascal (Pa).

Si se aplica uniformemente una fuerza F sobre una superficie de área A , se define la presión como:

$$p = \frac{F}{A} \quad (1.1)^2$$

Si de forma no uniforme se aplica una fuerza F sobre una superficie de área A , se define la presión como:

$$p = \frac{dF_A}{dA} \cdot \mathbf{n} \quad (1.2)^3$$

¹ “El Sonido”, Leopoldo de la Fuente Silva, Sitio Web: <http://www.monografias.com/trabajos5/elso/elso.shtml> (Consultado Noviembre 2012)

² “Presión”, Octubre 2012, Sitio Web: <http://es.wikipedia.org/wiki/Presi%C3%B3n> (Consultado Noviembre 2012- Fórmula de Presión con fuerza uniforme)

³ “Presión”, Octubre 2012, Sitio Web: <http://es.wikipedia.org/wiki/Presi%C3%B3n> (Consultado Noviembre 2012- Fórmula de Presión con fuerza no uniforme)

Donde n es un vector unitario y normal a la superficie en el punto donde se pretende medir la presión.

1.1.1.1 Cualidades del Sonido

El oído humano es capaz de diferenciar unos sonidos de otros porque es sensible a las diferencias que pueden existir entre ellos, en lo que concierne a alguna de las cuatro cualidades que caracterizan a todo sonido. Estas son: intensidad, tono, timbre y duración.

1.1.1.1.1 Presión Sonora

Se define a la **presión sonora** como la diferencia entre la presión instantánea debida al sonido y la presión atmosférica, y, naturalmente, también se mide en Pa. Sin embargo, la presión sonora tiene en general valores muchísimo menores que el correspondiente a la presión atmosférica.

Otra diferencia importante es que la presión atmosférica cambia muy lentamente, mientras que la presión sonora lo hace muy rápido, alternando entre valores positivos (presión instantánea mayor que la atmosférica) y negativos (presión instantánea menor que la atmosférica) a razón de entre 20 y 20.000 veces por segundo. Esta magnitud se denomina **frecuencia** y se expresa en ciclos por segundo o **hertzio (Hz)**. Para reducir la cantidad de dígitos, las frecuencias mayores que 1.000 Hz se expresan habitualmente en **kilohertzio (kHz)**⁴.

1.1.1.1.2 Intensidad

La intensidad del sonido es la propiedad que permite distinguir entre sonidos fuertes y débiles. Se define como la potencia acústica transferida por una onda sonora por unidad de área normal a la dirección de propagación. Suele expresarse como potencia por unidad de superficie (W/m^2).

⁴ “Niveles Sonoros”, Federico Miraya, Sitio Web: <http://www.fceia.unr.edu.ar/acustica/biblio/niveles.htm>, (Consultado Noviembre 2012)

El intervalo de intensidades audibles para el ser humano va desde el umbral de audibilidad (valor mínimo perceptible 10^{-12} W/m^2 aproximadamente) hasta el umbral de dolor (1 W/m^2). Debido a este gran intervalo se utiliza una escala logarítmica para describir el nivel de intensidad de una onda sonora, midiéndola en decibelios (dB). Así, esta escala oscila entre 0 dB (equivalente a 10^{-12} W/m^2 Intensidad de Referencia: 10^{-12} W/m^2) y 120 dB (equivalente a 1 W/m^2)⁵. Obsérvese la siguiente tabla:

Intensidad sonora

Nivel de intensidad (dB)	Intensidad (W/m^2)	Sonido
0	10^{-12}	Umbral de audición
10	10^{-11}	Susurro de las hojas
20	10^{-10}	Cuchicheo (a 1 m de distancia)
30	10^{-9}	Casa tranquila
40	10^{-8}	Casa normal, oficina tranquila
50	10^{-7}	Oficina normal
60	10^{-6}	Conversación normal, tráfico normal
70	10^{-5}	Oficina ruidosa, calle animada
80	10^{-4}	Tráfico intenso, comedor escolar
90	10^{-3}	Ferrocarril subterráneo
100	10^{-2}	Taller de maquinaria, discoteca
120	10^0	Taladro neumático (a 2 m de distancia), avión despegando; umbral del dolor

*Tabla 1. 1: Niveles de Intensidad Sonora*⁶

1.1.1.1.3 Tono

El tono está relacionado con la frecuencia. El tono de un sonido depende únicamente de su frecuencia, es decir, del número de oscilaciones por segundo. La altura de un

⁵ “Las ondas y el sonido”, Pablo Guerra, Sitio Web: <https://sites.google.com/site/lasondasyelsonido/aracteristicas-del-sonido/cualidades-del-sonido-1> (Consultado Noviembre 2012)

⁶ “Las ondas y el sonido”, Pablo Guerra, Sitio Web: <https://sites.google.com/site/lasondasyelsonido/aracteristicas-del-sonido/cualidades-del-sonido-1> (Consultado Noviembre 2012- Tabla Niveles de Intensidad Sonora)

sonido corresponde a nuestra percepción del mismo como más grave o más agudo. Cuando mayor sea la frecuencia, más agudo será el sonido⁷.

1.1.1.1.4 *Timbre*

El timbre es la cualidad que permite distinguir entre sonidos procedentes de diferentes instrumentos, aun cuando posean la misma intensidad. Esta cualidad permite reconocer a una persona por su voz, que resulta característica de cada individuo.

Pocas veces las ondas sonoras corresponden a sonidos puros, sólo los diapasones generan este tipo de sonidos, que son debidos a una sola frecuencia y representados por una onda armónica.

Por el contrario, los instrumentos musicales dan lugar a un sonido más rico, de vibraciones complejas, es decir, que está compuesto por una serie de vibraciones armónicas convergentes en una frecuencia fundamental de una frecuencia y amplitud determinadas, cada una.

El sonido se compone siempre a partir de un *armónico Fundamental o Base*, que da el timbre principal. Y por sobre este, se ubican los armónicos que componen una serie determinada, dependiente de la fuente que genere ese sonido. Los armónicos son frecuencias o sonidos del armónico fundamental.

Por sobre los 10 armónicos múltiplos de la fundamental, se hace muy difícil percibirlos, pero en conclusión están y dan forma al timbre final⁸.

⁷ “El Sonido”, Sitio Web: http://www.quimicaweb.net/grupo_trabajo_ccnn_2/tema4/ (Consultado Noviembre 2012 - Tono)

⁸ “El Sonido”, Sitio Web: http://www.quimicaweb.net/grupo_trabajo_ccnn_2/tema4/ (Consultado Noviembre 2012 - Timbre)

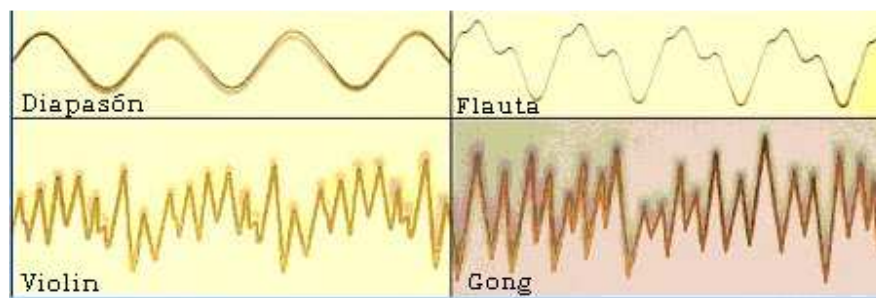


Figura 1. 1 Ondas de diferentes instrumentos musicales⁹

1.1.1.1.5 Duración

Es la característica del sonido que nos permite diferenciar sonidos largos de sonidos cortos. Se la define como el tiempo de permanencia de un sonido. La sucesión de sonidos de distinta duración nos da el ritmo¹⁰.

1.1.1.2 Propagación del Sonido

Una oscilación que se propaga en un medio (con velocidad finita) recibe el nombre de onda. Dependiendo de la relación que exista entre el sentido de la oscilación y el de la propagación, hablamos de ondas longitudinales, transversales, de torsión, etc. En el aire el sonido se propaga en forma de ondas longitudinales, es decir, el sentido de la oscilación coincide con el de la propagación de la onda.

“Ciertas características de los fluidos y de los sólidos influyen en la onda de sonido. Es por eso que el sonido se propaga en los sólidos y en los líquidos con mayor rapidez que en los gases. En general cuanto mayor sea la compresibilidad ($1/K$) del medio tanto menor es la velocidad del sonido. También la densidad es un factor importante en la velocidad de propagación, en general a mayor sea la densidad (ρ), a

⁹ “El Sonido”, Sitio Web: http://www.quimicaweb.net/grupo_trabajo_ccnn_2/tema4/ (Consultado Noviembre 2012 – Gráfico Ondas de diferentes instrumentos musicales)

¹⁰ Departamento de música, IES Mateo Alemán, Sevilla, “Características del Sonido”, Sitio Web: <http://www.juntadeandalucia.es/averroes/iesmateoaleman/musica/caracteristicasonido.htm> (Consultado Noviembre 2012)

igualdad de todo lo demás, tanto mayor es la velocidad de la propagación del sonido.

La velocidad del sonido se relaciona con esas magnitudes mediante:

$$v \propto \sqrt{\frac{K}{\rho}} \quad (1.3)$$

En los gases, la temperatura influye tanto la compresibilidad como la densidad, de tal manera que el factor de importancia suele ser la temperatura misma.

La propagación del sonido está sujeta a algunos condicionales. Así la transmisión del sonido requiere la existencia de un medio material donde la vibración de las moléculas es percibida como una onda sonora. En la propagación en medios compresibles como el aire, la propagación implica que en algunas zonas las moléculas de aire, al vibrar se juntan (zonas de compresión) y en otras zonas se alejan (zonas de rarefacción), esta alteración de distancias entre las moléculas de aire es lo que produce el sonido.

En fluidos altamente incompresibles como los líquidos las distancias se ven muy poco afectadas pero se manifiesta en forma de ondas de presión. La velocidad de propagación de las ondas sonoras en un medio depende de la distancia promedio entre las partículas de dicho medio, por tanto, es en general mayor en los sólidos que en los líquidos y en éstos, a su vez, que en los gases. En el vacío no puede propagarse el sonido, nótese que por tanto las explosiones realmente no son audibles en el espacio exterior.

Las ondas sonoras se producen cuando un cuerpo vibra rápidamente. La frecuencia es el número de vibraciones u oscilaciones completas que efectúan por segundo. Los sonidos producidos son audibles por un ser humano promedio si la frecuencia de oscilación está comprendida entre 20 Hz y 20 000 Hz.

Por encima de esta última frecuencia se tiene un ultrasonido no audible por los seres humanos, aunque algunos animales pueden oír ultrasonidos inaudibles por los seres humanos. La intensidad de un sonido está relacionada con el cuadrado de

la amplitud de presión de la onda sonora. Un sonido grave corresponde a onda sonora con frecuencia baja mientras que los sonidos agudos se corresponden con frecuencias más altas¹¹.

El sonido es un fenómeno ondulatorio, por tanto cumple con la siguiente ecuación:

$$\nabla^2 p - \frac{1}{c^2} \cdot \frac{\partial^2 p}{\partial t^2} = 0 \quad (1.4)^{12}$$

En donde c es el valor de la celeridad (rapidez) en el punto (x,y,z) , p la presión y t el tiempo.

Esta ecuación relaciona la presión acústica (energía) en un determinado punto del medio, con las coordenadas de ese punto y en un momento dado.

1.1.1.3 Fenómenos de propagación

A continuación se presenta los fenómenos de propagación que posee el sonido.

1.1.1.3.1 Reflexión

Cuando las ondas sonoras se encuentran con un obstáculo que no pueden traspasar ni rodear rebotan sobre el objeto¹³. Cuando el obstáculo es fijo, como una pared, el módulo de la velocidad se conserva.

En la propagación del sonido, también se cumplen las leyes de la reflexión de las ondas, es decir, $\hat{i} = \hat{r}$ (ángulo de incidencia = ángulo de reflexión). Se clasifica en ondas estacionarias y ecos.

¹¹ “Sonido”, Octubre 2012, Sitio Web: <http://es.wikipedia.org/wiki/Sonido> (Consultado Noviembre 2012)

¹² “Calor y Sonido”, Sitio Web: <http://html.rincondelvago.com/calor-y-sonido.html> (Consultado Noviembre 2012)

¹³ “Ondas Sonoras”, Sitio Web: <http://ondaspordoquier.weebly.com/ondas-sonoras.html> (Consultado Noviembre 2012)

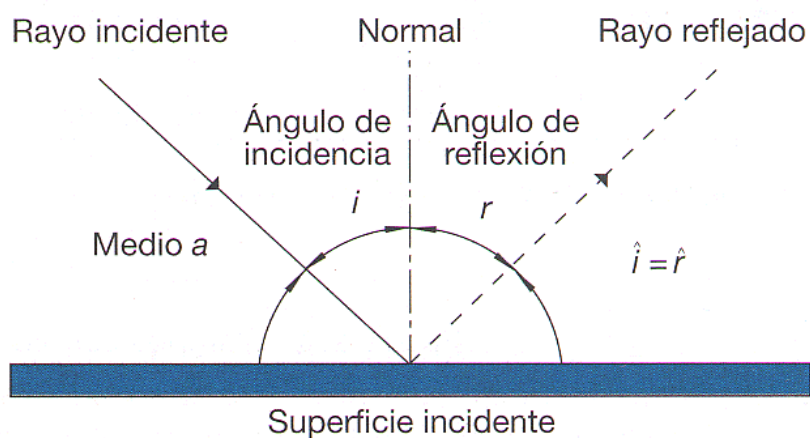


Figura 1. 2 Fenómeno de reflexión del sonido¹⁴

1.1.1.3.2 Ondas estacionarias

Este fenómeno sucede cuando el ángulo incidente y el reflejado forman un ángulo de 0° . Se trata de la onda producida por la interferencia de dos ondas armónicas de igual amplitud y frecuencia que se propagan en la misma dirección pero en sentidos contrarios.

Esta interferencia ocasiona que existan puntos que nunca oscilan, llamados nodos, cuya amplitud es nula; y zonas en las que la amplitud es máxima, llamados vientres. Debido a esto las ondas estacionarias parecen permanecer estáticas en la dirección de propagación¹⁵.

¹⁴ “Ondas y acústica”, Sitio Web: <http://html.rincondelvago.com/ondas-y-acustica.html> (Consultado Noviembre 2012 - Gráfico Fenómenos de reflexión del sonido)

¹⁵ “Las ondas y el sonido”, Sitio Web: <https://sites.google.com/site/lasondayelsonido/efectos-sonoros/la-reflexion-y-la-refraccion> (Consultado Noviembre 2012)

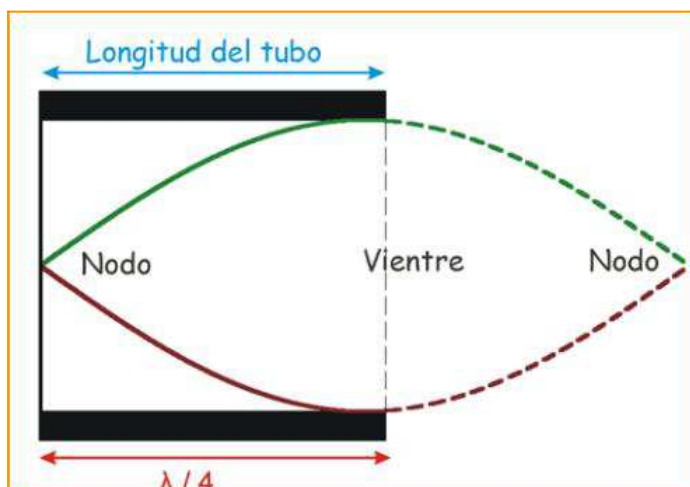


Figura 1. 3 Fenómeno de reflexión del sonido: Ondas estacionarias¹⁶

1.1.1.3.3 Eco

“Es un fenómeno debido a la reflexión sobre un obstáculo de grandes dimensiones. Para que el oído humano sea capaz de diferenciar entre el sonido emitido y el reflejado la distancia mínima hasta el muro debe ser de 17 m (considerando la velocidad del sonido 340 m/s).

Por eso, para optimizar la audición del sonido en las salas de conciertos la arquitectura de las salas debe estar diseñada para que el sonido sea absorbido por las paredes y en los espacios abiertos la distancia no debe exceder los 30 m para que las voces de los sonidos se escuchen con la suficiente potencia y nitidez.

La reverberación es la prolongación del sonido percibido desde la sala una vez que la fuente sonora se haya “callado”, como resultado de múltiples reflexiones no simultáneas sobre los planos de las diferentes paredes¹⁷.

¹⁶ Universidad de Valladolid, Ingeniería de las Ondas – Curso 2005/06, “Instrumentos de Viento”, Sitio Web: http://www.lpi.tel.uva.es/~nacho/docencia/ing_ond_1/trabajos_05_06/io2/public_html/viento/principios_viento.html (Consultado Noviembre 2012)

¹⁷ “La reflexión y la refracción”, Sitio Web: <https://sites.google.com/site/lasondasyelsonido/efectos-sonoros/la-reflexion-y-la-refraccion> (Consultado Noviembre 2012)

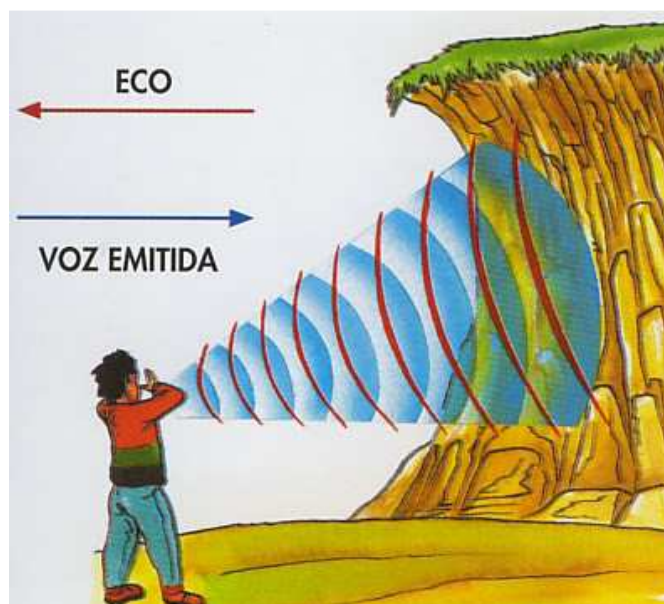


Figura 1. 4 Fenómeno de reflexión del sonido: Eco¹⁸

1.1.1.3.4 Refracción

“La refracción es el cambio de dirección que experimenta una onda al cambiar de medio. Sólo se produce si la onda incide oblicuamente sobre la superficie de separación de los dos medios y si éstos tienen índices de refracción distintos. La refracción se origina por el cambio de velocidad que experimenta la onda al cambiar de medio.

La refracción se produce dentro de un mismo medio que no es homogéneo, por ejemplo, cuando la temperatura varía de un punto a otro.

Por lo general siempre hay reflexión y refracción parciales, es decir, una parte de la energía sonora se refleja y otra se refracta¹⁹.

¹⁸ “Sistemas de Comunicaciones”, Sitio Web: http://joelmr.com.mx/376410_FENOMENOS-CON-LAS-ONDAS.html (Consultado Noviembre 2012)

¹⁹ “Técnicas Aislamiento Acústico”, Sitio Web: <http://tudiariofisico.wordpress.com/2013/01/> (Consultado Noviembre 2012)

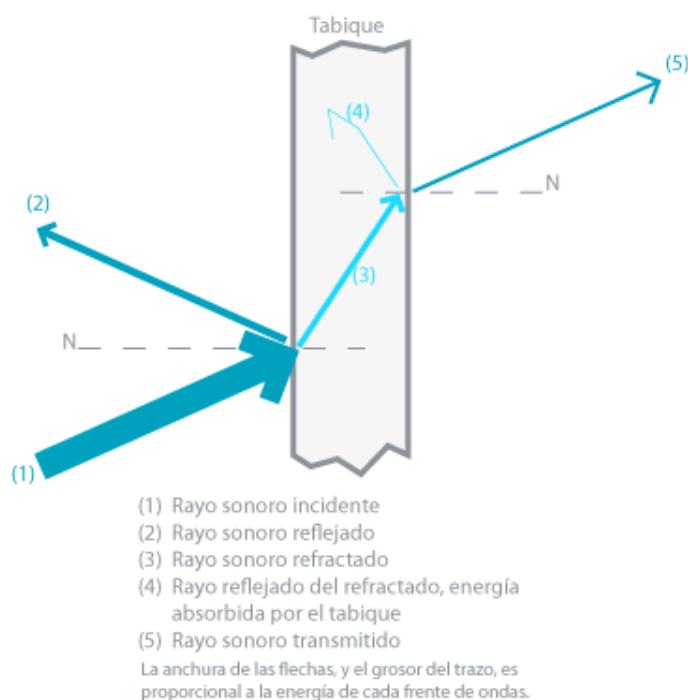


Figura 1. 5 Fenómeno de refracción del sonido²⁰

1.1.1.3.5 Difracción

Es la distorsión de un campo de sonido causada por la presencia de un obstáculo, se produce por dos motivos, uno porque una onda sonora encuentra a su paso un pequeño obstáculo y lo rodea. Las bajas frecuencias son más capaces de rodear los obstáculos que las altas. Esto es posible porque las longitudes de onda en el espectro audible están entre 1,7 cm y 17 m, por lo que son lo suficientemente grandes para superar la mayor parte de los obstáculos que encuentran.

El segundo motivo es porque una onda sonora topa con un pequeño agujero y lo atraviesa, la cantidad de difracción estará dada en función del tamaño de la propia abertura y de la longitud de onda²¹.

²⁰ “Reflexión y refracción del sonido”, Sitio Web: http://www.wikillerato.org/Reflexi%C3%B3n_y_refracci%C3%B3n_del_sonido.html (Consultado Noviembre 2012)

²¹ “Física”, Sitio Web: http://es.wikibooks.org/wiki/F%C3%ADsica/Texto_completo (Consultado Noviembre 2012)

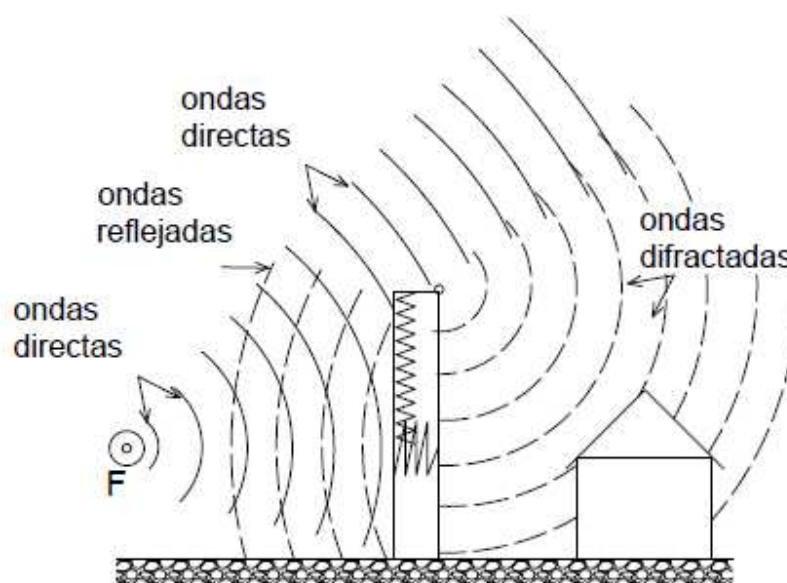


Figura 1. 6 Comportamiento de las ondas ante una pantalla acústica por la difracción del sonido²²

“La propagación de las ondas es diferente dependiendo el tamaño del obstáculo y de la longitud de onda.

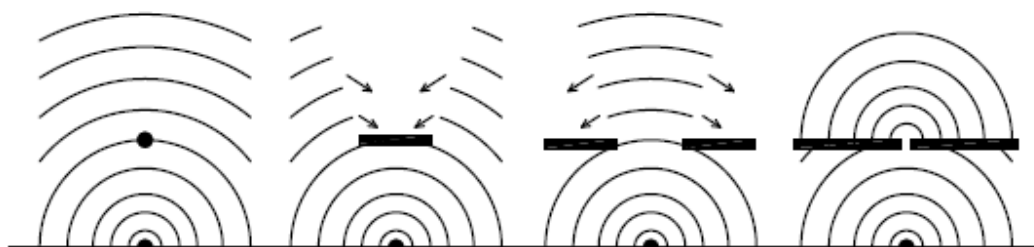


Figura 1. 7 Diferentes casos de difracción²³

En el primer caso la longitud de onda es grande comparada al tamaño del obstáculo por lo que no se altera la radiación del sonido. En segundo caso el obstáculo es grande en términos de longitud de onda por lo que se crea una zona de sombra.

²² “Física”, Sitio Web: http://es.wikibooks.org/wiki/F%C3%ADsica/Texto_completo (Consultado Noviembre 2012 - Gráfico Comportamiento de las ondas ante una pantalla acústica por la difracción del sonido)

²³ Universidad de Cantabria, Escuela Técnica Superior de Ingenieros, Arturo Romero, “Estudio de la Reducción del Ruido Aerodinámico de Trenes de Alta Velocidad con Pantallas Acústicas”, Sitio Web: <http://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/31823/TesisARI.pdf;jsessionid=5B24AE3E198338752F91D74B4B63B622.tdx2?sequence=1> (Consultado Noviembre 2012)

Pese a todo, la difracción hace que parte de sonido pasa creando una zona de sombra y con la difracción a enviado parte del sonido hacia la zona de sombra. En el último caso la abertura es muy pequeña en comparación con la longitud de onda, y la difracción actúa creando una nueva fuente puntual en la abertura, creando nuevos frentes de ondas.

En casos reales, las longitudes de ondas de los sonidos audibles varían dentro de un intervalo que va desde unos pocos centímetros a varios metros y a menudo son grandes respecto a las medidas de las aperturas y obstáculos, por lo cual la difracción del sonido es un hecho habitual que podemos experimentar cuando escuchamos el ruido que se produce en otra habitación, se siente un ruido detrás de la esquina de la calle²⁴.

1.1.1.3.6 Superposición

Cuando se superponen ondas en fase con diferentes frecuencias la interferencia será constructiva y la intensidad resulta grande, pero si en un instante posterior se desfasa debido a que las frecuencias son diferentes, la interferencia será destructiva.

La suma geométrica de dos ondas sinusoidales de frecuencias o de periodos próximos demuestra que la onda resultante no tiene una amplitud constante, sino que varía a lo largo del tiempo. Se dice que es una onda de *amplitud modulada*. Si la amplitud varía, también variará la intensidad del sonido correspondiente, el cual es percibido fuerte y débil de un modo alternativo.

1.1.1.4 Efecto Doppler

El efecto Doppler se refiere al cambio aparente en la frecuencia de una fuente de sonido cuando hay un movimiento relativo de la fuente y del oyente.

²⁴ Universidad de Cantabria, Escuela Técnica Superior de Ingenieros, Arturo Romero, “Estudio de la Reducción del Ruido Aerodinámico de Trenes de Alta Velocidad con Pantallas Acústicas”, Sitio Web: <http://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/31823/TesisARI.pdf;jsessionid=5B24AE3E198338752F91D74B4B63B622.tdx2?sequence=1> (Consultado Noviembre 2012)

Siempre que una fuente sonora se mueve en relación con un oyente, el tono del sonido, como lo escucha el observador, puede no ser el mismo que el que percibe cuando la fuente está en reposo.

El fenómeno no se restringe al movimiento de la fuente. Si la fuente de sonido está fija, un oyente que se mueva hacia la fuente observará un aumento similar en el tono. Un oyente que se aleja de la fuente de sonido escuchará un sonido de menor tono.

En la imagen siguiente se muestra el origen de las pulsaciones y la onda C es una superposición de ondas A y B²⁵.

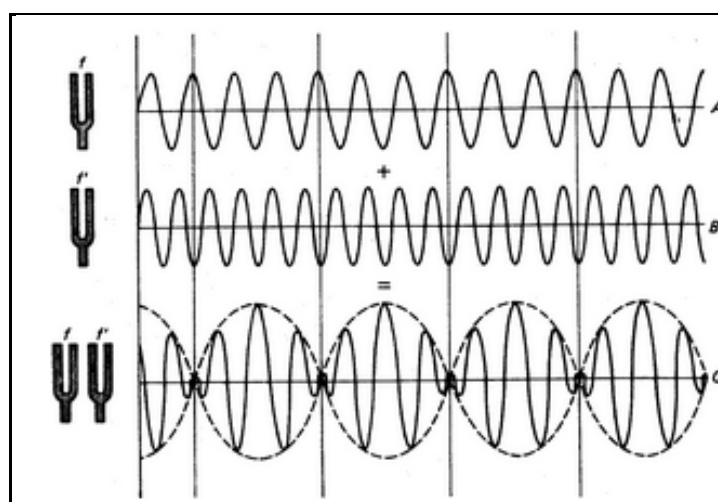


Figura 1. 8 Diagrama que muestra el origen de las pulsaciones. La onda C es una superposición de ondas A y B²⁶

La ecuación general que rige este fenómeno es:

$$f_o = \frac{f_F (v \pm v_o)}{(v \pm v_F)} \quad (1.5)^{27}$$

²⁵ Instituto Tecnológico de Cd Victoria, Leopoldo de la Fuente Silva, “El Sonido”, Sitio Web: <http://www.monografias.com/trabajos5/elso/elso.shtml#efe> (Consultado Noviembre 2012)

²⁶ Instituto Tecnológico de Cd Victoria, Leopoldo de la Fuente Silva, “El Sonido”, Sitio Web: <http://www.monografias.com/trabajos5/elso/elso.shtml#efe> (Consultado Noviembre 2012 – Gráfico Origen de las pulsaciones)

Donde:

f_o = frecuencia del observador

f_F = frecuencia de la fuente

v = velocidad del sonido = $340 \frac{m}{seg}$

v_o = velocidad del observador

v_F = velocidad de la fuente

“Si el observador se acerca a la fuente emisora, el signo en el numerador será + (más) y simultáneamente el signo en el denominador será – (menos).

Si el observador se aleja de la fuente emisora, el signo en el numerador será – (menos) y simultáneamente el signo del denominador será + (más)”²⁸.

1.1.1.5 Velocidad del Sonido

Cualquier persona que haya visto a cierta distancia cómo se dispara un proyectil ha observado el fogonazo del arma antes de escuchar la detonación. Ocurre algo similar al observar el relámpago de un rayo antes de oír el trueno. Aunque tanto la luz como el sonido viajan a velocidades finitas, la velocidad de la luz es tan grande en comparación con la del sonido que pueden considerarse instantánea. La velocidad del sonido se puede medir directamente determinando el tiempo que tardan las ondas en moverse a través de una distancia conocida. En el aire, a 0 °C, el sonido viaja a una velocidad de 331 m/s (1087 ft/s). A la temperatura ambiente (15 °C) la velocidad del sonido es de 340 m/s.

La velocidad a la cual se irradia el sonido a través de un medio depende de la elasticidad de éste. En un material altamente elástico, las fuerzas de restitución de los átomos o de las moléculas causan que una perturbación se propague con más

²⁷ “Efecto Doppler: Fórmulas y cálculos” Registro N° 188.540, Sitio Web: http://www.profesorenlinea.cl/fisica/Efecto_Doppler_Formulas.html (Consultado Noviembre 2012)

²⁸ Instituto Educativo Cristo Rey, “Acústica”, Sitio Web: <http://www.slideshare.net/solzambrano98/guia-efecto-doppler> (Consultado Noviembre 2012)

rapidez. La velocidad del sonido es mayor en sólidos que en líquidos y en líquido mayor que en gases.

La velocidad del sonido depende de la temperatura del medio. A medida que ésta aumenta se incrementa la agitación térmica molecular. Como resultado, una perturbación se propaga con mayor rapidez. Así, la velocidad del sonido en el aire aumenta con la intensificación de temperatura.

Para las ondas sonoras longitudinales en un alambre o varilla, la velocidad de onda está dada por²⁹

$$v = \sqrt{\frac{Y}{\rho}} \quad (1.6)^{30}$$

donde Y es el módulo de Young para el sólido y ρ es su densidad. Esta relación es válida sólo para varillas cuyos diámetros son pequeños en comparación con las longitudes de las ondas sonoras longitudinales que se propagan a través de ellas.

En un sólido extendido, la velocidad de la onda longitudinal es función del módulo de corte S, el módulo de volumen B, y la intensidad ρ del medio. La velocidad de la onda se puede calcular a partir de

$$v = \sqrt{\frac{B + \frac{4}{3}S}{\rho}} \quad (1.7)^{31}$$

Las ondas longitudinales transmitidas en un fluido tienen una velocidad que se determina a partir de

²⁹ Instituto Tecnológico de Cd Victoria, Leopoldo de la Fuente Silva, "Sonido", Sitio Web: <http://www.monografias.com/trabajos5/elso/elso.shtml#velo> (Consultado Noviembre 2012)

³⁰ Instituto Tecnológico de Cd Victoria, Leopoldo de la Fuente Silva, "Sonido", Sitio Web: <http://www.monografias.com/trabajos5/elso/elso.shtml#velo> (Consultado Noviembre 2012 – Ecuación de la velocidad)

³¹ Instituto Tecnológico de Cd Victoria, Leopoldo de la Fuente Silva, "Sonido", Sitio Web: <http://www.monografias.com/trabajos5/elso/elso.shtml#velo> (Consultado Noviembre 2012 – Ecuación de la velocidad de la onda)

$$v = \sqrt{\frac{B}{\rho}} \quad (1.8)^{32}$$

Donde B es módulo de volumen para el fluido y ρ es su densidad.

Para calcular la velocidad del sonido en un gas, el módulo de volumen está dado por

$$B = \gamma P \quad (1.9)^{33}$$

donde γ es la constante adiabática ($\gamma = 1.4$ para el aire y los gases diatómicos) y P es la presión del gas. Por lo tanto, la velocidad de las ondas longitudinales en un gas, partiendo de la ecuación del fluido, está dada por

$$v = \sqrt{\frac{B}{\rho}} = \sqrt{\frac{\gamma P}{\rho}} \quad (1.10)^{34}$$

Pero para un gas ideal

$$\frac{P}{\rho} = \frac{RT}{M} \quad (1.11)^{35}$$

Donde R = constante universal de los gases

T = temperatura absoluta del gas

M = masa molecular del gas

³² Instituto Tecnológico de Cd Victoria, Leopoldo de la Fuente Silva, "Sonido", Sitio Web: <http://www.monografias.com/trabajos5/elso/elso.shtml#velo> (Consultado Noviembre 2012 – Ecuación velocidad de ondas en fluidos)

³³ Instituto Tecnológico de Cd Victoria, Leopoldo de la Fuente Silva, "Sonido", Sitio Web: <http://www.monografias.com/trabajos5/elso/elso.shtml#velo> (Consultado Noviembre 2012 – Ecuación velocidad del sonido en el gas)

³⁴ Instituto Tecnológico de Cd Victoria, Leopoldo de la Fuente Silva, "Sonido", Sitio Web: <http://www.monografias.com/trabajos5/elso/elso.shtml#velo> (Consultado Noviembre 2012- Ecuación de ondas longitudinales en el gas)

³⁵ Instituto Tecnológico de Cd Victoria, Leopoldo de la Fuente Silva, "Sonido", Sitio Web: <http://www.monografias.com/trabajos5/elso/elso.shtml#velo> (Consultado Noviembre 2012 – Ecuación del gas ideal)

Sustituyendo la ecuación nos queda

$$v = \sqrt{\frac{\gamma P}{\rho}} = \sqrt{\frac{\gamma RT}{M}} \quad (1.12)^{36}$$

1.1.1.6 Frecuencias Hz

La frecuencia de una onda sonora se define como el número de pulsaciones (ciclos) que tiene por unidad de tiempo (segundo). La unidad correspondiente a un ciclo por segundo es el hertzio (Hz)³⁷.

La frecuencia tiene una relación inversa con el concepto de longitud de onda, a mayor frecuencia menor longitud de onda y viceversa. La frecuencia f es igual a la velocidad v de la onda, dividido por la longitud de onda λ :

$$f = \frac{v}{\lambda} \quad (1.13)^{38}$$

Cuando las ondas viajan de un medio a otro, como por ejemplo de aire a agua, la frecuencia de la onda se mantiene constante, cambiando sólo su longitud de onda y la velocidad.

1.1.1.7 Decibelio (dB)

El decibelio es una unidad logarítmica de medida, en todos los casos se usa para comparar una cantidad con otra llamada de referencia. Normalmente el valor tomado como referencia es siempre el menor valor de la cantidad. En algunos casos puede ser un valor promediado aproximado.

En Acústica la mayoría de las veces el decibelio se utiliza para comparar la presión sonora, en el aire, con una presión de referencia. Este nivel de referencia tomado en

³⁶ Instituto Tecnológico de Cd Victoria, Leopoldo de la Fuente Silva, "Sonido", Sitio Web: <http://www.monografias.com/trabajos5/elso/elso.shtml#velo> (Consultado Noviembre 2012 – Ecuación total sustituyendo para un gas ideal)

³⁷ "El sonido y sus movidas", Sitio Web: <https://sites.google.com/site/elsonidoysusmovidas/glos> (Consultado Noviembre 2012)

³⁸ "Frecuencia", Sitio Web: <http://es.wikipedia.org/wiki/Frecuencia> (Consultado Noviembre 2012 - Ecuación de la frecuencia de onda)

Acústica, es una aproximación al nivel de presión mínimo que hace que nuestro oído sea capaz de percibirlo. El nivel de referencia varía lógicamente según el tipo de medida que estemos realizando. No es el mismo nivel de referencia para la presión acústica, que para la intensidad acústica o para la potencia acústica.

El espectro de frecuencias audible varía según cada persona, edad, etc. Sin embargo normalmente se acepta como el intervalo entre 20 Hz y 20 kHz³⁹.

1.1.1.8 Nivel de Presión Sonora

El nivel de presión sonora se mide en decibelios (dB) y varía entre 0 dB umbral de audición y 120 dB umbral de dolor. Los sonidos de más de 140 dB pueden causar daños auditivos inmediatos e irreversibles, además de ser bastante dolorosos para la mayoría de las personas.

Para medir el nivel de presión sonora no se suele utilizar el pascal, por el amplio margen que hay entre la sonoridad más intensa y la más débil (entre 200 Pa y 20 μ Pa)⁴⁰.

Como el decibelio es adimensional y relativo, para medir valores absolutos se necesita especificar a qué unidades está referida. En el caso del nivel de presión sonora en aire se toma como referencia 20 μ Pa mientras que en agua se utiliza 1 μ Pa. Las siglas SPL hacen referencia al nivel de presión sonora en inglés *sound pressure level*.

El nivel de presión sonora por definición está dado por la fórmula:

$$L_P = 20 \times \log \frac{P_1}{P_0} \quad (1.14)^{41}$$

³⁹ Miguel Ramirez, "Sonido", Sitio Web: <http://www.monografias.com/trabajos16/sonido/sonido.shtml> (Consultado Noviembre 2012)

⁴⁰ Federico Miraya, "Niveles Sonoros", Sitio Web: <http://www.nonoise.org/quietnet/sienc/niveles.htm> (Consultado Noviembre 2012)

⁴¹ Federico Miraya, "Niveles Sonoros", Sitio Web: <http://www.nonoise.org/quietnet/sienc/niveles.htm> (Consultado Noviembre 2012 - Ecuación del nivel de presión sonora)

En donde:

- P_1 es la media cuadrática de la presión sonora instantánea.
- P_0 es la presión de referencia y se toma como referencia $20 \mu\text{Pa}$.
- \log es un logaritmo decimal

1.1.2 RUIDO ACÚSTICO

En cualquier lugar existe ruido procedente de diferentes fuentes, unas próximas y otras lejanas, puede venir reflejando por las superficies, e incluso una parte de él, puede proceder de todas las direcciones. El ruido total asociado con un determinado entorno se llama "Ruido Ambiental". El Nivel de Ruido no es más que el nivel de presión sonora de un sonido no deseado.

1.1.2.1 Tipos de Ruido

Todo ruido se puede considerar como una señal deseada cuando se va a medir, aunque esto solo sea momentáneamente.

Para que las medidas sean significativas, el nivel de ruido de fondo deberá ser al menos 10 dB inferior al nivel de la señal. La relación entre el nivel de la señal y el nivel de ruido de fondo se llama relación señal/ruido.

1.1.2.1.1 Ruido de fondo

Es el ruido circundante, asociado con un entorno dado siendo generalmente una composición de sonidos de muchas fuentes cercanas o lejanas.

1.1.2.1.2 Ruido aleatorio

Es una cantidad fluctuante, cuyas amplitudes instantáneas aparecen, como función del tiempo, de acuerdo con una distribución (gaussiana).

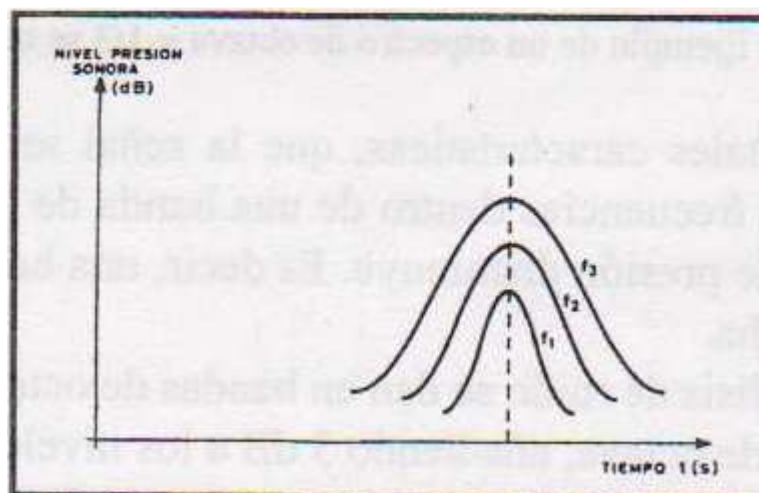


Figura 1. 9 Representación gráfica del ruido aleatorio⁴²

1.1.2.1.3 Ruido blanco

Es de naturaleza estadísticamente aleatoria, es decir que tiene igual energía por ancho de banda de frecuencia, sobre una banda total específica. Es decir, si el nivel de presión sonora medido con un analizador es constante en un amplio margen de frecuencias, se dice que el espectro sonoro es plano, llamando al ruido blanco.

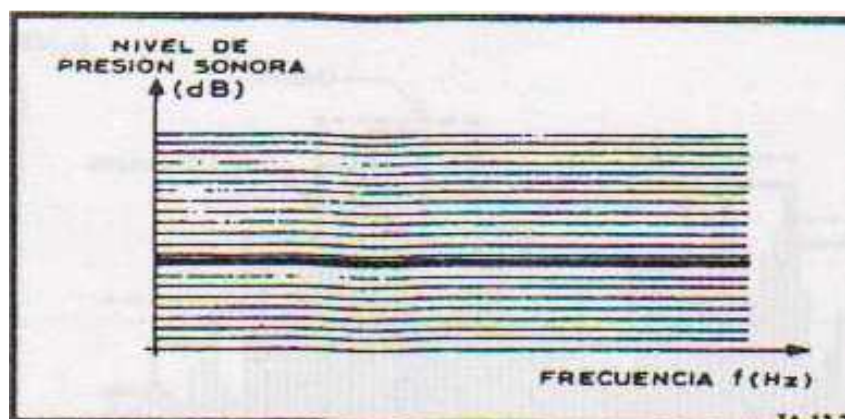


Figura 1. 10 Representación gráfica del ruido blanco⁴³

⁴² Manuel Recuero López, Ingeniería Acústica, Editorial Paraninfo, Año 2000 (Consultado Diciembre 2012 – Gráfico Ruido Aleatorio)

⁴³ Manuel Recuero López, Ingeniería Acústica, Editorial Paraninfo, Año 2000 (Consultado Diciembre 2012 – Gráfico Ruido Blanco)

1.1.2.1.4 Ruido continuo constante

Es aquel cuyo nivel de presión sonora medido en bandas de octava, no fluctúa a lo largo del tiempo.



Figura 1. 11 Representación gráfica del ruido continuo constante⁴⁴

1.1.2.1.5 Ruido constante pero intermitente

Es análogo al continuo, pero fluctuando en un margen moderado a lo largo del tiempo.

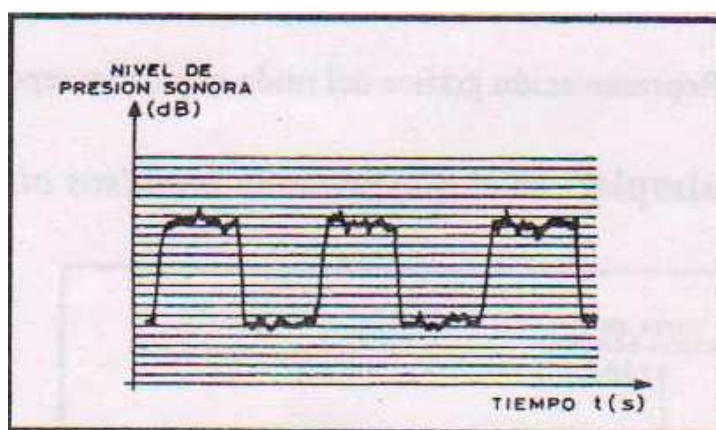


Figura 1. 12 Representación gráfica del ruido constante pero intermitente⁴⁵

⁴⁴ Manuel Recuero López, Ingeniería Acústica, Editorial Paraninfo, Año 2000 (Consultado Diciembre 2012 – Gráfico Ruido Continuo Constante)

1.1.2.1.6 Ruido fluctuante periódicamente

Es análogo al continuo, pero fluctuando periódicamente con el tiempo.

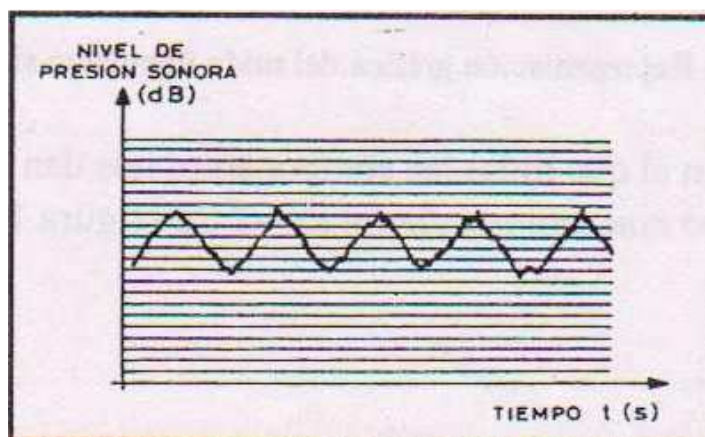


Figura 1. 13 Representación gráfica del ruido fluctuante periódico⁴⁶

1.1.2.1.7 Ruido fluctuante no periódico

De características análogas a las anteriores, pero con largas fluctuaciones irregulares no periódicas.

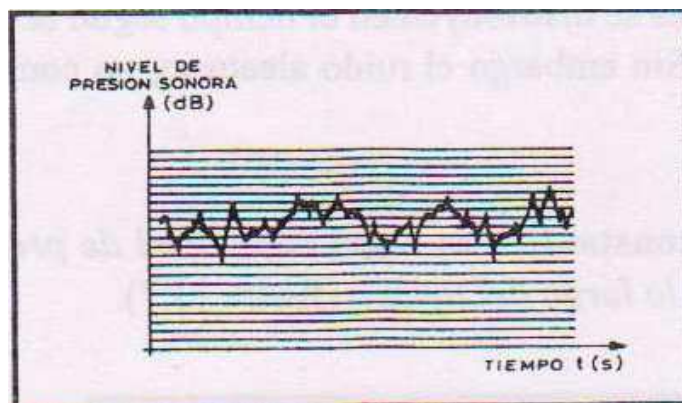


Figura 1. 14 Representación gráfica del ruido fluctuante no periódico⁴⁷

⁴⁵ Manuel Recuero López, Ingeniería Acústica, Editorial Paraninfo, Año 2000 (Consultado Diciembre 2012 – Gráfico Ruido Constante pero intermitente)

⁴⁶ Manuel Recuero López, Ingeniería Acústica, Editorial Paraninfo, Año 2000 (Consultado Diciembre 2012 – Gráfico Ruido Fluctuante Periódico)

⁴⁷ Manuel Recuero López, Ingeniería Acústica, Editorial Paraninfo, Año 2000 (Consultado Diciembre 2012 – Gráfico Ruido Fluctuante no periódico)

1.1.2.1.8 Ruido impulsivo repetitivo

Es aquel que presenta impulsos repetitivos análogos.

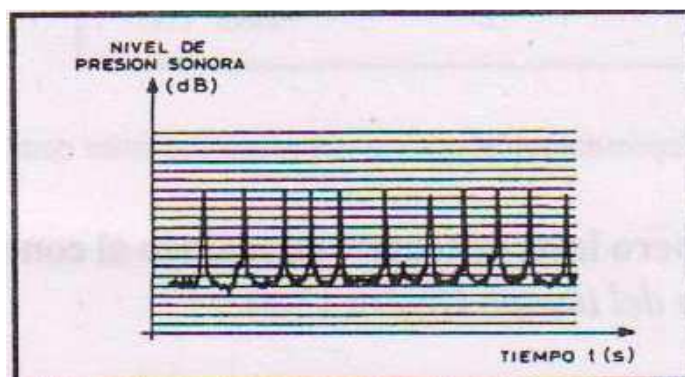


Figura 1. 15 Representación gráfica del ruido impulsivo repetitivo⁴⁸

1.1.2.1.9 Ruido impulsivo simple

Es aquel ruido que presenta impulsos aislados. En cada impulso, su intensidad aumenta bruscamente.

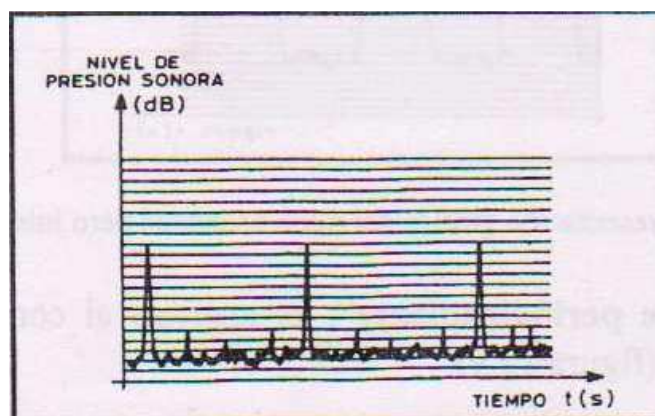


Figura 1. 16 Representación gráfica del ruido impulsivo simple⁴⁹

⁴⁸ Manuel Recuero López, Ingeniería Acústica, Editorial Paraninfo, Año 2000 (Consultado Diciembre 2012 – Gráfico Ruido Impulsivo Repetitivo)

⁴⁹ Manuel Recuero López, Ingeniería Acústica, Editorial Paraninfo, Año 2000 (Consultado Diciembre 2012 – Gráfico Ruido Impulsivo Simple)

1.1.2.1.10 Ruido rosa

Es en el que todas las componentes nos dan el mismo nivel subjetivo, es decir, es el ruido blanco pero con una pendiente de -3 dB. Este ruido se puede definir como el que tiene igual energía por octava dentro del rango de frecuencias audibles.

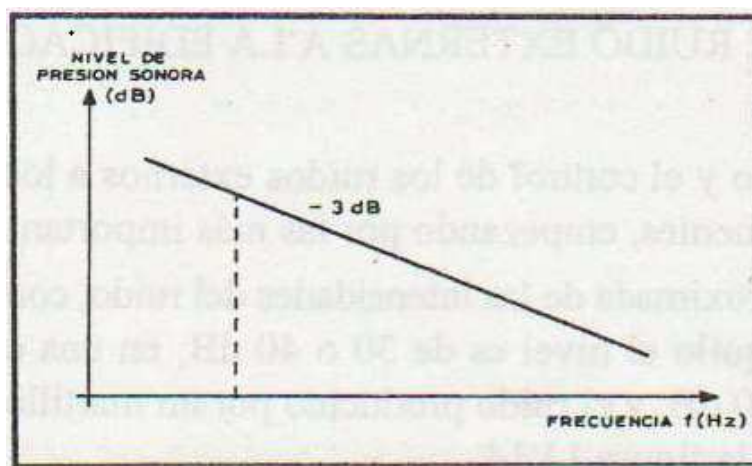


Figura 1. 17 Representación gráfica del ruido rosa⁵⁰

1.1.2.2 Índices de Valoración de ruido

Dado que se ha demostrado que el ruido afecta al ser humano, el cual se encuentra expuesto en todo momento al ruido, se ha creado una escala de relación entre ambos, la cual es llamada índice.

De esta forma se puede dar rangos de valores que no pueden ser superados, y al compararse un índice medido con un admitido, se lo llama evaluación de ruido.

Para obtener el valor de un índice, se necesita de factores como: medida única, espectro de frecuencias, análisis estadístico en el tiempo, combinación de la anteriores⁵¹.

⁵⁰ Manuel Recuero López, Ingeniería Acústica, Editorial Paraninfo, Año 2000 (Consultado Diciembre 2012 – Gráfico Ruido Rosa)

⁵¹ Manuel Recuero López, Ingeniería Acústica, Editorial Paraninfo, Año 2000 (Consultado Diciembre 2012)

Frecuencia (Hz)	Ponderación A	Ponderación B	Ponderación C	Ponderación D
31,5	-39,4	-17,1	-3,0	-
40	-34,6	-14,2	-2,0	-
50	-30,2	-11,6	-1,3	-12,8
63	-26,2	-9,3	-0,8	-10,9
80	-22,5	-7,4	-0,5	9,0
100	-19,1	-5,6	-0,3	-7,2
125	-16,1	-4,2	-0,2	-5,5
160	-13,4	-3,0	-0,1	-4,0
200	-10,9	-2,0	0	-2,6
250	-8,6	-1,3	0	-1,6
315	-6,6	-0,8	0	-0,8
400	-4,8	-0,5	0	-0,4
500	-3,2	-0,3	0	-0,3
630	-1,9	-0,1	0	-0,5
800	-0,8	0	0	-0,6
1.000	-0	0	0	0
1.250	+0,6	0	0	+2,0
1.600	+1,0	0	-0,1	+4,9
2.000	+1,2	-0,1	-0,2	+7,9
2.500	+1,3	-0,2	-0,3	+10,6
3.150	+1,2	-0,4	-0,5	+11,6
4.000	+1,0	-0,7	-0,8	+11,1
5.000	+0,5	-1,2	-1,3	+9,6
6.300	-0,1	-1,9	-2,0	+7,6
8.000	-1,1	-2,9	-3,0	+5,5
10.000	-2,5	-4,4	-4,4	+3,4

Tabla 1. 2: Ponderaciones A, B, C y D para diferentes frecuencias⁵²

1.1.2.3 Índices de valoración de Diferentes fuentes de ruido

1.1.2.3.1 Nivel de presión acústica en toda banda

“Es el nivel sin ponderar en el rango de frecuencias audibles”⁵³

1.1.2.3.2 Nivel de presión acústica ponderado

Escala de medida de niveles debida a curvas de ponderación respecto a las normas UNE.

⁵² Manuel Recuero López, Ingeniería Acústica, Editorial Paraninfo, Año 2000 (Consultado Diciembre 2012 – Tabla de Ponderaciones)

⁵³ “Índices de Valoración de Ruido”, Sitio Web: http://www.lpi.tel.uva.es/~nacho/docencia/ing_ond_1/trabajos_04_05/io6/public_html/Indice.html (Consultado Diciembre 2012)

- ✓ Ponderación A.- Sigue aproximadamente a la isofónica de 40 fonos dB (A).
- ✓ Ponderación B.- Sigue aproximadamente a la isofónica de 70 fonos dB (B).
- ✓ Ponderación C.- Sigue aproximadamente a la isofónica de 100 fonos dB (C).
- ✓ Ponderación D.- Sigue aproximadamente el contorno de sonoridad (ruido de aviones) dB (D).
- ✓ Ponderación E.- Realiza estimación del nivel sonoro percibido dB (E).
- ✓ Ponderación SI.- Para medir el nivel de interferencia conversacional dB (SI).
- ✓ Nivel de Sonoridad.- De un sonido es de n fonos dB, cuando un oyente normal, la sonoridad es equivalente a la de un sonido puro de 1000 Hz continuo.
- ✓ Son o Sonio.- Es la sonoridad de un tono de 1 KHz y un nivel de intensidad de 40 dB⁵⁴.

Los niveles de sonoridad se miden en fonos, que se obtienen gráficamente o con la siguiente fórmula:

Fórmula Sonos

$$\text{Sonos} = 10^{\left(\frac{\text{Fonos}-40}{30}\right)} (1.15)^{55}$$

⁵⁴ “Índices de Valoración de Ruido”, Sitio Web: http://www.lpi.tel.uva.es/~nacho/docencia/ing_ond_1/trabajos_04_05/io6/public_html/Indice.html (Consultado Diciembre 2012)

⁵⁵ Manuel Recuero López, Ingeniería Acústica, Editorial Paraninfo, Año 2000 (Consultado Diciembre 2012)

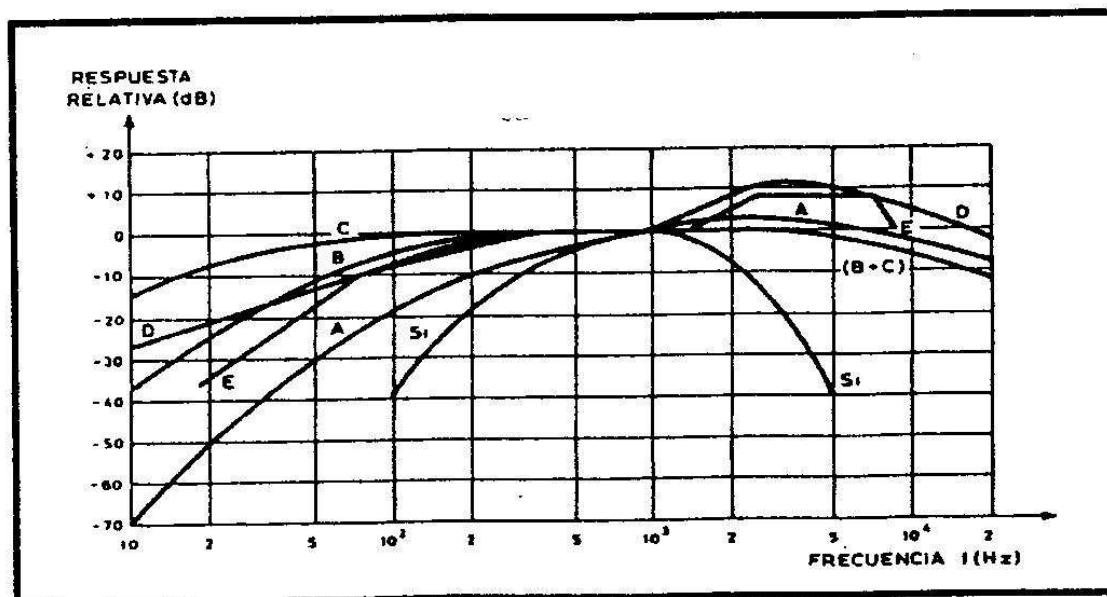


Figura 1. 18 Curvas de Ponderación estandarizadas internacionalmente⁵⁶

1.1.2.4 Índices de valoración del ruido de tráfico de vehículos automóviles

1.1.2.4.1 Nivel sonoro continuo equivalente (L_{eq})

Es el nivel en dB (A) de un ruido constante hipotético, correspondiente a la misma cantidad de energía que el ruido real considerado, en un punto determinado durante un período de tiempo T.

Fórmula Nivel sonoro continuo equivalente:

$$L_{eq} = 10 \log \frac{1}{T} \int_0^T \left[\frac{P_A}{P_0} \right]^2 dt \quad \text{ó} \quad L_{eq} = 10 \log \frac{1}{T} \sum t_i (10)^{L_i/10} \quad (1.16)^{57}$$

⁵⁶ Manuel Recuero López, Ingeniería Acústica, Editorial Paraninfo, Año 2000 (Consultado Diciembre 2012 – Gráfico Curvas de Ponderación)

⁵⁷ Manuel Recuero López, Ingeniería Acústica, Editorial Paraninfo, Año 2000 (Consultado Diciembre 2012)

Donde:

T: Período de tiempo de medición.

P_A : Presión acústica instantánea ponderada en A.

P_O : Presión acústica de referencia.

T_i : Periodo de tiempo de medición durante el cual el nivel es $L_i = \pm 2,5$ dB (A).

1.1.2.5 Índices de valoración del ruido de aviones

1.1.2.5.1 Nivel de ruido percibido LPN, o nivel de pico

Representa el nivel subjetivo total producido por el paso de un avión, en función del nivel máximo, de su composición espectral y de la evolución del ruido con el tiempo⁵⁸.

1.1.2.6 Otros índices de valoración de ruido

1.1.2.6.1 Curvas de Valoración NR

Permite asignar al espectro en frecuencias de ruido, medido en bandas de octava. La forma de las curvas indica el aumento de la sensibilidad del oído con el aumento de la frecuencia y la forma espectral de los ruidos más frecuentes, disminuye con el aumento de la frecuencia.

⁵⁸ Manuel Recuero López, Ingeniería Acústica, Editorial Paraninfo, Año 2000 (Consultado Diciembre 2012)

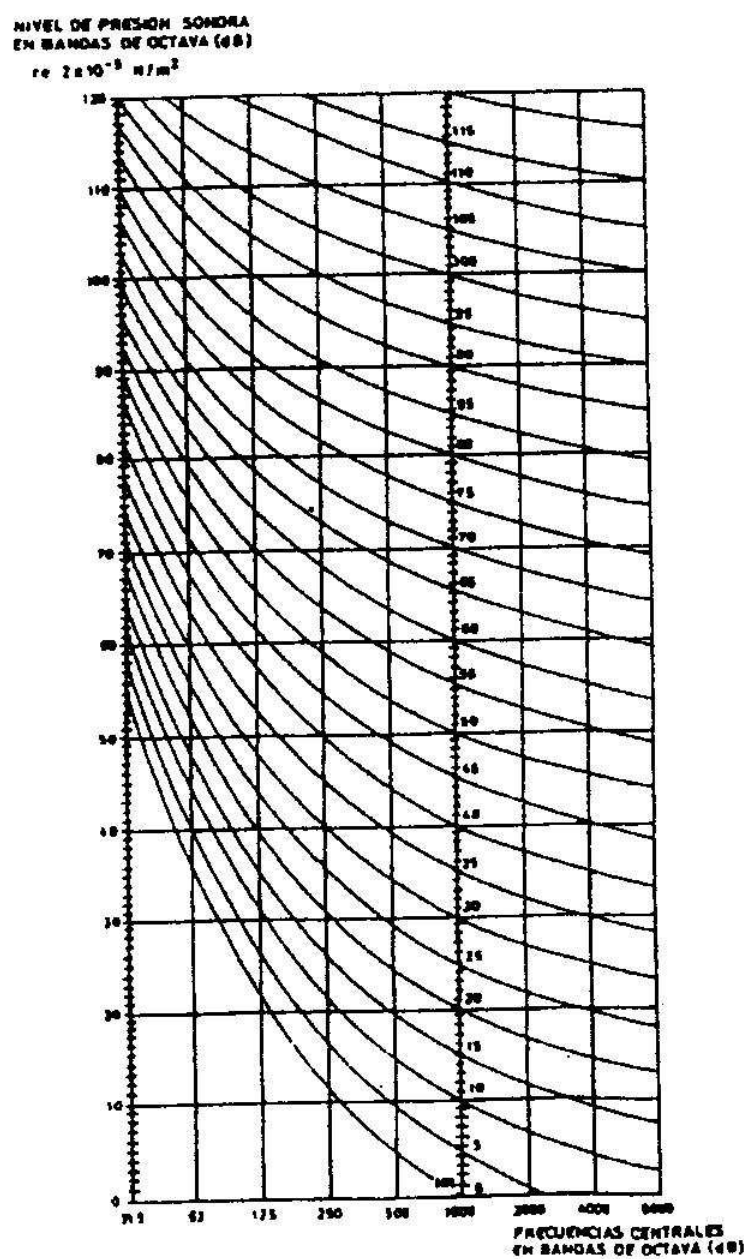


Figura 1. 19 Curvas de valoración de ruido NR⁵⁹

⁵⁹ Manuel Recuero López, Ingeniería Acústica, Editorial Paraninfo, Año 2000 (Consultado Diciembre 2012 – Gráfico Curvas de valoración de ruido NR)

Tipos de recintos	Rango de niveles NR que pueden aceptarse
Talleres.....	60-70
Oficinas mecanizadas.....	50-55
Gimnasios, salas de deporte, piscinas.....	40-50
Restaurantes, bares, cafeterías.....	35-45
Despachos , bibliotecas, salas de Justicia.....	30-40
Cines, hospitales, iglesias, pequeñas salas de conferencias.....	25-35
Aulas, estudios de televisión, grandes salas de conferencias.....	20-30
Salas de conciertos, teatros.....	20-25
Clínicas, recintos para audiometrías.....	10-20

Tabla 1. 3: Valores recomendados del índice NR para diferentes locales⁶⁰

NR	Niveles de presión sonora en bandas de octava (dB)								
	Frecuencias centrales (Hz)								
	31,5	63	125	250	500	1.000	2.000	4.000	8.000
0	55,4	35,5	22,0	12,0	4,8	0	-3,5	-6,1	-8,0
5	58,8	39,4	26,3	16,6	9,7	5	1,6	-1,0	-2,8
10	62,2	43,4	30,7	21,3	14,5	10	6,6	4,2	2,3
15	65,6	47,3	35,7	25,9	19,4	15	11,7	9,3	7,4
20	69,0	51,3	39,4	30,6	24,3	20	16,8	14,4	12,6
25	72,4	55,2	43,7	35,2	29,2	25	21,9	19,5	17,7
30	75,8	59,2	48,1	39,9	34,0	30	26,9	24,7	22,9
35	79,2	63,1	52,4	44,5	38,9	35	32,0	29,8	28,0
40	82,6	67,1	56,8	49,2	43,8	40	37,1	34,9	33,2
45	86,0	71,0	61,1	53,6	48,6	45	42,2	40,0	38,3
50	89,4	75,0	65,5	58,5	53,5	50	47,2	45,2	43,5
55	92,9	78,9	69,8	63,1	58,4	55	52,3	50,3	48,6
60	96,3	82,9	74,2	67,8	63,2	60	57,4	55,4	53,8
65	99,7	86,8	78,5	72,4	68,1	65	62,5	60,5	58,9
70	103,1	90,8	82,9	77,1	73,0	70	67,5	65,7	64,1
75	106,5	94,7	87,2	81,7	77,9	75	72,6	70,8	69,2
80	109,9	98,7	91,6	86,4	82,7	80	77,7	75,9	74,4
85	113,3	102,6	95,9	91,0	87,6	85	82,8	81,0	79,5
90	116,7	106,6	100,3	95,7	92,5	90	87,8	86,2	84,7
95	120,1	110,5	104,6	100,3	97,3	95	92,9	91,3	89,8
100	123,5	114,5	109,0	105,0	102,2	100	98,0	96,4	95,0
105	126,9	118,4	113,3	109,6	107,1	105	103,1	101,5	100,1
110	130,3	122,4	117,7	114,3	111,9	110	108,1	106,7	105,3
115	133,7	126,3	122,0	118,9	116,8	115	113,2	111,8	110,4
120	137,1	130,3	126,4	123,6	121,7	120	118,3	116,9	115,6
125	140,5	134,2	130,7	128,2	126,6	125	123,4	122,0	120,7
130	143,9	138,2	135,1	132,9	131,4	130	128,4	127,2	125,9

Tabla 1. 4: Valores del nivel de presión sonora correspondiente al índice NR⁶¹

⁶⁰ Manuel Recuero López, Ingeniería Acústica, Editorial Paraninfo, Año 2000 (Consultado Diciembre 2012 – Tabla de valores recomendados del índice NR)

⁶¹ Manuel Recuero López, Ingeniería Acústica, Editorial Paraninfo, Año 2000 (Consultado Diciembre 2012 – Tabla de valores del nivel de presión sonora)

1.1.3 NIVEL DEL RUIDO

El nivel normal de ruido existente en un espacio ambiental sobre el que debe imponerse aquél que nos interesa escuchar o medir.

1.1.3.1 Nivel Sonoro con Ponderación A

El nivel de presión sonora tiene la ventaja de ser una medida objetiva y bastante cómoda de la intensidad del sonido, pero tiene la desventaja de que está lejos de representar con precisión lo que realmente se percibe.

Esto se debe a que la sensibilidad del oído depende fuertemente de la frecuencia. En efecto, mientras que un sonido de 1 kHz y 0 dB ya es audible, es necesario llegar a los 37 dB para poder escuchar un tono de 100 Hz, y lo mismo es válido para sonidos de más de 16 kHz.

Cuando esta dependencia de la frecuencia de la sensación de sonoridad fue descubierta y medida (por Fletcher y Munson, en 1933, ver gráfica), se pensaba que utilizando una red de **filtrado** adecuada sería posible medir esa sensación en forma objetiva.

Esta red de filtrado tendría que atenuar las bajas y las muy altas frecuencias, dejando las medias casi inalteradas.

En otras palabras, tendría que intercalar unos controles de graves y agudos al mínimo antes de realizar la medición⁶².

⁶² Federico Miyara, "Niveles Sonoros", Sitio Web: <http://www.fceia.unr.edu.ar/acustica/biblio/niveles.htm> (Consultado Diciembre 2012)

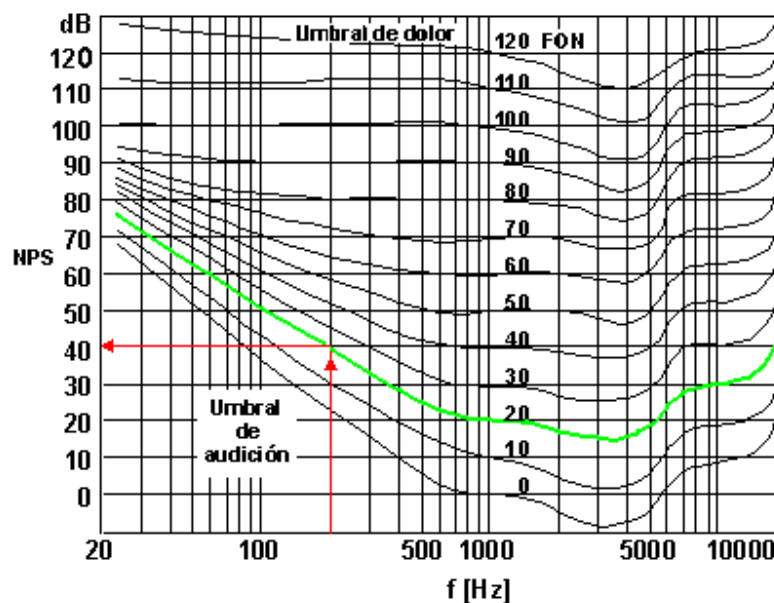


Figura 1. 20 Curvas de Fletcher y Munson⁶³

Se encuentra sin embargo algunas dificultades para implementar tal instrumento o sistema de medición. El más obvio era que el oído se comporta de diferente manera con respecto a la dependencia de la frecuencia *para diferentes niveles físicos del sonido*. Por ejemplo, a muy bajos niveles, sólo los sonidos de frecuencias medias son audibles, mientras que a altos niveles, todas las frecuencias se escuchan más o menos con la misma sonoridad. Por lo tanto parecía razonable diseñar tres redes de ponderación de frecuencia correspondientes a niveles de alrededor de 40 dB, 70 dB y 100 dB, llamadas A, B y C respectivamente. La red de ponderación A (también denominada a veces red de compensación A) se aplicaría a los sonidos de bajo nivel, la red B a los de nivel medio y la red C a los de nivel elevado. El resultado de una medición efectuada con la red de ponderación A se expresa en decibeles A, abreviados dBA o algunas veces dB(A), y análogamente para las otras.

Primero se debía obtener un valor aproximado para decidir cuál de las tres redes había que utilizar, y luego realizar la medición con la ponderación adecuada.

⁶³ Federico Miyara, "Niveles Sonoros", Sitio Web: <http://www.fceia.unr.edu.ar/acustica/biblio/niveles.htm> (Consultado Diciembre 2012 - Gráfico Curvas de Fletcher y Munson)

La segunda dificultad importante proviene del hecho de que las curvas de Fletcher y Munson son sólo promedios estadísticos, con una desviación estándar bastante grande. Esto significa que los valores obtenidos son aplicables a poblaciones no a individuos específicos. Más aún, son aplicables a poblaciones jóvenes y otológicamente normales, ya que las mediciones se realizaron con personas de dichas características.

La tercera dificultad tiene que ver con el hecho de que las curvas de Fletcher y Munson fueron obtenidas para tonos puros, es decir sonidos de una sola frecuencia, los cuales son muy raros en la Naturaleza. La mayoría de los sonidos de la vida diaria, tales como el ruido ambiente, la música o la palabra, contienen muchas frecuencias simultáneamente. Ésta ha sido tal vez la razón principal por la cual la intención original detrás de las ponderaciones A, B y C fue un fracaso.

Estudios posteriores mostraron que el nivel de sonoridad, es decir la magnitud expresada en una unidad llamada fon que corresponde al nivel de presión sonora (en decibeles sin ponderación) de un tono de 1 kHz igualmente sonoro, no constituía una auténtica escala.

La tabla de decibeles (dB) a continuación compara algunos sonidos comunes y muestra cómo se clasifican desde el punto de vista del daño potencial para la audición. El ruido comienza a dañar la audición a niveles de alrededor de 70 dBA. Para el oído, un incremento de 10 dB implica duplicar la sonoridad⁶⁴.

Niveles Sonoros y Respuesta Humana		
Sonidos característicos	Nivel de presión sonora [dB]	Efecto
Zona de lanzamiento de cohetes (sin protección auditiva)	180	Pérdida auditiva irreversible
Operación en pista de jets	140	Dolorosamente fuerte

Continúa

⁶⁴ Federico Miyara, "Niveles Sonoros", Sitio Web: <http://www.fceia.unr.edu.ar/acustica/biblio/niveles.htm> (Consultado Diciembre 2012)

Sirena antiaérea		
Trueno	130	
Despegue de jets (60 m) Bocina de auto (1 m)	120	Máximo esfuerzo vocal
Martillo neumático Concierto de Rock	110	Extremadamente fuerte
Camión recolector Petardos	100	Muy fuerte
Camión pesado (15 m) Tránsito urbano	90	Muy molesto Daño auditivo (8 Hrs)
Reloj Despertador (0,5 m) Secador de cabello	80	Molesto
Restaurante ruidoso Tránsito por autopista Oficina de negocios	70	Difícil uso del teléfono
Aire acondicionado Conversación normal	60	Intrusivo
Tránsito de vehículos livianos (30 m)	50	Silencio
Dormitorio Oficina tranquila	40	
Biblioteca Susurro a 5 m	30	Muy silencioso
Estudio de radiodifusión	20	
	10	Apenas audible
	0	Ubral auditivo

Tabla 1. 5: Niveles Sonoros y Respuesta Humana⁶⁵

⁶⁵ Federico Miyara, "Niveles Sonoros", Sitio Web: <http://www.fceia.unr.edu.ar/acustica/biblio/niveles.htm> (Consultado Diciembre 2012 - Tabla de Niveles Sonoros y Respuesta Humana)

1.1.4 MODELOS DE FUENTES DE RUIDO

Las fuentes de ruido son la causa capaz de emitir sonido indeseable que contamina al ambiente.

1.1.4.1 Modelos de Predicción

Los modelos de predicción se aplican en general al ruido generado en carreteras, aeropuertos, ferrocarriles e industrias. En la actualidad, consiste en utilizar un software adecuado que tenga la capacidad de realizar distintos tipos de modelaciones. Si no se cuenta con el software, es necesario realizar estudios prácticos para con los datos obtenidos, tratar de modelar los resultados en una fórmula matemática que se acerque más a la realidad de los resultados, esa sería la ecuación que prediga como el ruido actúa en cierto lugar y ayude a estudiar los posibles efectos que produzca.



Figura 1. 21 Modelo de predicción⁶⁶

Un ejemplo sobre este modelo, es el aplicado en España, en la ciudad de León, para una vía urbana tipo L. En este modelo se utilizaron datos estadísticos recogidos de un mapa acústico. El principal ruido que afecta a las vías es el de tráfico, cuyos

⁶⁶ David Sanz- Contaminación-Ecología-Contaminación Acústica, “Nuevo Modelo para predecir el ruido de las ciudades”, 22 de Noviembre de 2011, Sitio Web: <http://www.ecologiaverde.com/nuevo-modelo-para-predecir-el-ruido-de-las-ciudades/> (Consultado Diciembre 2012)

factores son muchos, como por ejemplo: el ruido de un solo vehículo, el ruido de un conjunto de vehículos, la pendiente de la calle o el tipo de vía.

Los principales datos usados fueron:

Leq = Nivel de ruido equivalente en dBA, medido en cada punto.

Vpe/h = Número de vehículos pesados (camiones, autobuses, etc.) por hora en cada punto.

Vli/h = Número de vehículos ligeros (coches) por hora en cada punto.

Mot/h = Número de motocicletas por hora en cada punto.

Altura = Altura de los edificios (metros).

Anchura = Anchura de la calle (metros).

Tipo = Calles es “U”, “L”, calles abiertas, plazas.

Sentido = Doble, único, calles peatonales.

CA = Carriles de aparcamiento: uno, dos, ninguno.

TP = Tipo de pavimento: asfalto, hormigón, piedra, otros tipos especiales de pavimento.

Para el tipo de calle en L se utilizó un modelo denominado “modelo de potencia” cuya ecuación aplicada fue:

$$L_{eq} = 46,772(N^{\circ} vehic)^{0,068} + \Delta ancho + \Delta alto \quad (1.17)^{67}$$

Fórmula: Nivel de presión sonora equivalente

Siendo:

N^o vehic = N^o coches + N^o motos + N^o pesados
 Δ alto = +1 dBA, para altura de edificios < 13 m
 Δ ancho = +1,3 dBA para anchura ≤ 10 m
 -1 dBA, para anchura > 10 m
 0 dBA, si no se dispone de la anchura

⁶⁷ TecniAcústica, Cadiz 2009, “Estudio de un modelo de predicción de ruido para un determinado tipo de vía urbana en la ciudad de León”, Sitio Web: <http://acustica.unileon.es/wp-content/uploads/2012/04/Estudio-de-un-modelo-de-predicci%C3%B3n-de-ruido-para-un-determinado-tipo-de-via-urbana-en-la-ciudad-de-le%C3%B3n-Cadiz-2009.pdf> (Consultado Diciembre 2012)

Cabe mencionar que el modelo solo funciona debidamente cuando el número de vehículos está entre 20 y 750 cada hora.

1.1.4.2 Modelos de Ruido Industrial

Para ingresar áreas industriales en un modelo de predicción de ruido es necesario hacerlo a través de fuentes puntuales, fuentes lineales y fuentes superficiales. Es por esto que el software tiene un módulo para ingresar la información necesaria para cada uno de los tipos de fuente.

Por ejemplo para el sector industrial en Lima Perú, el modelo más aconsejado es el ISO 9613, el cual consiste en la aplicación de algoritmos de bandas de octava con bandas de frecuencias medias (63 Hz a 8 KHz) para calcular la atenuación acústica desde un origen hacia un destino. Las predicciones se basan en niveles de potencia de la fuente emisora en bandas de octava.

Se realizan además algunos cálculos como la atenuación debido a la atmósfera, atenuación de objetos que actúan como pantallas acústicas, atenuación por reflexiones, finalmente, atenuación de ruido por efectos misceláneos (como por ejemplo atenuación de tuberías, cajas, etc.).



Figura 1. 22 Modelo de ruido industrial⁶⁸

⁶⁸ “Auditorias de Seguridad e Higiene Industrial Niveles de Ruido”, Sitio Web: <http://toluca.anunciosya.com.mx/auditorias-de-seguridad-e-higiene-industrial-niveles-de-ruido-en-toluca-3qBp>

Fórmula Modelo de ruido industrial:

$$LI_{t,per} = L_{DW} - C_m - C_{t,per} \quad (1.18)^{69}$$

$$L_{DW} = L_W - R - A \quad (1.19)^{70}$$

Siendo:

- ✓ $LI_{t,per}$: SPL medio durante el periodo de evaluación en dBA
- ✓ C_m : Corrección meteorológica en dB
- ✓ $C_{t,per}$: Corrección por actividad de la fuente durante la evaluación, en dBA
- ✓ L_{DW} : SPL continuo equivalente en dBA
- ✓ L_W : Nivel de potencia sonora en dBA por octava (ref. 1pW)
- ✓ R : Reducción de la potencia sonora emitida por la fuente, en dB/octava
- ✓ A : Atenuación en dB por banda de octava

Fórmula Atenuación:

Cálculo de la atenuación A

$$A = D_C + A_{div} + A_{atm} + A_{ground} + A_{bar} + A_{fol} + A_{site} + A_{hous} \quad dB \quad (1.20)^{71}$$

⁶⁹ “Modelos Numéricos de Predección Acústica”, Antonio Notario Tévar, Sitio Web: http://www.dipucadiz.es/opencms/export/sites/default/dipucadiz/areas/medioAmb_depor/medio_amb/Servicios/a_sist_mun/ruidos/docu_curso/Modelos_numericos_2008.pdf (Consultado Diciembre 2012 - Fórmula Modelo de Ruido Industrial)

⁷⁰ “Modelos Numéricos de Predección Acústica”, Antonio Notario Tévar, Sitio Web: http://www.dipucadiz.es/opencms/export/sites/default/dipucadiz/areas/medioAmb_depor/medio_amb/Servicios/a_sist_mun/ruidos/docu_curso/Modelos_numericos_2008.pdf (Consultado Diciembre 2012 - Fórmula Modelo de Ruido Industrial 2)

⁷¹ “Modelos Numéricos de Predección Acústica”, Antonio Notario Tévar, Sitio Web: http://www.dipucadiz.es/opencms/export/sites/default/dipucadiz/areas/medioAmb_depor/medio_amb/Servicios/a_sist_mun/ruidos/docu_curso/Modelos_numericos_2008.pdf (Consultado Diciembre 2012 - Fórmula Atenuación)

Siendo:

- ✓ $L_{i,per}$: SPL medio durante el periodo de evaluación en dBA
- ✓ D_C : corrección por directividad en dB
- ✓ A_{div} : divergencia geométrica en dB
- ✓ A_{atm} : absorción atmosférica en dB/octava
- ✓ A_{ground} : absorción del terreno en dB/octava
- ✓ A_{bar} : atenuación por apantallamiento en dB/octava
- ✓ A_{roj} : atenuación de la vegetación en dB/octava
- ✓ A_{site} : atenuación de emplazamientos industriales en dB/octava
- ✓ A_{hous} : atenuación de las viviendas en dB/octava

1.1.4.3 Modelos de ruido de tráfico rodado

Un ejemplo sobre este modelo, es el aplicado en España, en la ciudad de León, para una vía urbana tipo L. En este modelo se utilizaron datos estadísticos recogidos de un mapa acústico. El principal ruido que afecta a las vías es el de tráfico, cuyos factores son muchos, como por ejemplo: el ruido de un solo vehículo, el ruido de un conjunto de vehículos, la pendiente de la calle o el tipo de vía.



Figura 1. 23 Modelo de ruido de tráfico rodado⁷²

⁷² “Impacto Acústico de Infraestructuras”, Sitio Web: http://www.acustinet.com/ruido_infraestructuras.htm (Consultado Diciembre 2012)

Los principales datos usados fueron:

Leq = Nivel de ruido equivalente en dBA, medido en cada punto.

Vpe/h = Número de vehículos pesados (camiones, autobuses, etc.) por hora en cada punto.

Vli/h = Número de vehículos ligeros (coches) por hora en cada punto.

Mot/h = Número de motocicletas por hora en cada punto.

Altura = Altura de los edificios (metros).

Anchura = Anchura de la calle (metros).

Tipo = Calles es "U", "L", calles abiertas, plazas.

Sentido = Doble, único, calles peatonales.

CA = Carriles de aparcamiento: uno, dos, ninguno.

TP = Tipo de pavimento: asfalto, hormigón, piedra, otros tipos especiales de pavimento.

Para el tipo de calle en L se utilizó un modelo denominado "modelo de potencia" cuya ecuación aplicada fue:

$$L_{eq} = 46,772(N^{\circ} vehic)^{0,068} + \Delta ancho + \Delta alto \quad (1.21)^{73}$$

Siendo:

$N^{\circ} vehic = N^{\circ} coches + N^{\circ} motos + N^{\circ} pesados$

$\Delta alto = +1$ dBA, para altura de edificios < 13 m

$\Delta ancho = +1,3$ dBA para anchura ≤ 10 m

-1 dBA, para anchura > 10 m

0 dBA, si no se dispone de la anchura

Cabe mencionar que el modelo solo funciona debidamente cuando el número de vehículos está entre 20 y 750 cada hora.

⁷³ TecniAcústica, Cadiz 2009, "Estudio de un modelo de predicción de ruido para un determinado tipo de vía urbana en la ciudad de León", Sitio Web: <http://acustica.unileon.es/wp-content/uploads/2012/04/Estudio-de-un-modelo-de-predicci%C3%B3n-de-ruido-para-un-determinado-tipo-de-via-urbana-en-la-ciudad-de-le%C3%B3n-Cadiz-2009.pdf> (Consultado Diciembre 2012)

Fórmula Modelo de tráfico rodado:

$$Lp = L_w - A_{div} - A_{atm} - A_{gr} - A_{dif} - A_{ref} \quad (1.22)^{74}$$

Siendo:

- ✓ $L_{i,t,per}$: SPL medio durante el periodo de evaluación en dBA
- ✓ L_p : Nivel de presión en dB
- ✓ L_w : Potencia de la fuente por metro, en arreglo a la "Guide du Bruit"
- ✓ A_{div} : Atenuación por divergencia esférica
- ✓ A_{atm} : Atenuación debida a la absorción del aire
- ✓ A_{gr} : Atenuación debida al efecto del suelo
- ✓ A_{dif} : Atenuación debida a la difracción
- ✓ A_{ref} : Atenuación debida a superficies verticales.

1.1.4.4 Modelos de Ruido de Tráfico Aéreo

Hay un modelo empleado en el Aeropuerto Internacional de Kansas City de los Estados Unidos para manejar de forma sistemática el problema del ruido de los aviones. Se trata de un programa de software denominado "Parte 150", el cual requiere el desarrollo de mapas indicando el impacto de ruido generado por tráfico aéreo. Para realizar el modelo, se tuvo que hacer un análisis cuantitativo del número de personas que se vería afectada por el ruido, el número de personas que asistan al aeropuerto, vehículos de carga, etc.

El estudio se realizó con unas mejoras planteadas y sin ellas. Hay que mencionar que el modelo no se puede plantear a otros aeropuertos, en tal caso, se debe hacer nuevamente un estudio previo si se desea aplicar la Parte 150 en otro aeropuerto.

⁷⁴ "Modelos Numéricos de Predección Acústica", Antonio Notario Tévar, Sitio Web: http://www.dipucadiz.es/opencms/export/sites/default/dipucadiz/areas/medioAmb_depor/medio_amb/Servicios/asist_mun/ruidos/docu_curso/Modelos_numericos_2008.pdf (Consultado Diciembre 2012 - Fórmula Modelo de Tráfico Rodado)



Figura 1. 24 Modelo de tráfico aéreo ⁷⁵

La inmisión total en un receptor es dada por la suma energética de las emisiones de los segmentos de una ruta.

Cada segmento es una línea recta con una velocidad y empuje de motores constante.

Fórmula Modelo de tráfico aéreo:

$$L_{den} = 10 \log \left(\frac{1}{86400} \sum_{i,j} (N_{d,i,j} + 3,16N_{e,i,j} + 10N_{n,i,j}) \cdot 10^{\frac{SEL_{i,j}}{10}} \right) \quad (1.23)^{76}$$

- ✓ $N_{d,i,j}$: Número de movimientos del grupo de aviones "j" en la trayectoria de vuelo "i", durante el periodo día (análogo para $N_{e,i,j}$ (tarde) y $N_{n,i,j}$ (noche))
- ✓ $SEL_{i,j}$: Nivel de exposición sonora del grupo de aviones "j" en la trayectoria de vuelo "i".

⁷⁵ "Modelos de tráfico respecto al ruido", Sitio Web: http://www.picstopin.com/500/avion-despegando/http:%7C%7Cmw2*google*com%7Cmw-panoramio%7Cphotos%7Cmedium%7C3822019*.jpg/ (Consultado Diciembre 2012)

⁷⁶ "Modelos Numéricos de Predección Acústica", Antonio Notario Tévar, Sitio Web: http://www.dipucadiz.es/opencms/export/sites/default/dipucadiz/areas/medioAmb_depor/medio_amb/Servicios/a_sist_mun/ruidos/docu_curso/Modelos_numericos_2008.pdf (Consultado Diciembre 2012 - Fórmula Modelo de Tráfico Aéreo)

1.1.4.5 Tipos de fuentes de ruido

Las principales fuentes de ruido que se pueden encontrar son:

1.1.4.5.1 Fuentes Fijas

Son los considerados que se generan en un lugar inamovible. Por ejemplo industrias o aeropuertos.

1.1.4.5.2 Fuentes Móviles

Son los considerados que al generarse, van contaminando diferentes lugares. Por ejemplo tráfico rodado o embarcaciones⁷⁷.

Algunos ejemplos de estos dos tipos generales de tipos de fuentes son:

- **Tráfico Rodado**

Es el causado en zonas rurales, producido por los vehículos y demás automotores.

- **Ferrocarriles**

Es el causado por transportes de ferrocarril.

- **Aeropuertos y Aviación**

Es el causado en aeropuertos por los aviones que despegan y aterrizan en él.

- **Actividades Industriales**

Es el causado en actividades de la industria, puede variar dependiendo la intensidad, por ejemplo un ruido intenso es el de las áreas de construcción.

- **Actividades Recreativas**

Es el causado en áreas urbanas, principalmente en discotecas y bares.

- **Vecindario**

Es el causado en actividades de comunidad de vecinos.

⁷⁷ “Contaminación Atmosférica causada por vehículos automotores: Generalidades”, Sitio Web: <https://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/Bvirtual/001083/Course2/Lecturas/Vehiculos/chapter1.pdf> (Consultado Diciembre 2012)

1.1.5 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).



Figura 1. 25 Sonómetro⁷⁸

En concreto, el sonómetro mide el nivel de ruido que existe en determinado lugar y en un momento dado. La unidad con la que trabaja el sonómetro es el decibelio. Si no se usan curvas ponderadas (sonómetro integrador), se entiende que son (dB_{SPL}).

Cuando el sonómetro se utiliza para medir lo que se conoce como contaminación acústica (ruido molesto de un determinado paisaje sonoro) hay que tener en cuenta qué es lo que se va a medir, pues el ruido puede tener multitud de causas y proceder de fuentes muy diferentes. Para hacer frente a esta gran variedad de ruido ambiental (continuo, impulsivo, etc.) se han creado sonómetros específicos que permitan hacer las mediciones de ruido pertinentes.

En los sonómetros la medición puede ser manual, o bien, estar programada de antemano. En cuanto al tiempo entre las tomas de nivel cuando el sonómetro está programado, depende del propio modelo. Algunos sonómetros permiten un almacenamiento automático que va desde un segundo, o menos, hasta las 24 horas.

⁷⁸ “Conozca las aplicaciones del sonómetro integrador”, Sitio Web: <http://www.quiminet.com/articulos/conozca-las-aplicaciones-del-sonometro-integrador-2671631.htm> (Consultado Diciembre 2012)

Además, hay sonómetros que permiten programar el inicio y el final de las mediciones con antelación⁷⁹.

La norma CEI 60651 y la norma CEI 60804, emitidas por la CEI (Comisión Electrotécnica Internacional), establecen las normas que han de seguir los fabricantes de sonómetros. Se intenta que todas las marcas y modelos ofrezcan una misma medición ante un sonido dado.

La CEI también se conoce por sus siglas en inglés: IEC (International Electrotechnical Commission), por lo que las normas aducidas también se conocen con esta nomenclatura: IEC 60651 (1979) y la IEC 60804 (1985). A partir del año 2003, la norma IEC 61.672 unifica ambas normas en una sola⁸⁰.

- Sonómetro de clase 0: se utiliza en laboratorios para obtener niveles de referencia.
- Sonómetro de clase 1: permite el trabajo *de campo* con precisión.
- Sonómetro de clase 2: permite realizar mediciones generales en los trabajos *de campo*.
- Sonómetro de clase 3: es el menos preciso y sólo permite realizar mediciones aproximadas, por lo que sólo se utiliza para realizar reconocimientos.

El diagrama de bloques de todo sonómetro contiene, al menos, los siguientes componentes:

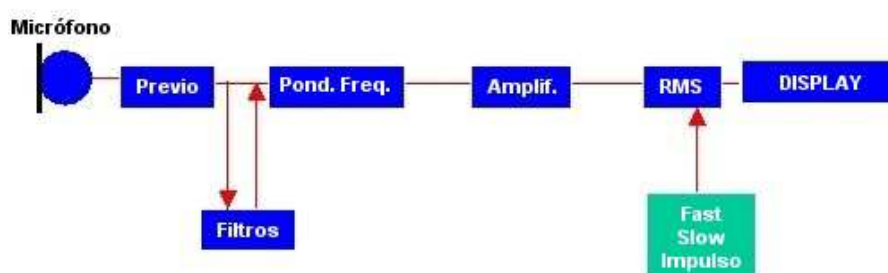


Figura 1. 26 Diagrama de bloques del sonómetro⁸¹

⁷⁹ “Sonómetros”, Sitio Web: <http://www.ecured.cu/index.php/Son%C3%B3metro> (Consultado Diciembre 2012)

⁸⁰ “Sonómetro”, Sitio Web: <http://es.wikipedia.org/wiki/Son%C3%B3metro> (Consultado Diciembre 2012)

⁸¹ “Aspectos Básicos del Sonido y el Ruido”, Sitio Web: http://webs.uvigo.es/gcastro/PFC/Capitulo_uno_c.htm (Consultado Diciembre 2012)

1.- Micrófono.- Es el elemento transductor, encargado de transformar las variaciones de energía acústica en señal eléctrica. Un micrófono de medida debe presentar una respuesta en frecuencia plana, es decir, debe presentar la misma sensibilidad -relación de transformación de presión acústica en tensión eléctrica- en todo el rango de frecuencias (20 a 20000 Hz). Los micrófonos de medida suelen ser de tipo condensador, que combinan una excelente respuesta en frecuencia con una gran estabilidad y fiabilidad.

2.- Preamplificador.- Es un amplificador de bajo ruido que permite adaptar la impedancia del micro a la impedancia habitual de entrada de un equipo de audio (en torno a los 100-150 Ohms).

3.-Banco de filtros.- Para aplicaciones donde se requiera un análisis en frecuencia de la señal acústica (medidas de aislamiento, potencia acústica, etc.) se deben utilizar equipos que cuenten con un banco de filtros normalizados de 1/1 ó 1/3 de octava. Para las medidas más habituales en acústica (aislamiento acústico, potencia radiada, etc.) es suficiente con una resolución espectral hasta de 1/3 de octava. Para otras aplicaciones (ecualización de salas, etc.), donde se requiera una resolución mayor existen sonómetros y analizadores de espectro en tiempo real con filtros de ancho de banda inferior al tercio de octava (1/12; 1/16 etc.).

4.- Redes de ponderación en frecuencia.- Una vez convertida la señal acústica en señal eléctrica, un detector de sobrecarga se ocupa de generar el correspondiente mensaje de error en caso de que el margen dinámico de la señal captada exceda en margen de funcionamiento de alguna de las etapas posteriores, con lo que la medida resultante no sería correcta.

5.- RMS.- Todo detector RMS tiene una respuesta temporal determinada. Para equipos de medidas acústicas, están normalizadas tres tipos de respuestas:

a) *Fast*.- Respuesta rápida. Se utiliza para las medidas de ruido fluctuante. La constante de tiempo para este tipo de respuesta es de 125 ms⁸².

⁸² “Sonómetro”, Sitio Web: <http://es.wikipedia.org/wiki/Son%C3%B3metro> (Consultado Diciembre 2012)

b) *Slow*.- Respuesta lenta. Se utiliza para medir ruidos que no fluctúan rápidamente. La constante de tiempo es de 1 s.

c) *Impulse*.- Respuesta Impulsiva. Se utiliza únicamente para medir ruidos impulsivos, con una constante de tiempo de 35 ms.

6.- Ponderación temporal.- Ajusta la constante de tiempo que se utilizará en las medidas, y con ello determina la velocidad de respuesta del sonómetro frente a las variaciones de presión sonora.

7.- Indicador analógico o digital.- Visualiza el resultado de las medidas.

El sonómetro posee una varias funcionalidades a continuación se cita las más importantes:

Los sonómetros suelen disponer de un interruptor etiquetado como Range (rango) que permite elegir un rango dinámico de amplitudes específico, para conseguir una buena relación señal-ruido en la lectura. Por ejemplo, puede haber tres posiciones: 20-80 dB, 50-110 dB o 80-140 dB. De estos intervalos, el más usado es el segundo que va desde el nivel de confort acústico hasta el umbral de dolor. El tercer tipo es el que se utiliza para medir situaciones de contaminación acústica muy degradada. Los sonómetros más modernos y de mejor calidad tienen rangos tan elevados, por ejemplo, 20-140 dB, que se asegura una medida correcta en la mayoría de las ocasiones.

En los llamados sonómetros integradores, el interruptor etiquetado como *Weighting* permite seleccionar la curva de ponderación que va a ser usada:

- curva A (dB_A).- Mide la respuesta del oído, ante un sonido de intensidad baja. Es la más semejante a la percepción logarítmica del oído humano, aunque los estudios de psicoacústica modernos cuestionan esta afirmación. Se utiliza para establecer el nivel de contaminación acústica y el riesgo que sufre el hombre al ser expuesto a la misma. Por ello, es la curva que se utiliza a la hora de legislar

- curva B (dB_B).- Su función era medir la respuesta del oído ante intensidades para intensidades medias. Como no tiene demasiadas aplicaciones prácticas es una de las menos utilizadas. Muchos sonómetros no la contemplan
- curva C (dB_C).- Mide la respuesta del oído ante sonidos de gran intensidad. Es tanto, o más empleada que la curva A, a la hora de medir los niveles de contaminación acústica. También se utiliza para medir los sonidos más graves
- curva D (dB_D).- Se utiliza, casi exclusivamente, para estudiar el nivel de ruido generado por los aviones
- curva U (dB_U).- Es la curva de más reciente creación y se utiliza para medir ultrasonidos, no audibles por los seres humanos.

De igual modo que se permite realizar ponderación en frecuencia, la circuitería electrónica también permite hacer una ponderación en el tiempo (velocidad con que son tomadas las muestras). Existen cuatro posiciones normalizadas⁸³:

- Lento (slow, S).- Valor (promedio) eficaz de aproximadamente un segundo.
- Rápido (fast, F).- Valor (promedio) eficaz por 125 milisegundos. Son más efectivos ante las fluctuaciones.
- Por Impulso (impulse, I).- Valor (promedio) eficaz 35 milisegundos. Mide la respuesta del oído humano ante sonidos de corta duración.
- Por Pico (Peak, P).- Valor de pico. Muy similar al anterior, pero el intervalo es mucho más corto entre los 50 y los 100 microsegundos. Este valor sirve para evaluar el riesgo de daños en el oído, ante un impulso muy corto pero muy intenso⁸⁴.

1.1.5.1 Tipos de Sonómetros

Hay dos tipos principales de instrumentos disponibles para medir niveles de ruido, con muchas variaciones entre ellos: Sonómetros generales y Sonómetros integradores-promediadores.

⁸³ “Sonómetro”, Sitio Web: <http://es.wikipedia.org/wiki/Son%C3%B3metro> (Consultado Diciembre 2012)

⁸⁴ “Sonómetro”, Sitio Web: <http://es.wikipedia.org/wiki/Son%C3%B3metro> (Consultado Diciembre 2012)

1.1.5.1.1 Sonómetros generales

Muestran el nivel de presión sonora instantáneo en decibelios (dB), lo que normalmente se conoce como nivel de sonido. Estos instrumentos son útiles para testear el ambiente sonoro, y poder ahorrar tiempo reservando los sonómetros de gamas superiores para las medidas que necesiten mayor precisión o precisen de la elaboración de informes⁸⁵.

1.1.5.1.2 Sonómetros integradores-promediadores

Estos sonómetros tienen la capacidad de poder calcular el nivel continuo equivalente Leq. Incorporan funciones para la transmisión de datos al ordenador, cálculo de percentiles, y algunos análisis en frecuencia.

1.1.6 SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG O GIS)

Dado que el objetivo final es el elaborar un mapa de niveles de ruido, después de haber visto las herramientas necesarias para la toma de medidas, el siguiente paso es la elaboración del mapa, para lo cual es necesario el uso de un paquete de software de Sistemas de Información Geográfica (SIG) o en inglés Geographic Information System (GIS), el cual permitirá obtener, por medio de la manipulación de datos, el mapa de curvas de nivel de ruido. A continuación se detalla algunas características sobre los GIS.

Se refiere a un grupo de procedimientos aplicados a bases de datos gráficas y no gráficas (o descriptivas), relacionándolas entre sí.

En otras palabras, un GIS es un sistema formado por hardware, software y procedimientos, los cuales ayudan a manipular datos u objetos geoestacionarios (o espaciales), para al final desplegar resultados de ciertas áreas de interés.

⁸⁵ “Alquiler de Sonómetros”, Sitio Web: <http://www.equiposmedida.com/alquiler-equipos-medida/sonometros.html> (Consultado Diciembre 2012)

Al hablar de objetos, se debe asociar atributos gráficos y no gráficos. Un atributo gráfico se refiere al objeto geográfico asociado a una ubicación en el mundo real. Un atributo no gráfico se refiere a las descripciones del objeto sobre sus distintas características (nombre, código, número de habitaciones, etc.).

Adicionalmente, existe un atributo de unión, el cual va a permitir relacionar atributos gráficos con los no gráficos.

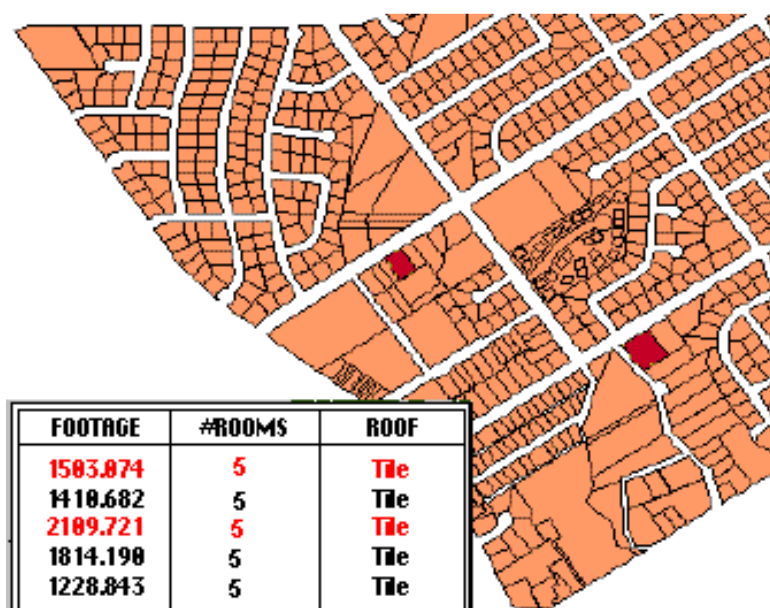


Figura 1. 27 Sistema de Información Geográfica⁸⁶

1.1.6.1 Componentes de un GIS

Hay 4 componentes básicos en un GIS:

- Hardware.
- Software.
- Datos.
- Recurso humano.

⁸⁶ “Sistemas de Información Geográfica”, Jhon Jairo Monsalve, Sitio Web: <http://www.monografias.com/trabajos/gis/gis.shtml>

1.1.6.1.1 Hardware

Se refiere a los equipos físicos que van a ser utilizados para que funcione de forma correcta el GIS.

1.1.6.1.2 Software

Se refiere a los diferentes programas con los que cuenta GIS para realizar la manipulación de información.

1.1.6.1.3 Recurso Humano

Se refiere al/los usuario(s) que van a interactuar con los programas GIS.

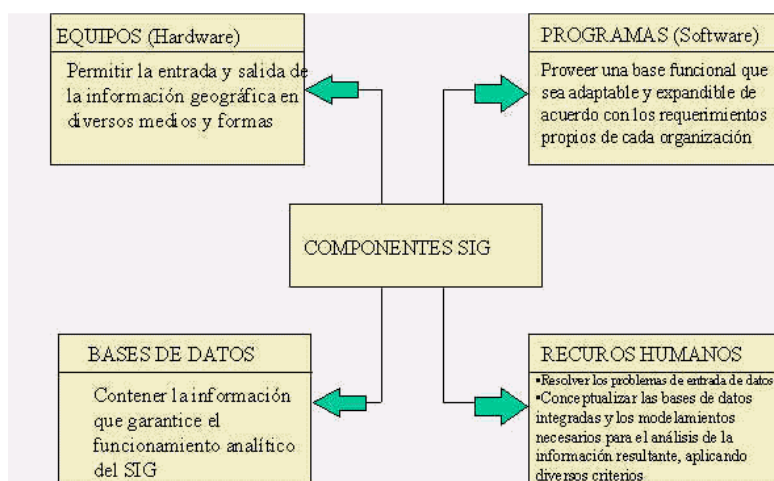


Figura 1. 28 Diagrama de componentes GIS⁸⁷

1.1.6.1.4 Datos

Se refiere a la información que va a ingresarse para realizar su respectivo análisis. Para la información se realizan 3 pasos importantes para obtener resultados:

- Ingreso de datos.
- Manipulación de datos.
- Despliegue de resultados.

⁸⁷ “Sistemas de Información Geográfica”, Jhon Jairo Monsalve, Sitio Web: <http://www.monografias.com/trabajos/gis/gis.shtml>

Ingreso de Datos

Se refiere a la forma de conseguir y registrar los datos; se realizan procesos como:

- Digitalizar o escanear.
- Convertir datos digitales de otros formatos.
- Adquirir otros datos disponibles.

Manipulación de datos

Se refiere al manejo adecuado de los datos ingresados, se resuelven:

- Respuestas a preguntas particulares.
- Soluciones a problemas particulares.

Despliegue de resultados

Se refiere a la salida de resultados, tales como:

- Despliegue en pantalla de los datos (gráficos y no gráficos).
- Copias duras (planos y mapas) usando una impresora.
- Listados.
- Reportes.

1.1.6.2 Aplicaciones del GIS

Un GIS puede ser aplicado para la construcción de modelos del mundo real a partir de bases de datos digitales. También puede aplicarse para conocer las posibles consecuencias de fenómenos naturales sobre áreas de interés, estos resultados pueden ser gráficos. Otra aplicación es en los municipios, ya que pueden ayudar a realizar una fácil y rápida administración sobre los diferentes servicios que brinda el municipio. Por ejemplo alcantarillado, energía, telefonía, etc. ⁸⁸.

⁸⁸ “Definición y algunas aplicaciones de los Sistemas de Información Geográfica”, Sitio Web: <http://www.monografias.com/trabajos14/informageogra/informageogra.shtml#ap>

1.1.6.3 Información Geográfica de un GIS

La información que maneja un GIS se la encuentra en 2 formatos:

Formato Raster o Celular.- Es el resultado de digitalizar un mapa o una fotografía; o, obtener una fotografía digital por medio de un satélite.

Formato Vectorial.- Es la manipulación de datos gráficos por medio de rectas o vectores, manejando todo como pares ordenados de coordenadas⁸⁹.

1.1.6.4 Almacenamiento de información en un GIS

Se realiza el almacenamiento de información en 4 grupos de bases de datos:

- Bases de datos de imágenes: representaciones fotográficas del terreno.
- Bases de datos complementarios de imágenes: Contiene símbolos gráficos y caracteres alfanuméricos relacionados al sistema de coordenadas de la imagen real.
- Bases de datos cartográficos: Contiene información de los mapas sobre un área específica.
- Bases de datos de información descriptiva: Contiene información no gráfica (descriptiva) sobre el mapa.

1.1.6.5 Salida de la Información

La salida de información se refiere a los resultados que pueden ser representados en pantallas o impresos en papel, y pueden ser mapas, gráficos o diagramas.

⁸⁹ “Sistemas de Información Geográfica”, Jhon Jairo Monsalve, Sitio Web: <http://www.monografias.com/trabajos/gis/gis.shtml>

CAPÍTULO 2

FUNDAMENTACIÓN LEGAL

Este capítulo cubre los aspectos legales sobre los cuales debe enmarcarse el proyecto de la Elaboración de un mapa de Niveles de Ruido. En primer lugar se menciona la situación internacional como es: ISO (Organización Internacional de Normalización) respecto al control del ruido. Posteriormente se detallan la situación nacional respecto al ruido y se analizan las normas como por ejemplo: Norma de Límites Permisibles de Niveles de Ruido Ambiente para Fuentes Fijas y Fuentes Móviles, y para vibraciones que deben cumplir las mediciones para la elaboración del mapa, análisis de la Ordenanza Municipal, la cual aporta con los niveles máximos de emisión de ruidos para la prevención y control de la contaminación ambiental. Finalmente se culmina con el contexto del proyecto de Titulación desarrollándose.

2.1 SITUACIÓN INTERNACIONAL RESPECTO AL CONTROL DEL RUIDO

Respecto a la situación internacional sobre el control del ruido actualmente se puede encontrar diferentes normas que sirven de referencia para el desarrollo del proyecto de titulación, a continuación las normas más destacadas para nuestro estudio:

2.1.1 NORMA ISO 1996-2:2007 (RESUMEN, MEDICIÓN Y EVALUACIÓN DEL RUIDO AMBIENTAL - PARTE 2: DETERMINACIÓN DE LOS NIVELES DE RUIDO AMBIENTAL)

Esta norma describe cómo los niveles de presión de sonido pueden ser determinados por medición directa, por extrapolación de los resultados de la medición por medio de cálculo, o exclusivamente por cálculo, destinados como base para evaluar el ruido ambiental. Se dan recomendaciones sobre las condiciones preferibles para la medición o cálculo que se aplicarán en los casos en que otras normas no se aplican.

ISO 1996-2:2007 se puede utilizar para medir con cualquier ponderación de frecuencia o en bandas de frecuencia. Se da orientación para evaluar la incertidumbre de los resultados de una evaluación del ruido.

Esta norma nos indica los procedimientos para realizar correctamente las respectivas mediciones, adicionalmente se encuentran los niveles de presión de sonido estandarizados. Con lo que se pretende acatar los parámetros internacionales establecidos y cumplir con estas normas.

2.1.2 OSHA (ADMINISTRACIÓN DE SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL): ESTÁNDAR 1910.95 “EXPOSICIÓN DE RUIDO OCUPACIONAL”

OSHA es un organismo de Estados Unidos que asegura las condiciones de trabajo para trabajadores mediante la creación de estándares en diferentes campos ocupacionales. Respecto al ruido, cuenta con un estándar denominado “Exposición de Ruido Ocupacional” (estándar 1910.95).

El estándar mencionado expone una tabla de valores de niveles permisibles de ruido (creado por la NIOSH, Instituto Nacional para la Salud y Seguridad Ocupacional) en diferentes ámbitos, si estos valores son superados, habrá controles administrativos para reducir los niveles de ruido, proporcionando equipos de protección personal a los trabajadores y preservar su salud.

Es importante mencionar que OSHA es responsable de crear y hacer que se cumplan las reglas de seguridad y salud en el trabajo, mientras que NIOSH es una agencia que fue establecida para ayudar a garantizar condiciones de trabajo seguras y saludables para los hombres y mujeres que trabajan, mediante actividades de investigación, información, educación y capacitación en el campo de la seguridad y salud ocupacional.

Lo importante del estándar mencionado y relacionado al presente proyecto es la tabla de niveles de ruido esperados con el fin de comparar esos valores con los de

nuestro país y de esta manera encontrarse en los parámetros establecidos a nivel internacional.

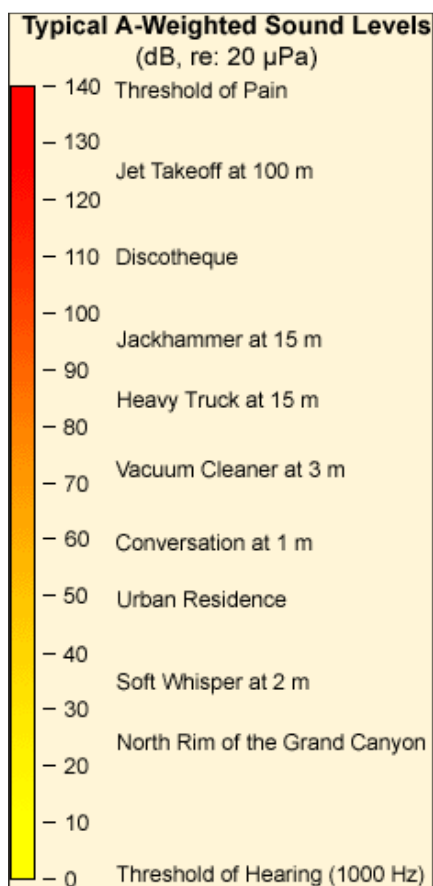


Tabla 2. 1: Niveles de ruido esperados de acuerdo a NIOSH⁹⁰

2.1.3 LEY 37/2003, DE 17 DE NOVIEMBRE, DEL RUIDO

Se ha analizado la ley de España de acuerdo a las necesidades requeridas en este proyecto de Titulación, por lo cual a continuación se emiten algunos comentarios de esta Ley de los artículos más destacados:

El Artículo 3 trata acerca de las definiciones utilizadas en la Ley de España, respecto al ruido. Para el presente proyecto, no se analizarán todas estas definiciones, más

⁹⁰ U.S. Department of Labor, "Occupational Noise Exposure", Occupational Safety & Health Administration, Noviembre 3, 2011, Sitio Web: <http://www.osha.gov/SLTC/noisehearingconservation/> (Consultado Abril 2013)

bien, se pondrá mayor enfoque únicamente en las que se tengan mayor relación al proyecto mencionado, las cuales son: *Actividad, Contaminación acústica, Emisor acústico, Evaluación acústica, Índice acústico, Índice de emisión, Índice de inmisión, Valor Límite de emisión, Valor Límite de inmisión.*

El artículo 11, inciso 1, trata acerca del empleo de un índice acústico, el cual se verá más adelante en las tablas referenciales. Lo interesante es que de acuerdo al índice acústico se trabajará en el proyecto en diferentes horarios, tal como lo menciona el artículo, pues se ha establecido realizar un cronograma para la toma de mediciones durante el día y de esta manera cubrir las diferentes situaciones presentadas en los distintos horarios.

El artículo 12, inciso 2, trata acerca de los emisores acústicos. Esta parte es importante mencionarla debido a que en el capítulo 1 del proyecto ya se utilizaron algunos de estos términos y se debe familiarizarse ya que se utilizarán de forma muy usual.

El artículo 15, inciso 1a y 1b, trata acerca del fin que tendrá el mapa de ruido. El inciso a, explica que se evaluará el ruido en determinadas áreas, lo cual se relaciona al proyecto en el sentido que también se analizará el campus politécnico en diferentes zonas. El inciso b, explica que se realizarán predicciones para determinadas zonas, lo cual se relaciona al proyecto en el hecho que en el capítulo 5 se tratarán planes de contingencia.

El análisis de cada una de las normas y leyes internacionales nos da parámetros a seguir para la correcta realización de las mediciones y elaboración del mapa de niveles de ruido del Campus Politécnico.

2.1.4 NORMA DE COLOMBIA: RESOLUCIÓN 0627 DE 2006 (ABRIL 07) POR LA CUAL SE ESTABLECE LA NORMA NACIONAL DE EMISIÓN DE RUIDO Y RUIDO AMBIENTAL

Se ha analizado la norma Colombiana de acuerdo a los aspectos importantes del proyecto de titulación y a continuación se mostrará el análisis respectivo de cada

artículo destacado para nuestro estudio. Cabe recalcar que no se tomó en cuenta los niveles máximos permisibles de esta norma debido a que son valores de hace 7 años, por lo que se trató de usar normas vigentes.

En el capítulo 1, artículo 1 de la norma Colombiana trata acerca de los aspectos fundamentales del ruido como son las definiciones, conceptos de lo relacionado con todo lo referente al ruido.

En el capítulo 1, artículo 3 se estudia lo referente a las unidades de medidas que es una parte fundamental en el desarrollo del proyecto de titulación. Esto ayudará a identificar las medidas que se debe realizar así también sus unidades de medida.

En el capítulo 2, artículo 9 muestra una tabla de los Estándares máximos permisibles de niveles de emisión de ruido expresados en decibeles DB(A), permite saber los límites respecto a los niveles del ruido y saber si en algún lugar está o no cumpliendo con la norma establecida.

En el capítulo 3, artículo 17 se presenta una tabla con los Estándares máximos permisibles de niveles de ruido ambiental, expresados en decibeles DB(A), donde se puede analizar los niveles de ruido ambiental que se encuentran dentro de la norma y así dar seguimiento si algún sitio sobrepasa dichos límites.

En el capítulo 4, artículo 18 hace referencia a los instrumentos de medida, para nuestro proyecto de titulación se ha utilizado un sonómetro tipo 2, este instrumento con ponderación A, y ayuda en realizar correctamente las medidas de cada uno de los puntos a analizar.

En el capítulo 4, artículo 20 se refiere a las condiciones meteorológicas que se indica para realizar las medidas correspondiente en los puntos a analizar no debe haber presencia de lluvia, truenos para que la medición no se vea afectada.

En el capítulo 4, artículo 23 hace referencia lo importante que es el mapa de niveles de ruido, el objetivo de su elaboración. Se lo utiliza para identificar las zonas

afectadas y críticas para posteriormente dar una solución para resolver el exceso de ruido identificado en las mismas.

En el capítulo 4, artículo 25 indica los planes de descontaminación de ruido o conocidos como planes de contingencia que significa el organizar y planificar la manera para disminuir el ruido en los puntos más críticos identificados y de esta manera dar las medidas correctivas de manera satisfactoria.

En el capítulo 4, artículo 26 se analiza los parámetros permisibles respecto al ruido de las edificaciones y futuras construcciones para que no sobrepasen los mismos y cumplir con las normas establecidas.

En el Anexo 1 de la norma Colombiana se puede conocer todos los conceptos básicos respecto al ruido, la parte teórica y de esta manera saber de manera clara los conceptos de cada elemento utilizado en el desarrollo del Proyecto de Titulación.

En el Anexo 3 se encuentra todo lo referente al procedimiento de medición para la emisión del ruido y ruido ambiental, con esto se puede establecer los límites permitidos respecto a las medidas que se realiza en cada punto analizado y establecer si está dentro o fuera de la norma.

2.1.5 ANÁLISIS GLOBAL DE LAS LEYES Y NORMAS INTERNACIONALES

Respecto a las leyes y normas que se analizaron a nivel internacional, se puede constatar que algunos países como España, Colombia se han enfocado en la importancia y las consecuencias que produce la contaminación acústica. Por tal motivo han elaborado diferentes mapas de ruido para identificar y mitigar las soluciones respectivas de acuerdo a las necesidades que se presente en cada uno de los casos.

2.2 SITUACIÓN NACIONAL SOBRE EL CONTROL DE RUIDO

El Ministerio del Ambiente es el organismo del Estado ecuatoriano encargado de diseñar las políticas ambientales y coordinar las estrategias, los proyectos y

programas para el cuidado de los ecosistemas y el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales. Propone y define las normas para conseguir la calidad ambiental adecuada, con un desarrollo basado en la conservación y el uso apropiado de la biodiversidad y de los recursos con los que cuenta nuestro país.

Aun cuando el Ministerio anuncia que controla el ruido en uno de los enlaces de su página Web, cuyo texto es el siguiente: “El Ministerio del Ambiente (MAE), como Autoridad Ambiental Nacional, realiza un control y seguimiento del ruido a través de varios mecanismos, entre ellos, auditorías ambientales y reportes de monitoreo que son elaborados con metodología estandarizada, mediante laboratorios aprobados por el Organismo de Acreditación Ecuatoriana”⁹¹; la realidad es que mediante investigaciones, se encontró que a nivel nacional no existe un Laboratorio Acreditado Internacionalmente de Acústica, el cual sería indispensable para realizar auditorías ambientales acreditadas, calibración de equipos de medida, certificación de los mismos y otras actividades relacionadas. En la práctica, el MAE delega las funciones de control y seguimiento a otras instituciones como la Dirección Ambiental del Distrito Metropolitano de Quito, el Departamento Ambiental de Petroecuador, etc.

Además se encontró que hay una serie de Laboratorios de Acústica acreditados por el Organismo de Acreditación Ecuatoriano (OAE), los cuales realizan Prestación de Servicios.

Se investigó en la Universidad Central del Ecuador, donde se cuenta con 2 laboratorios acreditados:

- ✓ Oferta de Servicios y Productos OSP, Facultad de Ciencias Químicas.
- ✓ Laboratorio del Departamento de Petróleos, Energía y Contaminación, DPEC, Facultad de Ingeniería Química.

⁹¹ Ministerio del Ambiente Ecuatoriano, “Día Internacional de la Concientización con respecto al Ruido”, Abril 24, 2013, Sitio Web: <http://www.ambiente.gob.ec/dia-internacional-de-la-concienciacion-con-respecto-al-ruido/> (Consultado Mayo 2013)

En ambos laboratorios, indicaron que hacen prestaciones de servicios (ensayos) sobre ruido ambiental, pero aún no específicamente sobre ruido industrial ni vibraciones. Además trabajan con la Ordenanza Metropolitana 123 para el aspecto técnico. Para el aspecto de sanciones, existe una ordenanza 404 aprobada recientemente el 4 de Junio del 2013, pero de esto no se encargan ellos, solamente dan resultados de las mediciones; el encargado de estas sanciones es la Secretaría del Ambiente, la cual también se apoya en la parte técnica con el Anexo 5 del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria aún vigente en lo referente a ruido. Recalaron además que en el país no existe un Laboratorio certificado internacionalmente para este tema del ruido.

Se analizará además, las normas que se tienen en el país, así también la ordenanza metropolitana respectiva, las que ayudarán en el estudio para la elaboración del mapa de niveles de ruido del Campus Politécnico.

Como primer punto se analizará la norma técnica dictada bajo el amparo de la Ley de Gestión Ambiental y del Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental y se somete a las disposiciones de éstos, es de aplicación obligatoria y rige en todo el territorio nacional, posteriormente se analizará la ordenanza metropolitana.

2.2.1 NORMA DE LÍMITES PERMISIBLES DE NIVELES DE RUIDO AMBIENTE PARA FUENTES FIJAS Y FUENTES MÓVILES, Y PARA VIBRACIONES (PRESIDENCIA DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR, LIBRO VI, ANEXO 5)

Una parte fundamental de esta norma técnica es la parte de las definiciones, cada uno de los términos descritos se los ha utilizado en la elaboración del capítulo 1 del proyecto de Titulación, para familiarizarse y tener de una forma clara y concisa la terminología respecto a lo que abarca toda la elaboración del mapa de niveles de ruido.

Otra sección importante de la norma técnica es los requisitos pues se muestra la manera para realizar las mediciones en cada uno de los puntos dentro del Campus

Politécnico con el instrumento de medición adecuado, para obtener las medidas de forma satisfactoria y dentro de los estándares establecidos de manera internacional y nacional.

Se debe tener en cuenta la sección de generadores de electricidad de emergencia, ya que en el Campus Politécnico en ciertas facultades poseen dichos generadores y se deberá hacer las respectivas mediciones para identificar los niveles de ruido cumplen con la normativa expuesta anteriormente.

2.2.2 ORDENANZA METROPOLITANA N.- 0123 (5 DE JULIO DE 2004)

Se analizó la ordenanza metropolitana y se encuentra muchos artículos de gran utilidad para la elaboración del mapa de niveles de ruido, con lo que a continuación se comenta respecto a los diferentes artículos utilizados:

El artículo 4 de la Ordenanza Municipal se analiza la fundamentación teórica y se describe cada uno de los términos que se utilizarán para tener de forma clara todo respecto al ruido y poder realizar la elaboración del mapa de niveles de ruido.

El artículo 5 ayuda en la identificación de las fuentes tanto fijas como móviles dentro del Campus Politécnico y la correcta clasificación, para poder identificar y de esta manera hacer una selección adecuada con los diferentes parámetros establecidos.

En el artículo 8 se indica los niveles permitidos respecto a la emisión del ruido, por tanto no hay que rebasar los niveles máximos permitidos de la emisión de ruido, si en caso se sobrepasarán se deberá encontrar la solución adecuada y plantear las diferentes soluciones como planes de mitigación o contingencia en los diferentes casos.

El artículo 10 muestra los niveles máximos de emisión de ruido, según el tipo de suelo y en los horarios establecidos, los cuales se deben cumplir para estar acatando esta Ordenanza Municipal, por tanto en los próximos capítulos de desarrollo se elaborará un cronograma con los diferentes horarios y poder acatar de mejor manera las ordenanzas de nuestro país.

2.2.3 ORDENANZA METROPOLITANA N.- 0404 (4 DE JUNIO DE 2013)

Esta ordenanza, es una actualización de la anterior mencionada, en la parte técnica, no varía el contexto, lo que varía es la parte de sanciones, la cual no es parte de nuestro proyecto.

2.2.4 ANÁLISIS GLOBAL DE LA NORMATIVA NACIONAL

Respecto al análisis realizado de toda la normativa nacional se llega a concluir que en nuestro país no le dan importancia a la contaminación acústica y a los efectos que puede producir. Adicionalmente los niveles máximos permisibles son muy generales y no les tratan a cada zona como particular, es decir todo se engloba en una sola zona denominada Educativa y su valor máximo permisible es de 45 dB.

2.3 CONTEXTO DEL PROYECTO

El contexto del proyecto de Titulación se basa en analizar cada uno de las leyes internacionales, como también las normas y ordenanzas nacionales para de esta manera cumplir los niveles permitidos indicados en cada una de ellas.

Se debe también tener muy en cuenta que el Ministerio del Ambiente es el encargado de diseñar las políticas ambientales y coordinar las estrategias. En el año 2002 desarrolló para el Ministerio del Ambiente con fondos del Banco Interamericano de Desarrollo (BID) el Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental y sus normas técnicas. Estos documentos fueron expedidos mediante Decreto Ejecutivo 3399, publicado en el Registro Oficial 725 del 16 de Diciembre del 2002 como parte del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente, en el Libro VI (De la Calidad Ambiental) Título IV. La publicación completa del Texto Unificado se realizó el 31 de Marzo del 2003, mediante Edición Especial No. 2 del Registro Oficial (Decreto Ejecutivo 3516). Considerar que las Normas Técnicas son actualizadas por el Ministerio del Ambiente continuamente. Con esta premisa se puede observar que es parte fundamental el ruido y las causas del mismo y que los organismos del Estado

están pendientes de estos para hacerlos cumplir de la mejor manera para no ver afectada la salud de la población.

Mediante el decreto ejecutivo 2393 “Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y mejoramiento del medio ambiente de trabajo” el Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social (IESS) analiza los riesgos respecto al ruido que los trabajadores enfrentan día a día en los lugares de trabajo.

El jefe provincial del Seguro de Riesgos de Trabajo del IESS señaló que hay factores de riesgos químicos, mecánicos, físicos como el ruido y hasta hergonómicos (malas posturas en sitios de trabajo). Ante todos esos inconvenientes, el IESS ha implementado un laboratorio para medir el riesgo; es así que cuentan con un sonómetro (ruido), luxómetro (medir la luminosidad), y equipos para medir radiaciones ionizantes en laboratorios o subestaciones eléctricas y otros implementos.

A partir de octubre de 2011 se empezó a observar los riesgos que están señalados en la Constitución, convenios internacionales, código de trabajo, ley del seguro social, y normas INEC. Adicionalmente en el decreto se encuentra las sanciones respectivas de acuerdo al grado de contaminación. Estas multas serán recaudadas por el IESS.

El 24 de Julio de 2011 se reúne el jefe provincial de Tránsito (Roberto Enríquez) y Directora Nacional del Ambiente (Soraya Peñarrieta), la directora señala que los niveles de decibeles en el centro van de 90 a 105, cuando lo normal debe ser un promedio de 60, según un estudio hecho por la escuela de Ingeniería Industrial de la UTM. Por tanto se trabajará en base a la ordenanza sobre el ruido.

La Ordenanza Municipal de Control del Ruido señala en sus artículos 6 y 8 las prohibiciones respecto al ruido. Artículo 6.- Prohíbese la circulación de motocicletas y otros vehículos que no tengan silenciador, que produzcan ruidos excesivos.

Artículo 8.- Prohíbese la emisión de ruidos o sonidos provenientes de equipos de amplificación u otros, desde el interior de locales destinados para vivienda, comercio,

servicios, discotecas y salas de baile, con niveles que sobrepasan los límites determinados para cada zona, en los horarios establecidos.

La aceptación de los ciudadanos a la contaminación auditiva es tanta que, según la Fundación contra el Ruido, Aire contaminantes y Tabaquismo (Funcorat), las leyes y ordenanzas que contribuyen al control del número de decibeles permitidos no tienen mayor efecto.

El Ministerio de Ambiente (MAE), Municipio de Guayaquil y la Comisión de Tránsito del Ecuador (CTE) manejan estatutos que sancionan el uso desmesurado de elementos que ocasionan contaminación auditiva.

El MAE, por ejemplo, impone una multa entre los 20 y 200 salarios básicos unificados a un ente bajo su regulación que “no cumple con las normas técnicas ambientales o con su plan de manejo ambiental” (artículo 80 del libro VI, del Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria del MAE).

El Cabildo de Guayaquil, por su parte, maneja una ordenanza (creada en 1960 y actualizada en 1985) que multa desde el 12,5% hasta el 125% del salario mínimo vital mensual a quien altere “la actividad laboral o el descanso colectivo” con la producción de ruidos.

Mientras que la CTE, según el artículo 139, literal A de la Ley de Tránsito, sanciona con una multa del 5% de la remuneración básica unificada y la reducción de 1,5 puntos en la licencia de conducir a quien haga uso indebido del claxon.

El 24 de abril de 2013 se celebró el día Internacional de la Concienciación con respecto al Ruido, fecha que fue concebida con el objetivo de disminuir los trastornos del ruido excesivo y tomar acciones preventivas para evitar sus efectos.

El ruido está considerado como contaminación ambiental y es un problema que produce daños en el ambiente y la salud.

Según, la Organización Mundial de la Salud (OMS) “el 76% de la población que vive en los grandes centros urbanos, sufre un impacto acústico superior al recomendable

y esto se refleja en su calidad de vida”. Si bien la bulla no se acumula o traslada como otras contaminaciones, debe controlarse para evitar el deterioro en la calidad de vida de las personas y su entorno.

La Oficina Regional de la OMS para Europa ha editado una nueva Guía sobre el ruido nocturno para Europa, publicación en la que han colaborado treinta y cinco expertos en disciplinas médicas y acústicas y diversas organizaciones –caso de la Comisión Europea– y que proporciona evidencias sobre cómo la contaminación acústica nocturna afecta a la salud de las personas. Por ello, también ofrece recomendaciones para evitar sus efectos nocivos.

Según la OMS, el nuevo límite planteado para evitar efectos nocivos sobre la salud es una exposición media nocturna anual que no debe exceder de los 40 decibelios (dB), el nivel de ruido equiparable al de una calle tranquila de una zona residencial. Y es que no sólo las exposiciones mantenidas superiores pueden causar insomnio, sino que la exposición a largo plazo a niveles superiores a los 55 dB, el nivel de ruido propio de una calle concurrida, puede desencadenar hipertensión arterial y otras patologías cardiovasculares como infartos de miocardio. Según la OMS, uno de cada cinco europeos está expuesto habitualmente a estos niveles de ruido.

No en vano, las investigaciones más recientes muestran una clara vinculación entre el ruido nocturno y diversos problemas para la salud, no únicamente el mero daño auditivo. Así, el ruido puede agravar diversas patologías, especialmente a través de su efecto distorsionador del sueño. Mientras las personas dormimos, nuestros oídos y nuestro cerebro continúan reaccionado a los sonidos.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) establece como saludable la recepción de sonidos que generen hasta 60 decibeles durante el día. Al sobrepasar el límite, el cuerpo humano se expone a distintos riesgos.

Según varios especialistas en medicina, la principal afectación al cuerpo humano son los efectos auditivos que pueden llegar hasta la pérdida parcial y total de la audición (sordera).

Los médicos explican que existen otros efectos secundarios por los altos niveles de ruido sobre otros sistemas como el cardiovascular.

“El ruido excesivo, al ser una especie de agresión, libera sustancias como catecolamina y estas producen taquicardia, hipertensión arterial, cardiopatía crónica e infarto al miocardio”.

CAPÍTULO 3

RECOPIACIÓN DE DATOS

Este capítulo cubre la recopilación de datos en el Campus Politécnico y posteriormente la elaboración del mapa de Niveles de Ruido en la modalidad de mapa de botones. En primer lugar se menciona la planificación de cada uno de los edificios del Campus Politécnico de manera interna y externa para cubrir con la totalidad del área del Campus. Posteriormente se detallan como se realizará la toma de mediciones en cada uno de los puntos dentro del Campus. Finalmente se culmina con los resultados de la toma de mediciones en el Campus Politécnico, además un informe con el análisis por piso de cada una de los edificios así también de los puntos externos del Campus Politécnico para identificar las diferentes situaciones presentados en los mismos, para concluir se mostrará los puntos críticos identificados dentro del campus y su respectivo análisis.

3.1 PLANIFICACIÓN DE PUNTOS DEL CAMPUS POLITÉCNICO

Para la planificación de los puntos del Campus Politécnico se realizó un análisis previo para definir los puntos de muestreo en cada uno de los edificios que conforman el Campus, como también los puntos externos a los mismos.

El número total de puntos analizados fueron 150 debido a que se consideró el tiempo de medición, es decir, se consideró que en las 12 horas laborables del día, del período mañana, considerado por las normas Españolas (7:00 a 19:00) y Ecuatorianas (6:00 a 20:00), se podía medir en 4 puntos con los 2 sonómetros adquiridos, por ende se calculaba un período calendario de toma de medidas, aproximadamente de 2 meses pero acotando los días de permiso se consideró 2 meses y medio, en los cuales se distribuyeron de la siguiente manera: 100 puntos internos y 50 puntos externos.

3.1.1 PLANIFICACIÓN DE PUNTOS INTERNOS

La planificación de los puntos internos se realizó dependiendo de las zonas con mayor afluencia de personas en las diferentes ubicaciones internas de los edificios. Los puntos son por planta y pueden ser: pasillo, aula, oficina, laboratorio, asociaciones, etc. Se tomó en cuenta que los 100 puntos se debía distribuir en todas las plantas de todos los edificios, es por eso que se llegó a un promedio de 3 puntos por planta aproximadamente. De esta manera se distribuyó los 100 puntos internos en cada uno de los edificios del Campus Politécnico. A continuación se presenta un ejemplo de los puntos tomados en la planta de un edificio. Al final en la realización de los mapas se apreciarán de mejor manera los demás puntos con su respectivo valor medido.

LUGAR: Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica (Segundo Piso del Edificio Química-Eléctrica)

Puntos ubicados en el mapa del edificio:

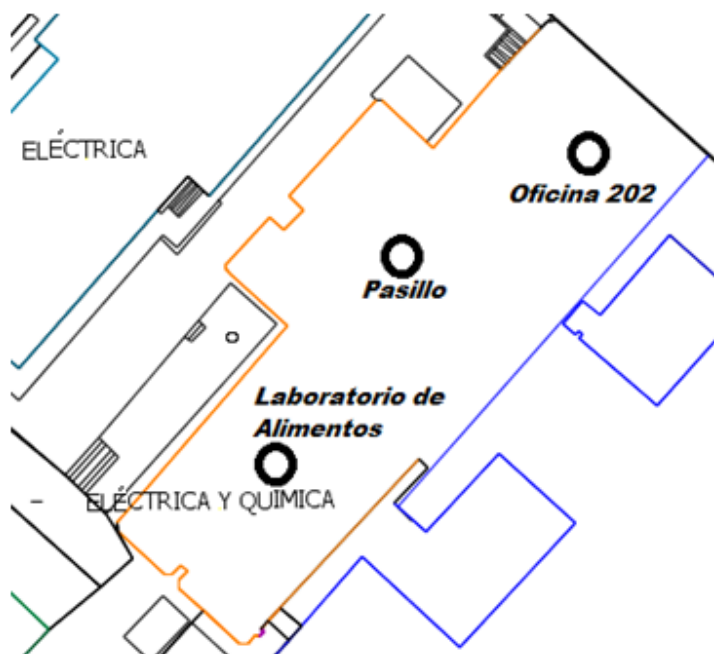


Figura 3. 1 Planificación de Puntos Internos

3.1.2 PLANIFICACIÓN DE PUNTOS EXTERNOS

La planificación de los puntos externos se realizó de la siguiente manera: se identificó las zonas con mayor afluencia de personas en las afueras de cada uno de los edificios dentro del Campus Politécnico, adicionalmente los lugares de recreación y estacionamiento dentro del Campus como son: canchas, espacios verdes, parqueaderos. De esta manera se distribuyó los 50 puntos externos disponibles.

Adicionalmente se indicará el etiquetado de los puntos que se realizó en todo el Campus Politécnico con las siguientes consideraciones:

Los Puntos Internos y Externos de acuerdo a las siglas en el siguiente orden:

N° Punto	Tipo (Uso de área)	ID Tipo	N° Tipo
1	Pasillo/Hall	H	1
2	Copiadora	C	2
3	Oficina	O	3
4	Aula Magna	AM	4
5	Asociación Estudiantil	AE	5
6	Aula	A	6
7	–	B	7
8	Biblioteca	L	8
9	Laboratorio	CA	9
10	Cafetería	E	10
11	Enfermería	T	11
.	Teatro	P	.
.	Parqueadero	EU	.
.	Entrada a la Universidad	AO	.
.	Área de Ocio		.

Tabla 3. 1 Etiquetado puntos Internos y Externos

3.2 PLANIFICACIÓN DE TOMA DE MEDIDAS DEL CAMPUS POLITÉCNICO

Para la planificación de la toma de medidas del Campus Politécnico se realizó un análisis previo de los estándares respecto a los horarios en los que se debería tomar

las diferentes medidas en cada uno de los puntos definidos. La planificación se detalla a continuación:

- ✓ Las medidas se toman con sonómetros clase 2, debido a que son instrumentos de medida recomendados para este tipo de análisis por la Comisión Electrónica Internacional (IEC), la cual indica que los sonómetros a utilizarse deben ser 0, 1 ó 2, siendo el cero el de mayor precisión. Los instrumentos se acreditan mediante certificado de fábrica⁹².
- ✓ Al sonómetro EXTECH 407760 USB Sound Level Datalogger, se lo configura en modo de respuesta slow, en ponderación A,
- ✓ Se consideró los puntos de acuerdo al flujo de actividades que tiene mayor ocurrencia en un lugar.
- ✓ Se consideró además que en ciertos puntos no se podrán tomar muestras completas de 6 horas, debido a no se trabaja el horario de 7am a 7pm, por tal motivo en algunos casos se tendrá una o dos medidas dependiendo del sitio y con las cuales se realizará el análisis.
- ✓ El período de medición de cada punto es de intervalos de aproximadamente 6 horas en el día, realizados en diferentes horarios (jornada 1, 2 y 3), es decir en cada jornada se obtiene un valor medido.
- ✓ La jornada 1 tendrá 2 horarios: 7:00 a 9:00, y, 9:00 a 12:00. La jornada 2 tendrá 2 horarios: 12:00 a 14:00, y, 14:00 a 16:00. La jornada 3 tendrá 2 horarios: 16:00 a 18:00, y, 18:00 a 19:00.
- ✓ Si un punto es medido de 7:00 a 9:00, la próxima medida será de 12:00 a 14:00, y la tercera medida será de 16:00 a 18:00. De ésta manera se cumple con 6 horas de medición.

⁹² Presidencia de la República del Ecuador, “Límites permisibles de niveles de ruido ambiente para fuentes fijas y fuentes móviles, y para vibraciones- Libro VI, Anexo 5”, Sitio Web: <http://www.recaiecuador.com/Biblioteca%20Ambiental%20Digital/TULAS.pdf/LIBRO%20VI%20Anexo%205.pdf>

- ✓ Si un punto es medido de 9:00 a 12:00, la próxima medida será de 14:00 a 16:00, y la tercera medida será de 18:00 a 19:00. De ésta manera se cumple con 6 horas de medición.
- ✓ Otra consideración es que las medidas duran aproximadamente 2 o 3 horas dependiendo la jornada de medición, debido al tiempo para movilizarse de un punto a otro y el tiempo para descargar la información recolectada a la PC en determinado punto.
- ✓ Se decidió empezar por los edificios que se encuentran cercanos entre sí, con el fin de poder movilizarse rápidamente al siguiente punto y de esta manera agilizar las mediciones.
- ✓ En otros lugares, se decidió agilizar las mediciones tomando en cuenta un edificio y un parqueadero simultáneamente, es decir un punto interno y uno externo simultáneamente.

Esta planificación es tanto para los puntos internos como los externos, solo hay algunas excepciones en donde se realizó las mediciones en una sola jornada completa por motivos de eventos realizados en estos lugares.

3.3 TOMA DE MEDICIONES EN EL CAMPUS POLITÉCNICO

En esta sección se mostrará los diferentes puntos de cada edificio del Campus Politécnico tanto internos como externos y sus respectivas jornadas y las fechas en las que se tomaron las mediciones.

3.3.1 MEDICIONES INTERNAS

Lugar: Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica (Edificio Eléctrica-Electrónica)

Planta	Ubicación del Punto	ID del punto	Fecha de Medición	Jornada 1		Jornada 2		Jornada 3	
				Media (dBA)		Media (dBA)		Media (dBA)	
				7-9 Horas	9-12 Horas	12-14 Horas	14-16 Horas	16-18 Horas	18-19 Horas
Planta Baja	Pasillo	1-H1	Jueves 12/10/18	37,91	-	63,68	-	54,21	-
	Copiadora	2-C1	Jueves 12/10/18	65,95	-	63,43	-	62,77	-
1	Hall	3-H2	Miércoles 12/10/17	58,72	-	65,67	-	60,54	-
	Pasillo de Laboratorios	4-H3	Miércoles 12/10/17	57,8	-	61,5	-	60,84	-
2	Coordinación de la Carrera de Redes	5-O1	Jueves 12/10/18	-	54,66	-	54,17	-	52,36
	Pasillo	6-H4	Jueves 12/10/18	-	41,63	-	33,75	-	41,37
3	Aula Magna	7-AM1	Miércoles 12/10/17	-	51,13	-	-	-	-
	Pasillo	8-H5	Miércoles 12/10/17	-	53,44	-	53,61	-	55,65

Tabla 3. 2: Medidas Edificio Eléctrica-Electrónica

Lugar: Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica (Edificio Química-Eléctrica)

Planta	Ubicación del Punto	ID del punto	Fecha de Medición	Jornada 1		Jornada 2		Jornada 3	
				Media (dBA)		Media (dBA)		Media (dBA)	
				7-9 Horas	9-12 Horas	12-14 Horas	14-16 Horas	16-18 Horas	18-19 Horas
Planta Baja	Asociación de Estudiantes Eléctricos	9-AE1	Martes 12/10/30	53,8	-	61,98	-	63,41	-
	Aula QE-002	10-A1	Martes 12/10/30	-	57,9	-	57,4	-	-
1	Biblioteca de Electrónica	11-B1	Viernes 12/10/19	-	54,49	-	54,1	-	53,19
	Laboratorio de Tecnología Textil	12-L1	Viernes 12/10/19	-	50,97	-	-	-	-

Continúa

2	Oficina 202	13-O2	Viernes 12/10/19	38,15	-	34,11	-	34,83	-
	Pasillo	14-H6	Viernes 12/10/19	57,16	-	57,9	-	54,74	-
	Laboratorio de Alimentos	15-L2	Lunes 12/10/22	-	56,54	-	59,87	-	-
3	Pasillo de Ingeniería Química	16-H7	Lunes 12/10/22	-	57,39	-	52,32	-	48,11
	Aula QE-306	17-A2	Lunes 12/10/22	58,25	-	55,61	-	54,98	-
	Pasillo	18-H8	Lunes 12/10/22	55,94	-	55,7	-	54,92	-
4	Aula QE-403	19-A3	Jueves 12/10/25	52,43	-	-	-	55,33	-
	Pasillo	20-H9	Jueves 12/10/25	48,96	-	56,42	-	42,76	-
	Laboratorio de Termodinámica	21-L3	Jueves 12/10/25	-	43,76	-	56,08	-	-
5	Laboratorio de Petróleos	22-L4	Jueves 12/10/25	-	59,55	-	42,76	-	-
	Pasillo	23-H10	Viernes 12/10/26	-	56,28	-	51,53	-	52,53
	Aula QE-504	24-A4	Viernes 12/10/26	-	59,35	-	-	-	-
6	Academia ACIERTE	25-O3	Viernes 12/10/26	55,01	-	57,13	-	54,7	-
	Biblioteca de Química	26-B2	Viernes 12/10/26	45,3	-	53,12	-	46,22	-
	Asociación de Química	27-AE2	Lunes 12/10/29	-	64,18	-	-	-	62,62
7	Aula QE-713	28-A5	Lunes 12/10/29	-	58,87	-	56,76	-	-
	Pasillo	29-H11	Lunes 12/10/29	51,12	-	56,37	-	57,42	-
	Aula QE-701	30-A6	Lunes 12/10/29	52,42	-	-	-	-	-

Tabla 3. 3: Medidas Edificio Química-Eléctrica

Lugar: Facultad de Ingeniería Mecánica (Edificio Grande – 4 Plantas)

Planta	Ubicación del Punto	ID del punto	Fecha de Medición	Jornada 1		Jornada 2		Jornada 3	
				Media (dBA)		Media (dBA)		Media (dBA)	
				7-9 Horas	9-12 Horas	12-14 Horas	14-16 Horas	16-18 Horas	18-19 Horas
Planta Baja	Copiadora	31-C2	Miércoles 12/10/31	59,94	-	66,55	-	58,71	-
1	Aula M-112	32-A7	Jueves 12/11/1	55,17	-	-	-	-	-
2	Pasillo	33-H12	Jueves 12/11/1	54,62	-	62,92	-	62,09	-
3	Pasillo	34-H13	Jueves 12/11/1	-	57,76	-	65,05	-	-

Tabla 3. 4: Medidas Edificio Grande Mecánica

Lugar: Facultad de Ingeniería Mecánica (Edificio Pequeño – 1 Planta)

Planta	Ubicación del Punto	ID del punto	Fecha de Medición	Jornada 1		Jornada 2		Jornada 3	
				Media (dBA)		Media (dBA)		Media (dBA)	
				7-9 Horas	9-12 Horas	12-14 Horas	14-16 Horas	16-18 Horas	18-19 Horas
Planta Baja	Laboratorio Resistencia de Materiales	35-L5	Miércoles 12/10/31	-	57,71	-	56,55	-	-
Planta Baja	Laboratorio Máquinas Herramientas	155-L13	Miércoles 13/09/25	69,49	71,9	68,84	-	-	-

Tabla 3. 5: Medidas Edificio Pequeño Mecánica

Lugar: Facultad de Ingeniería Química y Agroindustrial (Edificio Pequeño)

Planta	Ubicación del Punto	ID del punto	Fecha de Medición	Jornada 1		Jornada 2		Jornada 3	
				Media (dBA)		Media (dBA)		Media (dBA)	
				7-9 Horas	9-12 Horas	12-14 Horas	14-16 Horas	16-18 Horas	18-19 Horas
Planta Baja	Hall	36-H14	Martes 12/11/27	-	65,22	-	63,22	-	52,13
	Copiadora	37-C3	Martes 12/11/27	-	62,25	-	59,61	-	-

Tabla 3. 6: Medidas Edificio Pequeño Química- Agroindustria

Lugar: Facultad de Ingeniería Química y Agroindustrial (Aula Magna)

Planta	Ubicación del Punto	ID del punto	Fecha de Medición	Jornada 1		Jornada 2		Jornada 3	
				Media (dBA)		Media (dBA)		Media (dBA)	
				7-9 Horas	9-12 Horas	12-14 Horas	14-16 Horas	16-18 Horas	18-19 Horas
2	Interior izquierdo	38-AM2	Martes 12/10/23	-	59,48	-	-	-	-
2	Interior derecho	39-AM3	Martes 12/10/23	-	59,61	-	-	-	-

Tabla 3. 7: Medidas Edificio Química y Agroindustrial (Aula Magna)

Lugar: Facultad Escuela de Formación de Tecnólogos (Aulas de ESFOT)

Planta	Ubicación del Punto	ID del punto	Fecha de Medición	Jornada 1		Jornada 2		Jornada 3	
				Media (dBA)		Media (dBA)		Media (dBA)	
				7-9 Horas	9-12 Horas	12-14 Horas	14-16 Horas	16-18 Horas	18-19 Horas
1	Aula ESFOT-39	40-A8	Martes 12/11/13	66,98	-	60,71	-	65,33	-
1	Sala de Lectura	41-B3	Martes 12/11/13	-	51,87	-	51,87	-	-
1	Aula ESFOT-24	42-A9	Martes 12/11/13	65,87	-	-	-	57,84	-
1	Sala de Computación	43-L6	Martes 12/11/13	-	60,64	-	59,66	-	-

Tabla 3. 8: Medidas Escuela de Formación de Tecnólogos

Lugar: Facultad Geología y Petróleos

Planta	Ubicación del Punto	ID del punto	Fecha de Medición	Jornada 1		Jornada 2		Jornada 3	
				Media (dBA)		Media (dBA)		Media (dBA)	
				7-9 Horas	9-12 Horas	12-14 Horas	14-16 Horas	16-18 Horas	18-19 Horas
1	Aula A1	44-A10	Viernes 12/11/9	-	67,83	-	62,74	-	-
	Sala de Lectura	46-B4	Viernes 12/11/9	56,49	-	-	-	58,98	-
2	Aula A4	45-A11	Miércoles 12/11/28	-	60,16	-	59,8	-	-
	Laboratorio de Computación	47-L7	Lunes 12/12/3	-	66,31	-	67,83	-	-

Tabla 3. 9: Medidas Geología y Petróleos

Lugar: Facultad de Ciencias (Edificio de Abastecimientos)

Planta	Ubicación del Punto	ID del punto	Fecha de Medición	Jornada 1		Jornada 2		Jornada 3	
				Media (dBA)		Media (dBA)		Media (dBA)	
				7-9 Horas	9-12 Horas	12-14 Horas	14-16 Horas	16-18 Horas	18-19 Horas
Planta Baja	Entrega de Suministros	48-04	Lunes 12/11/19	-	54,71	-	56,73	-	-
1	Oficina de Suministros	49-05	Lunes 12/11/19	-	53,05	-	52,66	-	-
2	Pasillo de la ACI	50-H15	Jueves 12/11/29	-	59,11	-	66,31	-	42,38
3	Laboratorio de Computación	51-L8	Lunes 12/11/19	53,67	-	56,68	-	51,95	-
4	Pasillo de la Asociación de Profesores	52-H16	Jueves 12/11/29	-	62,19	-	70,31	-	39,52
5	Aula 501	53-A12	Lunes 12/11/19	58,9	-	59,57	-	54,86	-

Tabla 3. 10: Medidas Ciencias (Abastecimientos)

Lugar: Facultad de Ciencias Administrativas (Edificio de Económicas)

Planta	Ubicación del Punto	ID del punto	Fecha de Medición	Jornada 1		Jornada 2		Jornada 3	
				Media (dBA)		Media (dBA)		Media (dBA)	
				7-9 Horas	9-12 Horas	12-14 Horas	14-16 Horas	16-18 Horas	18-19 Horas
Subsuelo	Decanato	54-06	Lunes 12/11/12	-	64,36	-	61,81	-	-
Planta Baja	Secretaría	55-07	Lunes 12/11/12	-	54,67	-	59,85	-	-
	Hall de Económicas	56-H17	Lunes 12/11/12	60,91	-	62,67	-	58,88	-
1	Aula 3	57-A13	Lunes 12/11/12	60,08	-	-	-	60,83	-

Tabla 3. 11: Medidas Ciencias Administrativas (Económicas)

Lugar: Facultad de Ciencias Administrativas (Edificio de Administración)

Planta	Ubicación del Punto	ID del punto	Fecha de Medición	Jornada 1		Jornada 2		Jornada 3	
				Media (dBA)		Media (dBA)		Media (dBA)	
				7-9 Horas	9-12 Horas	12-14 Horas	14-16 Horas	16-18 Horas	18-19 Horas
Subsuelo	UGI	58-08	Miércoles 12/11/14	-	-	62,66	-	58,28	-
	Pasillo ascensores	59-H18	Jueves 12/11/15	41,51	-	59,56	-	57,58	-
Planta Baja	Biblioteca	60-B5	Miércoles 12/11/14	54,28	-	53,28	-	61,55	-
	Pasillo	61-H19	Jueves 12/11/15	61,92	-	60,08	-	62,66	-
1	Tesorería	62-09	Jueves 12/10/11	54,28	-	57,58	-	53,24	-
	Pasillo de Tesorería	63-H20	Jueves 12/11/15	-	46,75	-	65,93	-	53,28
4	Dirección de Planificación	64-O10	Miércoles 12/11/14	-	53,24	-	54,28	-	-
	Pasillo	65-H21	Jueves 12/11/15	-	46,01	-	68,97	-	54,78
6	Laboratorio Departamento de Matemáticas	66-O11	Miércoles 12/11/14	-	54,78	-	57,58	-	-
	Pasillo	67-H22	Jueves 12/11/15	54,01	-	54,78	-	51,01	-
7	Departamento de Matemáticas	68-O12	Miércoles 12/11/14	-	59,56	-	60,08	-	-
	Pasillo	69-H23	Jueves 12/10/11	-	51,01	-	53,24	-	54,28

Tabla 3. 12: Medidas Ciencias Administrativas (Administración)

Lugar: Hemiciclo Politécnico

Planta	Ubicación del Punto	ID del punto	Fecha de Medición	Jornada 1		Jornada 2		Jornada 3	
				Media (dBA)		Media (dBA)		Media (dBA)	
				7-9 Horas	9-12 Horas	12-14 Horas	14-16 Horas	16-18 Horas	18-19 Horas
Planta Baja	Interior izquierdo	70-AM4	Martes 12/10/23	-	-	-	49,74	-	-
Planta Baja	Interior derecho	71-AM5	Martes 12/10/23	-	-	-	54,01	-	-

Tabla 3. 13: Medidas Hemiciclo Politécnico

Lugar: Facultad de Ingeniería Ambiental (Edificio de Ambiental)

Planta	Ubicación del Punto	ID del punto	Fecha de Medición	Jornada 1		Jornada 2		Jornada 3	
				Media (dBA)		Media (dBA)		Media (dBA)	
				7-9 Horas	9-12 Horas	12-14 Horas	14-16 Horas	16-18 Horas	18-19 Horas
Planta Baja	Asociación de Estudiantes	72-AE3	Martes 12/11/20	60,37	-	60,01	-	-	-
1	Pasillo	73-H24	Martes 12/11/20	59,17	-	54,32	-	63,51	-
2	Oficina 201	74-013	Martes 12/11/20	-	52,27	-	49,23	-	-
3	Secretaría de Ingeniería Ambiental	75-O14	Martes 12/11/20	-	55,8	-	53,17	-	-

Tabla 3. 14: Medidas Ambiental

Lugar: Departamento de Formación Básica (Edificio ICB)

Planta	Ubicación del Punto	ID del punto	Fecha de Medición	Jornada 1		Jornada 2		Jornada 3	
				Media (dBA)		Media (dBA)		Media (dBA)	
				7-9 Horas	9-12 Horas	12-14 Horas	14-16 Horas	16-18 Horas	18-19 Horas
1	Cafetería	76-CA1	Miércoles 12/11/7	-	64,5	-	69,48	-	70,31
2	Sala de Lectura	77-B6	Miércoles 12/11/7	57,43	-	54,38	-	57,47	-
	Pasillo de Copiadora	78-H25	Miércoles 12/11/7	55,91	-	65,6	-	60,3	-
3	Laboratorio de Computación (Aula 310)	79-L9	Miércoles 12/11/7	-	63,31	-	51,25	-	-
4	Pasillo	80-H26	Jueves 12/11/29	52,66	-	65,38	-	57,43	-
6	Aula 603	81-A14	Jueves 12/11/29	48,02	-	-	-	58,45	-

Tabla 3. 15: Medidas Departamento de Formación Básica

Lugar: Facultad de Ingeniería en Sistemas (Edificio de Sistemas)

Planta	Ubicación del Punto	ID del punto	Fecha de Medición	Jornada 1		Jornada 2		Jornada 3	
				Media (dBA)		Media (dBA)		Media (dBA)	
				7-9 Horas	9-12 Horas	12-14 Horas	14-16 Horas	16-18 Horas	18-19 Horas
Subsuelo	Parqueadero	82-P1	Martes 12/11/27	49,33	-	70,01	-	66,93	-
Planta Baja	Comedor	83-CA2	Martes 12/11/27	53,33	-	74,76	-	70,5	-
1	FEPON	84-O15	Lunes 12/11/26	-	48,57	-	48,09	-	-
	Enfermería	85-E1	Lunes 12/11/26	-	57,4	-	54,04	-	-
2	Pasillo de Área de docentes	86-H27	Lunes 12/11/26	44,46	-	61,25	-	48,51	-
	Sala de lectura	87-B7	Lunes 12/11/26	41,16	-	48,58	-	52,24	-
3	Laboratorio SYS2K	88-L10	Viernes 12/11/23	-	50,66	-	53,33	-	-
	Pasillo	89-H28	Viernes 12/11/23	-	54,95	-	57,33	-	52,24
4	Aula 404	90-A15	Viernes 12/11/23	58,22	-	55,91	-	-	-
5	Aula 504	91-A16	Viernes 12/11/23	52,78	-	54,95	-	-	-

Tabla 3. 16: Mediciones Sistemas

Lugar: Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental (Edificio de Civil)

Planta	Ubicación del Punto	ID del punto	Fecha de Medición	Jornada 1		Jornada 2		Jornada 3	
				Media (dBA)		Media (dBA)		Media (dBA)	
				7-9 Horas	9-12 Horas	12-14 Horas	14-16 Horas	16-18 Horas	18-19 Horas
Planta Baja	Pasillo del Laboratorio	92-H29	Miércoles 12/11/28	59,45	-	59,64	-	59,47	-
Mezzanine	Pasillo oficinas	93-H30	Miércoles 12/11/28	61,73	-	60,26	-	62,34	-
1	Laboratorio de Física	94-L11	Jueves 12/11/22	-	54,74	-	56,62	-	-
2	Decanato	95-O16	Jueves 12/11/22	-	52,49	-	53,71	-	-
	Aula CIV-207	96-A17	Jueves 12/11/22	56,35	-	-	-	72,91	-

Continúa

3	Pasillo de copiadora	97-H31	Jueves 12/11/22	58,07	-	59,33	-	68,06	-
	Biblioteca	98-B8	Miércoles 12/11/21		52,67	-	59,8	-	52,46
5	Aula CIV-501	99-A18	Miércoles 12/11/21	55,34	-	55,97	-	-	-
	Pasillo	100-H32	Miércoles 12/11/21	55,05	-	55,83	-	54,83	-
6	Instituto Geofísico	101-L12	Miércoles 12/11/21	-	52,67	-	58,52	-	-

Tabla 3. 17: Mediciones Civil

Lugar: Centro de Investigación de la Vivienda (Laboratorio de Estructuras)

Planta	Ubicación del Punto	ID del punto	Fecha de Medición	Jornada 1		Jornada 2		Jornada 3	
				Media (dBA)		Media (dBA)		Media (dBA)	
				7-9 Horas	9-12 Horas	12-14 Horas	14-16 Horas	16-18 Horas	18-19 Horas
1	Oficina	102-O17	Miércoles 12/11/28	-	53,4	-	57,4	-	-

Tabla 3. 18: Mediciones Laboratorio de Estructuras

Lugar: Teatro Politécnico

Planta	Ubicación del Punto	ID del punto	Fecha de Medición	Jornada 1		Jornada 2		Jornada 3	
				Media (dBA)		Media (dBA)		Media (dBA)	
				7-9 Horas	9-12 Horas	12-14 Horas	14-16 Horas	16-18 Horas	18-19 Horas
1	Interior izquierdo	103-T1	Martes 12/10/23	-	73,41	-	-	-	-
1	Interior derecho	104-T2	Martes 12/10/23	-	69,77	-	-	-	-

Tabla 3. 19: Mediciones Teatro Politécnico

3.3.2 MEDICIONES EXTERNAS

Lugar: Parquaderos

Ubicación del Punto	ID del punto	Fecha de Medición	Jornada 1		Jornada 2		Jornada 3	
			Media (dBA)		Media (dBA)		Media (dBA)	
			7-9 Horas	9-12 Horas	12-14 Horas	14-16 Horas	16-18 Horas	18-19 Horas
Electrónica	105-P2	Martes 12/10/09	69,14	-	72,77	-	62,26	-
Entre Electrónica y Mecánica	106-P3	Martes 12/10/30	-	53,27	-	62,26	-	51,95
Mecánica	107-P4	Miércoles 12/10/31	51,58	-	56,46	-	48,25	-
Redondel de Mecánica	108-P5	Lunes 12/10/8	-	46,61	-	50,93	-	53,59
Mecánica (junto a las canchas)	109-P6	Lunes 12/10/8	49,24	-	48,25	-	51,58	-
ICB	110-P7	Martes 12/10/09	-	56,46	-	62,26	-	53,16
Petróleos	111-P8	Viernes 12/11/9	57,25	-	60,38	-	58,8	-
Ciencias	112-P9	Lunes 12/10/8	53,35	-	54,02	-	53,16	-
Ciencias (cerca de Geología y Petróleos)	113-P10	Viernes 12/11/9	-	69,14	-	72,86	-	70,5
Tecnólogos (cerca de la calle Toledo y el Estadio)	114-P11	Viernes 12/11/30	-	60,38	-	74,36	-	72,77
Tecnólogos (cerca de la calle Toledo)	115-P12	Viernes 12/11/30	60,18	-	60,91	-	70,82	-
CIERHI	116-P13	Viernes 12/11/30	62,74	-	62,17	-	69,14	-
Tecnólogos (cerca de la Cerrajería)	117-P14	Jueves 12/10/11	49,04	-	47,67	-	48,04	-
Tecnólogos (cerca de la base de guardianía)	118-P15	Jueves 12/10/11	-	51,94	-	53,35	-	58,8

Continúa

Acelerador de Electrones	119-P16	Miércoles 12/12/5	49,67	-	62,48	-	53,4	-
CIAP	120-P17	Martes 12/12/4	-	60,19	-	64,9	-	49,22
Entrada a la Universidad (cerca la Ladrón de Guevara)	121-P18	Martes 12/12/4	-	51,84	-	60,87	-	59,27
Edificio de Construcciones de Civil	122-P19	Martes 12/12/4	52,67	-	55,73	-	50,48	-
Civil	123-P20	Martes 12/12/4	51,94	-	55,11	-	61,86	-
Económicas	124-P21	Miércoles 12/10/10	-	44,67	-	53,56	-	52,52
Entrada a la Universidad (Por el Coliseo Rumiñahui)	125-P22	Miércoles 12/10/10	49,16	-	49,5	-	54,13	-
Administración	126-P23	Miércoles 12/10/10	-	55,11	-	59,27	-	60,19
Redondel del estadio	127-P24	Lunes 12/10/8	48,78	-	56,12	-	50,81	-

Tabla 3. 20: Mediciones Parqueaderos

Lugar: Entradas a la Universidad

Ubicación del Punto	ID del punto	Fecha de Medición	Jornada 1		Jornada 2		Jornada 3	
			Media (dBA)		Media (dBA)		Media (dBA)	
			7-9 Horas	9-12 Horas	12-14 Horas	14-16 Horas	16-18 Horas	18-19 Horas
Entrada por Eléctrica	128-EU1	Lunes 12/10/15	56,09	-	59,83	-	53,38	-
Entrada por Civil	129-EU2	Miércoles 12/12/5	-	51,03	-	52,95	-	50,48
Entrada por Administración	130-EU3	Miércoles 12/12/5	-	64,9	-	60,87	-	62,48
Entrada por Química	131-EU4	Miércoles 12/12/5	-	53,38	-	51,94	-	55,73
Entrada por ESFOT	132-EU5	Miércoles 12/12/5	-	59,83	-	55,72	-	56,12
Entrada por CEC	133-EU6	Lunes 12/10/15	50,8	-	56,71	-	49,84	-

Tabla 3. 21: Mediciones Entradas a la Universidad

Lugar: Áreas de Descanso y Recreativas

Ubicación del Punto	ID del punto	Fecha de Medición	Jornada 1		Jornada 2		Jornada 3	
			Media (dBA)		Media (dBA)		Media (dBA)	
			7-9 Horas	9-12 Horas	12-14 Horas	14-16 Horas	16-18 Horas	18-19 Horas
ICB (Área verde)	134-AO1	Jueves 12/11/1	-	47,08	-	52,04	-	51,03
Redondel Teatro (Área verde)	135-AO2	Lunes 12/10/15	44,98	-	56,09	-	42,5	-
Entre Administración y Ambiental	136-AO3	Martes 12/10/9	39,5	-	45,07	-	46,32	-
Económicas	137-AO4	Lunes 12/10/15	-	45,32	-	53	-	51,01
Parque detrás de Civil	138-AO5	Martes 12/10/9	46,24	-	49,84	-	56,71	-
Estadio (cerca de la Calle Toledo)	139-AO6	Viernes 12/11/30	-	61,75	-	72,77	-	74,36
Estadio (graderío)	140-AO7	Miércoles 12/10/10	58,79	-	53,38	-	51,01	-
Departamento de Ciencias Biológicas (Área verde)	141-AO8	Viernes 12/10/5	44,09	-	55,41	-	53	-
Parque de la Facultad de Ciencias	142-AO9	Viernes 12/10/5	-	40,19	-	45,06	-	44,83
Canchas de Básquet (graderío)	143-AO10	Jueves 12/10/4	-	56,84	-	58,03	-	49,5
Canchas de Voley	144-AO11	Jueves 12/10/4	61,99	-	58,84	-	63,3	-
Parque detrás de la ESFOT	145-AO12	Martes 12/10/9	-	41,84	-	46,9	-	46,74
Canchas (Tae kwan Do)	146-AO13	Jueves 12/10/4	-	48,68	-	50,8	-	48,78
Gimnasio (Área verde)	147-AO14	Lunes 12/12/3	56,57	-	58,36	-	61,75	-
Mecánica (Área verde)	148-AO15	Miércoles 12/10/31	-	52,95	-	63,79	-	58,7
Mecánica (Ping pong)	149-AO16	Jueves 12/10/4	-	61,31	-	64,55	-	60,38

Continúa

<i>Entre los Edificios de Electrónica</i>	150-AO17	Martes 12/10/30	55,94	-	59,99	-	57,71	-
<i>Mecánica (canchas)</i>	151-AO18	Viernes 12/10/5	62,3	-	61,33	-	56,74	-
<i>Cancha ESFOT (Bombonerita)</i>	152-AO19	Martes 12/10/9	-	46,49	-	58,22	-	48,52
<i>Salida de Química (Área verde)</i>	153-AO20	Viernes 12/10/5	-	49,79	-	45,94	-	52,59
<i>Parque junto a la Bombonerita</i>	154-AO21	Lunes 12/12/3	59,47	-	60,71	-	58,8	-

Tabla 3. 22: Mediciones Áreas de Descanso y Recreativas

3.4 INFORME DIARIO DE RUIDO AMBIENTAL

3.4.1 NORMATIVA

Con respecto a la normativa de nuestro país, se analizó la Ordenanza Metropolitana 123 de Quito del 5 de Julio del 2004, y se halló que no existe suficiente información sobre el ruido en los diferentes usos de área específica, pues esta Ordenanza únicamente engloba el ambiente educativo en una única zona denominada Zona Equipamientos y Protección, en donde de acuerdo al Libro VI, anexo 5, del Texto Unificado de Legislación Secundaria del 31 de Marzo del 2003, dentro de esta zona se encuentra la hospitalaria y educativa cuyo nivel máximo permisible es de 45 dBA, con lo cual ningún punto cumpliría con este máximo permitido a excepción de 4 puntos que en comparación con el total de puntos representa el 2,6% del Total. Con esto, si el enfoque se realiza con las ordenanzas de nuestro país, en el plan de contingencia a considerarse se plantearía realizar una fuerte inversión en la adecuación de puntos internos y externos del Campus Politécnico, para disminuir y cumplir con los límites establecidos. Además cabe mencionar que no ha habido actualizaciones de la ordenanza en lo referente a límites de ruido y hasta la actual fecha se usa esta norma aplicada años atrás.

Dado el hecho mencionado, el análisis se hizo aplicando la Ley de España, específicamente una de sus ordenanzas, debido a que es un país donde los estudios de ruido están más desarrollados.

Se ha establecido utilizar como base para las mediciones de ruido la Ordenanza de Madrid, la cual establece los valores máximos permisibles de presión sonora de acuerdo al tipo de zona. Adicional a ésta, se usó otras normas de España para complementar de mejor manera la tabla definitiva de valores límites de ruido aplicada al proyecto de titulación. La tabla definitiva de valores máximos permisible de ruido es la siguiente:

Norma y Tipo de Área Acústica	Uso	Valor Límite dBA
Ordenanza de Madrid Tipo I (e)	Aula, sala de lectura, biblioteca, enfermería.	50
Ordenanza de Madrid Tipo II (a)	Zona verde, parque, cancha para deporte individual o con pocos participantes.	55
Ordenanza de Madrid Tipo III (d)	Oficina, copiadora, cafetería, comedor.	60
Ordenanza de Madrid Tipo IV (c)	Teatro, aula magna, asociación estudiantil, pasillo, lugar de reunión al aire libre, cancha para deporte con público.	63
Ordenanza de Madrid Tipo V (b)	Laboratorio.	65
Observatorio Salud y Medio Ambiente – España 2012 Ruido y Salud	Tráfico rodado tranquilo (parqueadero).	70

Tabla 3. 23: Normativa del Proyecto

Estos valores se consideran cumplidos si los valores no exceden en 5db o más el límite de aplicación fijado en la tabla.

3.4.2 METODOLOGÍA UTILIZADA PARA LAS MEDICIONES

Desde agosto 10 del 2012 se empezó a realizar las mediciones del ruido ambiental, en el campus Politécnico llevando una organización previa del lugar y horario de medida. Estas mediciones se realizaron con instrumentos adecuados de medición como son los sonómetros clase 2. A continuación se detalla las especificaciones técnicas de los instrumentos utilizados:

Especificaciones Técnicas del Sonómetro EXTECH 407760 USB Sound Level Datalogger:

Rango	30 a 130 dB
Rango de frecuencia	31.5 a 8kHz
Precisión básica	± 1.4 dB (a 1kHz)
Ponderación	A y C
Tiempo de respuesta	Rápido (125 ms) / Lento (1s)
Registro de datos	129.920 puntos
Interfaz de PC	USB
Dimensiones	5.1 x 1.1 x 0.9 '(130 x 30 x 25 mm)
Peso	1 oz (20 g)
Estándar de frecuencia	Clase 2

Tabla 3. 24 Especificaciones Técnicas del sonómetro utilizado

Los parámetros o características adicionales que muestra el sonómetro son Nivel de Presión Acústica Máximo (L_{max}), Nivel de Presión Acústica Mínimo (L_{min}), Nivel de Presión Acústica Continua ponderación A (L_{avg}) y el Nivel de Ruido de Fondo. A partir de estos parámetros se obtendrán otros como son: el valor del promediado energético de las jornadas, y el patrón de exposición al ruido promedio. Por la limitación del sonómetro clase 2 no se pudo obtener el espectro de frecuencias pues para obtenerlo se debía contar con un sonómetro clase 0. Otra alternativa fue realizar las mediciones simultáneamente con un instrumento de medición denominado dosímetro de muy elevado costo y por ende no se lo adquirió.

La duración consiste en el tiempo que el sonómetro está en funcionamiento, es decir se lo programó para medir un intervalo determinado, en el cual se obtiene un registro de lecturas de mediciones durante todo el tiempo de muestreo.

3.4.3 RESULTADOS Y ANÁLISIS DE LAS MEDICIONES

El valor promediado energético de las mediciones se lo obtuvo mediante la expresión:

$$\langle L \rangle = 10 \times \lg \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n 10^{0,1 \times L_i} \right] \quad (3.1)^{93}$$

Donde:

$\langle L \rangle$: es el promediado energético del nivel de presión acústica continua ponderación

A. Se lo simboliza también como $L_{Aeq,T}$.

\lg : es logaritmo base 10.

n : es el número de niveles a promediar.

L_i : es cada valor de nivel de presión acústica continua medido con el sonómetro en dBA.

El Patrón de Exposición al ruido es un valor en dBA que indica la cantidad de ruido a la que está expuesto un individuo, en determinado tiempo de muestreo, en cierto ambiente de trabajo. Se considerarán todos los ruidos existentes, incluidos los ruidos de impulso. El valor del patrón de exposición al ruido promedio se lo obtuvo con la expresión:

⁹³ “Como evaluar los riesgos derivados de la exposición al ruido”, Sitio Web: http://www.areacontract.com/html/es/prl/guias/Guia_UNEX1.pdf

$$L_{Aeq,d} = L_{Aeq,T} + 10 \lg \frac{T}{8} \quad (3.2)^{94}$$

Donde:

$L_{Aeq,d}$: es el nivel de exposición al ruido promedio diario, el cual se tomará para obtener el patrón.

$L_{Aeq,T}$: es el nivel de presión acústica continuo promediado ponderado A.

T : es el tiempo de exposición al ruido en horas/día.

A continuación se verá un ejemplo de un punto al cual se calculó su promedio energético final y el patrón de exposición de ruido obtenido:

**LUGAR: Planta Baja de la Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica
(Edificio Eléctrica-Electrónica)**

UBICACIÓN DEL PUNTO: Pasillo

MEDIDAS:

Ubicación del Punto	ID del punto	Fecha de Medición	Jornada 1		Jornada 2		Jornada 3	
			Media (dBA)		Media (dBA)		Media (dBA)	
			7-9 Horas	9-12 Horas	12-14 Horas	14-16 Horas	16-18 Horas	18-19 Horas
Pasillo	1-H1	Jueves 12/10/18	37,91	-	63,68	-	54,21	-

Tabla 3. 25 Medidas obtenidas con el sonómetro, en cada Jornada, en el punto Pasillo ubicado en la Planta Baja del Edificio Eléctrica-Electrónica

⁹⁴http://www.insht.es/portal/site/Insht/menuitem.1f1a3bc79ab34c578c2e8884060961ca/?vgnextoid=e9cce23615dc5110VgnVCM100000dc0ca8c0RCRD&vgnnextchannel=75164a7f8a651110VgnVCM100000dc0ca8c0RCRD&nodoSel=f43810fa129a8110VgnVCM100000b80ca8c0____&tab=tabConsultaIndice

GRÁFICO DE UNA DE LAS MEDIDAS OBTENIDAS CON EL SONÓMETRO:

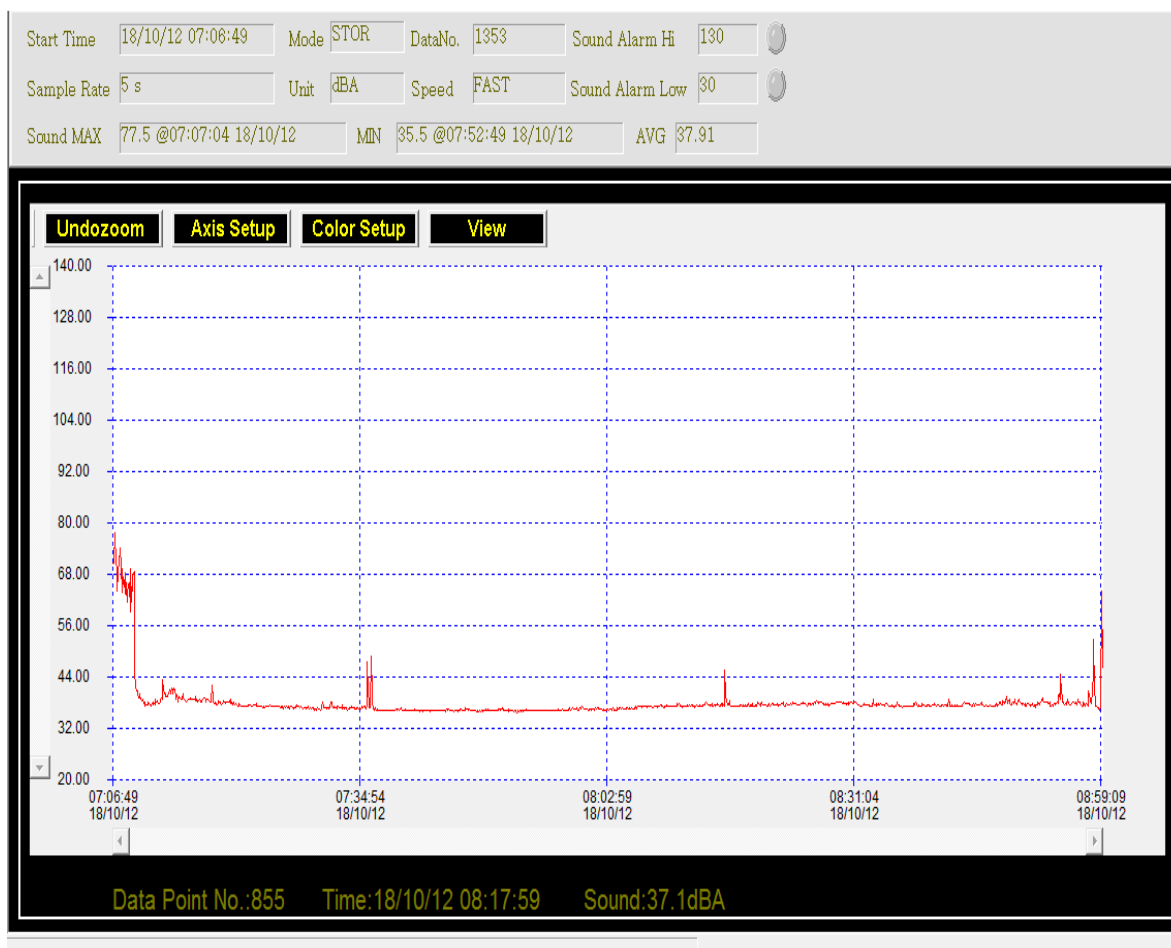


Figura 3. 2 Diagrama del sonómetro obtenido

La imagen muestra que se ha realizado 1353 lecturas (Data No. 1353) en el período de medida; debido a que son tantas, a continuación se detalla las primeras lecturas en formato Excel de cómo nos muestra el sonómetro:

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Test Report							
2								
3	>>Start Time: 18/10/12 07:06:49 Samprate: 5 s Data number: 1353 Speed: FAST Mode: STOR							
4	>>Sound MAX: 77.5 @07:07:04 18/10/12 Sound MIN: 35.5 @07:52:49 18/10/12 Sound AVG: 37.91							
5	-----							
6	NO	SOUND	UNIT	TIME				
7	1	60.8	dB	18-10-12/07:06:49				
8	2	70.3	dB	18-10-12/07:06:54				
9	3	70.3	dB	18-10-12/07:06:59				
10	4	77.5	dB	18-10-12/07:07:04				
11	5	75.8	dB	18-10-12/07:07:09				
12	6	72.0	dB	18-10-12/07:07:14				
13	7	67.9	dB	18-10-12/07:07:19				
14	8	63.9	dB	18-10-12/07:07:24				
15	9	68.1	dB	18-10-12/07:07:29				
16	10	71.0	dB	18-10-12/07:07:34				
17	11	73.4	dB	18-10-12/07:07:39				
18	12	73.9	dB	18-10-12/07:07:44				
19	13	69.8	dB	18-10-12/07:07:49				
20	14	63.6	dB	18-10-12/07:07:54				
21	15	69.1	dB	18-10-12/07:07:59				
22	16	65.5	dB	18-10-12/07:08:04				
23	17	66.7	dB	18-10-12/07:08:09				
24	18	63.4	dB	18-10-12/07:08:14				
25	19	68.1	dB	18-10-12/07:08:19				
26	20	64.3	dB	18-10-12/07:08:24				
27	21	61.5	dB	18-10-12/07:08:29				

Figura 3. 3: Registro de lectura de las mediciones del sonómetro

Estas medidas no se adjuntarán en el presente Proyecto debido a que son muchas lecturas, es por eso que se la muestra como un ejemplo.

APLICACIÓN DE LAS FÓRMULAS:

$$\langle L \rangle = 10 * \lg \left[\frac{1}{3} (10^{0.1*37.91}) (10^{0.1*63.68}) (10^{0.1*54.21}) \right] = 59.4 \text{ dBA}$$

$$L_{Aeq,d} = 59.4 + 10 * \lg \left[\frac{6}{8} \right] = (59.4 - 0.124) = 58.2 \text{ dBA}$$

Diagrama de barras del punto “Pasillo”:

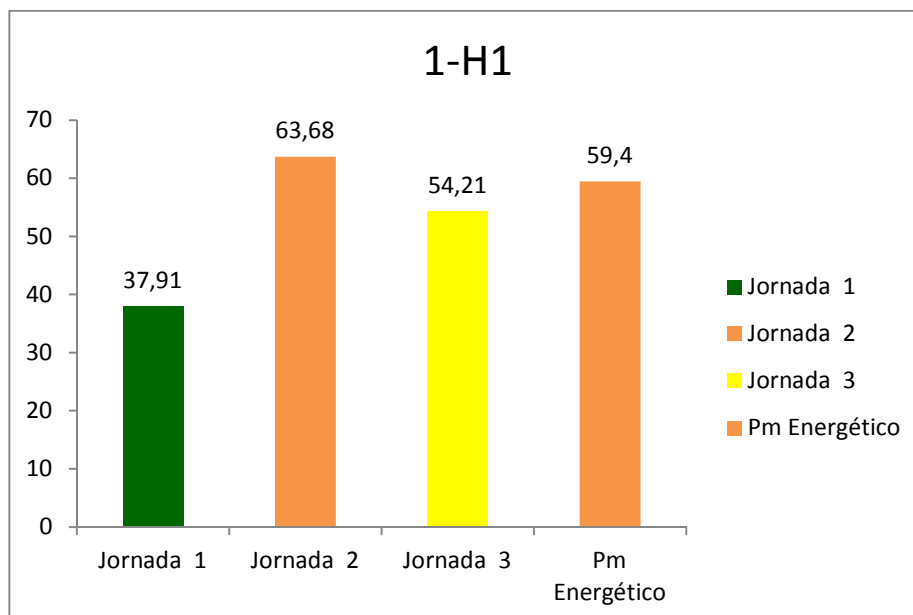


Figura 3. 4 Diagrama de barra del punto H1

RESULTADO FINAL: El punto “Pasillo”, cumple con los valores límites de acuerdo a la tabla de valores permisibles planteada, debido a que está dentro del rango establecido (63dB) para este tipo de zona: Tipo IV (c) según la Ordenanza de Madrid.

A continuación se muestra la tabla de resultados de las medidas, mediante la cual se indica si cada punto cumple o no la tabla de valores permisibles de ruido, y se expone los resultados del Patrón de Exposición al ruido promedio de cada punto.

Además, si es el caso, se muestran los análisis de los puntos que no cumplieron con la normativa Española planteada para el presente Proyecto de Titulación. Los gráficos de algunas medidas obtenidas con el sonómetro se encuentran en la parte final en ANEXOS.

Lugar: Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica (Edificio Eléctrica-Electrónica)

ID del punto	Promedio Energético de Jornadas	Uso de Área Específica		Límite de la Norma dBA		Cumple/No Cumple		Patrón de exposición al ruido
		España	Ecuador	España	Ecuador	España	Ecuador	
1-H1	59,4	Pasillo	Educativa	63+5	45	Si	No	58,2
2-C1	64,3	Copiadora	Educativa	60+5	45	Si	No	63,1
3-H2	62,7	Pasillo	Educativa	63+5	45	Si	No	61,5
4-H3	60,3	Pasillo	Educativa	63+5	45	Si	No	59,1
5-O1	53,8	Oficina	Educativa	60+5	45	Si	No	52,6
6-H4	40,1	Pasillo	Educativa	63+5	45	Si	Si	38,9
7-AM1	51,1	Aula Magna	Educativa	63+5	45	Si	No	45,1
8-H5	54,4	Pasillo	Educativa	63+5	45	Si	No	53,2

Tabla 3. 26: Medidas Edificio Eléctrica-Electrónica

Lugar: Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica (Edificio Química-Eléctrica)

ID del punto	Promedio Energético de Jornadas	Uso de Área Específica		Límite de la Norma dBA		Cumple/No Cumple		Patrón de exposición al ruido
		España	Ecuador	España	Ecuador	España	Ecuador	
9-AE1	61,3	Asociación Estudiantil	Educativa	63+5	45	Si	No	60,1
10-A1	57,7	Aula	Educativa	50+5	45	No	No	53,4
11-B1	54	Biblioteca	Educativa	50+5	45	Si	No	52,8
12-L1	50,1	Laboratorio	Educativa	65+5	45	Si	No	45,8
13-O2	36,1	Oficina	Educativa	60+5	45	Si	Si	34,9
14-H6	56,8	Pasillo	Educativa	63+5	45	Si	No	55,6
15-L2	58,5	Laboratorio	Educativa	65+5	45	Si	No	56,5
16-H7	54,2	Pasillo	Educativa	63+5	45	Si	No	53,0
17-A2	56,5	Aula	Educativa	50+5	45	No	No	55,3
18-H8	55,5	Pasillo	Educativa	63+5	45	Si	No	54,3
19-A3	54,1	Aula	Educativa	50+5	45	Si	No	51,1
20-H9	52,5	Pasillo	Educativa	63+5	45	Si	No	51,3
21-L3	53,3	Laboratorio	Educativa	65+5	45	Si	No	51,3
22-L4	56,6	Laboratorio	Educativa	65+5	45	Si	No	53,6
23-H10	54	Pasillo	Educativa	63+5	45	Si	No	52,8
24-A4	59,4	Aula	Educativa	50+5	45	No	No	58,2
25-O3	55,8	Oficina	Educativa	60+5	45	Si	No	54,6
26-B2	49,7	Biblioteca	Educativa	50+5	45	Si	No	48,5
27-AE2	63,5	Asociación Estudiantil	Educativa	63+5	45	Si	No	62,3
28-A5	57,9	Aula	Educativa	50+5	45	No	No	56,7
29-H11	55,7	Pasillo	Educativa	63+5	45	Si	No	54,5
30-A6	52,4	Aula	Educativa	50+5	45	Si	No	51,2

Tabla 3. 27: Medidas Edificio Química-Eléctrica

Análisis de los puntos que no cumplieron en el Edificio Química-Eléctrica

A) PLANTA BAJA

El aula QE-002 (ID: 10-A1) NO CUMPLE con los valores límites debido a que hay un exceso de 2.7 dB de lo permitido. Esto es debido a las siguientes fuentes de ruido: Laboratorio de Control de Procesos y una Bodega.

El efecto que provocaría este exceso de ruido en el aula, es falta de inteligibilidad entre las personas que comparten el aula.

La recomendación para este sitio sería aislar el ruido proveniente del laboratorio y la bodega, limitando las paredes de las aulas adjuntas con material absorbente para que el ruido no afecte al aula donde se recibe clases.

B) PLANTA 3

El aula QE-306 (ID: 17-A2) NO CUMPLE con los valores límites debido a que hay un exceso de 1.5 dB de lo permitido. Esto es debido al ruido de parte de los estudiantes en clase.

El efecto que provocaría este exceso de ruido en el aula, es falta de inteligibilidad entre las personas que comparten el aula.

La recomendación para este sitio, dado que no es mucho el exceso, sería cubrir las columnas con material poco absorbente pero con características de difusión como es la madera o triplex.

C) PLANTA 5

El aula QE-504 (ID: 24-A4) NO CUMPLE con los valores límites debido a que hay un exceso de 4.4 dB de lo permitido. Esto es debido al ruido de parte de los estudiantes en clase, el ruido del aula contigua, el ruido exterior si la ventana se encuentra abierta o ruido del pasillo si la puerta del aula se encuentra abierta.

El efecto que provocaría este exceso de ruido en el aula, es falta de inteligibilidad entre las personas que comparten el aula.

Las recomendaciones para este sitio serían cubrir las columnas con material poco absorbente pero con características de difusión como es la

madera o triplex, cambiar las persianas por cortinas de tela, cubrir las áreas abiertas que permiten el paso de ruido del aula contigua y cerrar puertas y ventanas en la hora de clase.

D) PLANTA 7

El aula QE-713 (ID: 28-A5) NO CUMPLE con los valores límites debido a que hay un exceso de 2.9 dB de lo permitido. Esto es debido al ruido de parte de los estudiantes en clase, ruido exterior y ruido del pasillo.

El efecto que provocaría este exceso de ruido en el aula, es falta de inteligibilidad entre las personas que comparten el aula.

Las recomendaciones para este sitio serían cubrir las columnas con material difuso como es la madera o triplex, cambiar las persianas por cortinas, y cubrir las aberturas de las ventanas que transmiten el ruido del aula contigua.

Lugar: Facultad de Ingeniería Mecánica (Edificio Grande – 4 Plantas)

ID del punto	Promedio Energético de Jornadas	Uso de Área Específica		Límite de la Norma dBA		Cumple/No Cumple		Patrón de exposición al ruido
		España	Ecuador	España	Ecuador	España	Ecuador	
31-C2	63,2	Copiadora	Educativa	60+5	45	Si	No	62,0
32-A7	55,2	Aula	Educativa	50+5	45	No	No	54,0
33-H12	61,1	Pasillo	Educativa	63+5	45	Si	No	59,9
34-H13	62,8	Pasillo	Educativa	63+5	45	Si	No	61,6

Tabla 3. 28: Medidas Edificio Grande Mecánica

Análisis de los puntos que no cumplieron en el Edificio Grande Mecánica

A) PLANTA 1

El aula M-112 (ID: 32-A7) NO CUMPLE con los valores límites debido a que hay un exceso de 0.2 dB de lo permitido. Esto es debido al ruido emanado por las siguientes fuentes: estudiantes en clase y el graderío principal que está cerca a esta aula.

El efecto que provocaría este exceso de ruido en el aula, es falta de inteligibilidad entre las personas que comparten el aula.

La recomendación para este sitio debido a que no es mucho el exceso, sería cerrar la puerta en la hora de clases para no recibir el ruido del pasillo y gradas.

Lugar: Facultad de Ingeniería Mecánica (Edificio Pequeño – 1 Planta)

ID del punto	Promedio Energético de Jornadas	Uso de Área Específica		Límite de la Norma dBA		Cumple/No Cumple		Patrón de exposición al ruido
		España	Ecuador	España	Ecuador	España	Ecuador	
35-L5	57,2	Laboratorio	Educativa	65+5	45	Si	No	56,0
155-L13	70,3	Laboratorio	Educativa	65+5	45	No	No	69,1

Tabla 3. 29: Medidas Edificio Pequeño Mecánica

Análisis de los puntos que no cumplieron en el Edificio Pequeño Mecánica

A) PLANTA BAJA

El Laboratorio Máquinas Herramientas (ID: 155-L13) NO CUMPLE con los valores límites debido a que hay un exceso de 0.3 dB de lo permitido. Esto es debido al ruido emanado por las siguientes fuentes: máquinas industriales del laboratorio operando en ese momento.

El tipo de ruido encontrado en este punto es un ruido impulsivo, debido a que hay máquinas que producen elevado nivel de ruido, pero éste no es contante sino variable y su intensidad alta en diferentes tiempos. Debido a esto, el exceso del promediado energético no muestra las variaciones impulsivas, pero haciendo un análisis minucioso de los resultados, se encontró que efectivamente hay picos muy altos en la forma de onda dibujada por el sonómetro en las mediciones.

El efecto que provocaría este exceso de ruido en el aula, es falta de inteligibilidad entre las personas que comparten ese espacio, efectos de sordera si en las 6 horas de exposición del trabajador al ruido excede los 92 dB(A) de forma continua.

La recomendación para este sitio sería colocar sobre las mallas, una pared de material absorbente que sea adecuado para absorber este tipo de ruido

impulsivo, colocar sobre el piso de cemento, una moqueta que también ayuda en minimizar la presencia de ruido, pedir a estudiantes llevar protectores de oído aparte de otros protectores que se les pide en la lista de útiles personales, de igual manera los instructores deben usar protectores de oído.

Lugar: Facultad de Ingeniería Química y Agroindustrial (Edificio Pequeño)

ID del punto	Promedio Energético de Jornadas	Uso de Área Específica		Límite de la Norma dBA		Cumple/No Cumple		Patrón de exposición al ruido
		España	Ecuador	España	Ecuador	España	Ecuador	
36-H14	62,7	Pasillo	Educativa	63+5	45	Si	No	61,5
37-C3	61,1	Copiadora	Educativa	60+5	45	Si	No	59,9

Tabla 3. 30: Medidas Edificio Pequeño Química- Agroindustria

Lugar: Facultad de Ingeniería Química y Agroindustrial (Aula Magna)

ID del punto	Promedio Energético de Jornadas	Uso de Área Específica		Límite de la Norma dBA		Cumple/No Cumple		Patrón de exposición al ruido
		España	Ecuador	España	Ecuador	España	Ecuador	
38-AM2	59,5	Aula Magna	Educativa	63+5	45	Si	No	58,3
39-AM3	59,6	Aula Magna	Educativa	63+5	45	Si	No	58,4

Tabla 3. 31: Medidas Edificio Química y Agroindustrial (Aula Magna)

Lugar: Facultad Escuela de Formación de Tecnólogos (Aulas de ESFOT)

ID del punto	Promedio Energético de Jornadas	Uso de Área Específica		Límite de la Norma dBA		Cumple/No Cumple		Patrón de exposición al ruido
		España	Ecuador	España	Ecuador	España	Ecuador	
40-A8	65	Aula	Educativa	50+5	45	No	No	63,8
41-B3	51,9	Biblioteca	Educativa	50+5	45	Si	No	50,7
42-A9	63,5	Aula	Educativa	50+5	45	No	No	62,3
43-L6	60,2	Laboratorio	Educativa	65+5	45	Si	No	59,0

Tabla 3. 32: Medidas Escuela de Formación de Tecnólogos

Análisis de los puntos que no cumplieron en la ESFOT

A) PLANTA 1

El aula ESFOT-39 (ID: 40-A8) NO CUMPLE con los valores límites debido a que hay un exceso de 10 dB de lo permitido. Esto es debido al ruido emanado por las siguientes fuentes: estudiantes en clase, ruido de la cancha, en Sistemas hay una planta de energía en el piso del comedor y además el parqueadero que se encuentran cerca a esta aula.

El efecto que provocaría este exceso de ruido en el aula, es falta de inteligibilidad entre las personas que comparten el aula.

Las recomendaciones para este sitio serían cubrir la pared cercana al parqueadero con material absorbente, cambiar el piso de baldosa por entablado, colocar cortinas, cambiar los vidrios de las ventanas por uno más grueso; además se recomienda cerrar la puerta y ventanas del aula en horas de clase.

El aula ESFOT-24 (ID: 42-A9) NO CUMPLE con los valores límites debido a que hay un exceso de 8.5 dB de lo permitido. Esto es debido al ruido emanado por las siguientes fuentes: estudiantes en clase y el tráfico rodado de la Calle Toledo que se encuentra cerca al aula.

El efecto que provocaría este exceso de ruido en el aula, es falta de inteligibilidad entre las personas que comparten el aula.

Las recomendaciones para este sitio serían cubrir la pared cercana a la calle Toledo con material absorbente, cambiar el piso de baldosa por entablado, colocar cortinas, cambiar los vidrios de las ventanas por uno más grueso; además se recomienda cerrar la puerta y ventanas del aula en horas de clase; otra recomendación es colocar cortinas para que minimice el efecto de ruido de la Calle Toledo.

Lugar: Facultad Geología y Petróleos

ID del punto	Promedio Energético de Jornadas	Uso de Área Específica		Límite de la Norma dBA		Cumple/No Cumple		Patrón de exposición al ruido
		España	Ecuador	España	Ecuador	España	Ecuador	
44-A10	66	Aula	Educativa	50+5	45	No	No	64,8
46-B4	57,9	Biblioteca	Educativa	50+5	45	No	No	56,7
45-A11	60	Aula	Educativa	50+5	45	No	No	58,8
47-L7	67,1	Laboratorio	Educativa	65+5	45	Si	No	65,9

Tabla 3. 33: Medidas Geología y Petróleos

Análisis de los puntos que no cumplieron en Geología y Petróleos**A) PLANTA 1**

El aula A1 (ID: 45-A11) NO CUMPLE con los valores límites debido a que hay un exceso de 11 dB de lo permitido. Esto es debido al ruido emanado por las siguientes fuentes: estudiantes en clase, el graderío principal que está cerca a esta aula, un bar cercano y tráfico rodado tranquilo de autos que entran al parqueadero y que circulan por una calle cercana al aula.

El efecto que provocaría este exceso de ruido en el aula, es falta de inteligibilidad entre las personas que comparten el aula.

Las recomendaciones para este sitio serían cubrir la pared cercana a las fuentes de ruido con material absorbente, cerrar la puerta y ventanas del aula en horas de clase, colocar cortinas en lugar de persianas para que minimice el efecto de ruido externo, cubrir las columnas en el techo con material absorbente o colocar cielo raso adecuado.

El aula A4 (ID: 45-A11) NO CUMPLE con los valores límites debido a que hay un exceso de 5 dB de lo permitido. Esto es debido al ruido emanado por las siguientes fuentes: estudiantes en clase, pasillo cercano, ruido externo del estadio y el parqueadero de Petróleos que se encuentra cerca a esta aula.

El efecto que provocaría este exceso de ruido en el aula, es falta de inteligibilidad entre las personas que comparten el aula.

Las recomendaciones para este sitio serían cubrir la pared cercana a la calle Toledo con material absorbente, cerrar la puerta y ventanas del aula en horas de clase, colocar cortinas en las ventanas laterales al aula para que minimice el efecto de ruido externo, cambiar el piso de baldosa por entablado.

La Sala de Lectura (ID: 46-B4) NO CUMPLE con los valores límites debido a que hay un exceso de 2.9 dB de lo permitido. Esto es debido al ruido emanado por las siguientes fuentes: estudiantes susurrando muy fuerte y la copiadora que se encuentra cerca de la misma. El efecto que provocaría este exceso de ruido en el aula, es falta de inteligibilidad hacia los estudiantes que están estudiando o realizando consultas. La recomendación para este sitio sería separar la copiadora de la sala de lectura debido a que ambas comparten la misma área; esto se lo realiza con barreras absorbentes.

Lugar: Facultad de Ciencias (Edificio de Abastecimientos)

ID del punto	Promedio Energético de Jornadas	Uso de Área Específica		Límite de la Norma dBA		Cumple/No Cumple		Patrón de exposición al ruido
		España	Ecuador	España	Ecuador	España	Ecuador	
48-O4	55,8	Oficina	Educativa	60+5	45	Si	No	54,6
49-O5	52,9	Oficina	Educativa	60+5	45	Si	No	51,7
50-H15	62,3	Pasillo	Educativa	63+5	45	Si	No	61,1
51-L8	54,5	Laboratorio	Educativa	65+5	45	Si	No	53,3
52-H16	66,2	Pasillo	Educativa	63+5	45	Si	No	65,0
53-A12	58,2	Aula	Educativa	50+5	45	No	No	57,0

Tabla 3. 34: Medidas Ciencias (Abastecimientos)

Análisis de los puntos que no cumplieron en Abastecimientos

A) PLANTA 5

El aula 501 (ID: 53-A12) NO CUMPLE con los valores límites debido a que hay un exceso de 3.2 dB de lo permitido. Esto es debido al ruido de parte de los estudiantes en clase, ruido del pasillo cercano a la puerta y ruido del

pasillo al frente del aula donde hay una abertura por la ventana que junta el aula con el pasillo.

El efecto que provocaría este exceso de ruido en el aula, es falta de inteligibilidad entre las personas que comparten el aula.

Las recomendaciones para este sitio serían cubrir la pared cercana a los pasillos con material poco absorbente pero con características de difusión como es la madera o triplex, colocar cortinas para que minimice el efecto de ruido exterior, cubrir las áreas abiertas en la ventana que permiten el paso de ruido del pasillo contiguo y cerrar puertas y ventanas en la hora de clase.

Lugar: Facultad de Ciencias Administrativas (Edificio de Económicas)

ID del punto	Promedio Energético de Jornadas	Uso de Área Específica		Límite de la Norma dBA		Cumple/No Cumple		Patrón de exposición al ruido
		España	Ecuador	España	Ecuador	España	Ecuador	
54-06	63,3	Oficina	Educativa	60+5	45	Si	No	62,1
55-07	58	Oficina	Educativa	60+5	45	Si	No	56,8
56-H17	61,1	Pasillo	Educativa	63+5	45	Si	No	59,9
57-A13	60,5	Aula	Educativa	50+5	45	No	No	59,3

Tabla 3. 35: Medidas Ciencias Administrativas (Económicas)

Análisis de los puntos que no cumplieron en Económicas

A) PLANTA 1

El aula 3 (ID: 57-A13) NO CUMPLE con los valores límites debido a que hay un exceso de 5.5 dB de lo permitido. Esto es debido al ruido emanado por las siguientes fuentes: estudiantes en clase, ruido del pasillo y el tráfico rodado de la Calle Ladrón de Guevara que se encuentra cerca a esta facultad.

El efecto que provocaría este exceso de ruido en el aula, es falta de inteligibilidad entre las personas que comparten el aula.

La recomendación para este sitio sería cubrir las paredes cercanas a la calle Ladrón de Guevara con material absorbente, cerrar la puerta y

ventanas del aula en horas de clase, cambiar cortinas por persianas para que minimice el efecto de ruido externo.

Lugar: Facultad de Ciencias Administrativas (Edificio de Administración)

ID del punto	Promedio Energético de Jornadas	Uso de Área Específica		Límite de la Norma dBA		Cumple/No Cumple		Patrón de exposición al ruido
		España	Ecuador	España	Ecuador	España	Ecuador	
58-O8	61	Oficina	Educativa	60+5	45	Si	No	59,8
59-H18	57	Pasillo	Educativa	63+5	45	Si	No	55,8
60-B5	58	Biblioteca	Educativa	50+5	45	No	No	56,8
61-H19	61,7	Pasillo	Educativa	63+5	45	Si	No	60,5
62-O9	55,4	Oficina	Educativa	60+5	45	Si	No	54,2
63-H20	61,4	Pasillo	Educativa	63+5	45	Si	No	60,2
64-O10	53,8	Oficina	Educativa	60+5	45	Si	No	52,6
65-H21	64,4	Pasillo	Educativa	63+5	45	Si	No	63,2
66-O11	56,4	Oficina	Educativa	60+5	45	Si	No	55,2
67-H22	53,5	Pasillo	Educativa	63+5	45	Si	No	52,3
68-O12	59,8	Oficina	Educativa	60+5	45	Si	No	58,6
69-H23	53	Pasillo	Educativa	63+5	45	Si	No	51,8

Tabla 3. 36: Medidas Ciencias Administrativas (Administración)

Análisis de los puntos que no cumplieron en el Edificio de Administración

A) PLANTA BAJA

La Biblioteca (ID: 60-B5) NO CUMPLE con los valores límites debido a que hay un exceso de 3 dB de lo permitido. Esto es debido al ruido emanado por las siguientes fuentes: estudiantes susurrando muy fuerte, actividad bibliotecaria cercana como por ejemplo la prestación de libros, y el ruido de computadores cercanos.

El efecto que provocaría este exceso de ruido en la biblioteca, es falta de inteligibilidad hacia los estudiantes que están estudiando o realizando consultas.

La recomendación para este sitio sería concientizar a los estudiantes para que hagan silencio o colocar algún alfombrado que también ayuda a minimizar el ruido.

Lugar: Hemiciclo Politécnico

ID del punto	Promedio Energético de Jornadas	Uso de Área Específica		Límite de la Norma dBA		Cumple/No Cumple		Patrón de exposición al ruido
		España	Ecuador	España	Ecuador	España	Ecuador	
70-AM4	49,7	Aula Magna	Educativa	63+5	45	Si	No	48,5
71-AM5	54	Aula Magna	Educativa	63+5	45	Si	No	52,8

Tabla 3. 37: Medidas Hemiciclo Politécnico

Lugar: Facultad de Ingeniería Ambiental (Edificio de Ambiental)

ID del punto	Promedio Energético de Jornadas	Uso de Área Específica		Límite de la Norma dBA		Cumple/No Cumple		Patrón de exposición al ruido
		España	Ecuador	España	Ecuador	España	Ecuador	
72-AE3	60,2	Asociación Estudiantil	Educativa	63+5	45	Si	No	59,0
73-H24	60,5	Pasillo	Educativa	63+5	45	Si	No	59,3
74-O13	51	Oficina	Educativa	60+5	45	Si	No	49,8
75-O14	54,7	Oficina	Educativa	60+5	45	Si	No	53,5

Tabla 3. 38: Medidas Ambiental

Lugar: Departamento de Formación Básica (Edificio ICB)

ID del punto	Promedio Energético de Jornadas	Uso de Área Específica		Límite de la Norma dBA		Cumple/No Cumple		Patrón de exposición al ruido
		España	Ecuador	España	Ecuador	España	Ecuador	
76-CA1	68,7	Cafetería	Educativa	60+5	45	No	No	67,5
77-B6	56,6	Biblioteca	Educativa	50+5	45	No	No	55,4
78-H25	62,3	Pasillo	Educativa	63+5	45	Si	No	61,1
79-L9	60,6	Laboratorio	Educativa	65+5	45	Si	No	59,4
80-H26	61,5	Pasillo	Educativa	63+5	45	Si	No	60,3
81-A14	55,8	Aula	Educativa	50+5	45	No	No	54,6

Tabla 3. 39: Medidas Departamento de Formación Básica

Análisis de los puntos que no cumplieron en el Edificio ICB**A) PLANTA 1**

La cafetería (ID: 76-CA1) NO CUMPLE con los valores límites debido a que hay un exceso de 3.7 dB de lo permitido. Esto es debido al ruido emanado por las siguientes fuentes: actividad de preparación de alimentos,

estudiantes haciendo uso de la misma y conversas en voz alta de los graderíos contiguos.

El efecto que provocaría este exceso de ruido, es mala comunicación entre individuos afectados como son estudiantes, profesores y encargados de la cafetería.

La recomendación para este sitio sería concientizar a los estudiantes para que hagan menos ruido mientras hacen uso del espacio.

B) PLANTA 2

La Sala de Lectura (ID: 77-B6) NO CUMPLE con los valores límites debido a que hay un exceso de 1.6 dB de lo permitido. Esto es debido al ruido emanado por las siguientes fuentes: estudiantes susurrando muy fuerte, actividad bibliotecaria cercana como por ejemplo la prestación de libros, el ruido de computadores cercanos y el pasillo que se encuentra cerca de la misma.

El efecto que provocaría este exceso de ruido en el aula, es falta de inteligibilidad hacia los estudiantes que están estudiando o realizando consultas.

La recomendación para este sitio sería concientizar a los estudiantes para que hagan silencio o colocar algún alfombrado que también ayuda a minimizar el ruido.

C) PLANTA 6

El aula 603 (ID: 81-A14) NO CUMPLE con los valores límites debido a que hay un exceso de 0.8 dB de lo permitido. Esto es debido al ruido emanado por las siguientes fuentes: estudiantes en clase y el pasillo que se encuentra cerca a esta aula.

El efecto que provocaría este exceso de ruido en el aula, es falta de inteligibilidad entre las personas que comparten el aula.

La recomendación para este sitio sería cubrir las ventanas con cortinas y cerrar la puerta ya que hay aberturas en ventanas por donde ingresa ruido del pasillo, cerrar las ventanas externas al edificio para no dejar ingresar ruido externo.

Lugar: Facultad de Ingeniería en Sistemas (Edificio de Sistemas)

ID del punto	Promedio Energético de Jornadas	Uso de Área Específica		Límite de la Norma dBA		Cumple/No Cumple		Patrón de exposición al ruido
		España	Ecuador	España	Ecuador	España	Ecuador	
82-P1	67	Parqueadero	Educativa	70+5	45	Si	No	65,8
83-CA2	71,4	Cafetería	Educativa	60+5	45	No	No	70,2
84-O15	48,3	Oficina	Educativa	60+5	45	Si	No	47,1
85-E1	56	Enfermería	Educativa	50+5	45	No	No	54,8
86-H27	56,8	Pasillo	Educativa	63+5	45	Si	No	55,6
87-B7	49,3	Biblioteca	Educativa	50+5	45	Si	No	48,1
88-L10	52,2	Laboratorio	Educativa	65+5	45	Si	No	51,0
89-H28	55,3	Pasillo	Educativa	63+5	45	Si	No	54,1
90-A15	57,2	Aula	Educativa	50+5	45	No	No	56,0
91-A16	54	Aula	Educativa	50+5	45	Si	No	52,8

Tabla 3. 40: Mediciones Sistemas

Análisis de los puntos que no cumplieron en Sistemas

A) PLANTA BAJA

El comedor (ID: 83-CA2) NO CUMPLE con los valores límites debido a que hay un exceso de 6.4 dB de lo permitido. Esto es debido al ruido emanado por las siguientes fuentes: actividad de preparación de alimentos, estudiantes haciendo uso de la misma y conversas en voz alta.

El efecto que provocaría este exceso de ruido, es mala comunicación entre individuos afectados como son estudiantes, profesores y encargados de la cafetería.

La recomendación para este sitio sería concientizar a los estudiantes para que hagan menos ruido ya que se encuentra a estudiantes haciendo otra actividad diferente a la de un comedor.

B) PLANTA 1

La enfermería (ID: 85-E1) NO CUMPLE con los valores límites debido a que hay un exceso de 1 dB de lo permitido. Esto es debido al ruido emanado por las siguientes fuentes: radio encendida y luces navideñas con música cerca de la fuente receptora.

El efecto que provocaría este exceso de ruido en la enfermería, es mala comunicación entre estudiantes y trabajadores de enfermería.

La recomendación para este sitio sería escuchar la radio en bajo volumen, pues el exceso no es mucho en este lugar.

C) PLANTA 4

El aula 404 (ID: 90-A15) NO CUMPLE con los valores límites debido a que hay un exceso de 2.2 dB de lo permitido. Esto es debido al ruido de parte de los estudiantes en clase, ruido del pasillo cercano y ruido exterior al edificio.

El efecto que provocaría este exceso de ruido en el aula, es falta de inteligibilidad entre las personas que comparten el aula.

Las recomendaciones para este sitio serían cubrir las ventanas externas con cortinas de tela para minimizar el ruido externo, cerrar la puerta en horas de clase y cubrir las ventanas pequeñas cercanas al pasillo con cortinas claras para no oscurecer el pasillo.

Lugar: Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental (Edificio de Civil)

ID del punto	Promedio Energético de Jornadas	Uso de Área Específica		Límite de la Norma dBA		Cumple/No Cumple		Patrón de exposición al ruido
		España	Ecuador	España	Ecuador	España	Ecuador	
92-H29	59,5	Pasillo	Educativa	63+5	45	Si	No	58,3
93-H30	61,5	Pasillo	Educativa	63+5	45	Si	No	60,3
94-L11	55,8	Laboratorio	Educativa	65+5	45	Si	No	54,6
95-O16	53,1	Oficina	Educativa	60+5	45	Si	No	51,9
96-A17	70	Aula	Educativa	50+5	45	No	No	68,8
97-H31	64,2	Pasillo	Educativa	63+5	45	Si	No	63,0
98-B8	56,4	Biblioteca	Educativa	50+5	45	No	No	55,2
99-A18	54,2	Aula	Educativa	50+5	45	Si	No	53,0
100-H32	55,3	Pasillo	Educativa	63+5	45	Si	No	54,1
101-L12	56,5	Laboratorio	Educativa	65+5	45	Si	No	55,3

Tabla 3. 41: Mediciones Civil

Análisis de los puntos que no cumplieron en Civil

A) PLANTA 2

El aula CIV-207 (ID: 96-A17) NO CUMPLE con los valores límites debido a que hay un exceso de 15 dB de lo permitido. Esto es debido al ruido emanado por las siguientes fuentes: estudiantes en clase, el pasillo que se encuentra cerca a esta aula y el tráfico rodado de la Calle Ladrón de Guevara.

El efecto que provocaría este exceso de ruido en el aula, es falta de inteligibilidad entre las personas que comparten el aula.

Las recomendaciones para este sitio serían concientizar a los estudiantes para que hagan menos ruido, cerrar puertas y ventanas para que afecte en lo mínimo el ruido externo, cubrir las columnas con material absorbente, pintar las paredes con pintura ya que ésta ayuda para que el ruido se propague menos por el concreto y ubicar un cielo raso adecuado.

B) PLANTA 3

La Biblioteca (ID: 98-B8) NO CUMPLE con los valores límites debido a que hay un exceso de 1.4 dB de lo permitido. Esto es debido al ruido emanado por las siguientes fuentes: estudiantes susurrando muy fuerte, estudiantes ocupando computadores, el pasillo y aula que se encuentra cerca de la misma.

El efecto que provocaría este exceso de ruido en el aula, es falta de inteligibilidad hacia los estudiantes que están estudiando o realizando consultas.

Las recomendaciones para este sitio serían concientizar a los estudiantes para que hagan silencio dentro de la biblioteca y que no conversen fuertemente en el pasillo exterior afuera de la misma; además se podría utilizar un alfombrado en el piso.

Lugar: Centro de Investigación de la Vivienda (Laboratorio de Estructuras)

ID del punto	Promedio Energético de Jornadas	Uso de Área Específica		Límite de la Norma dBA		Cumple/No Cumple		Patrón de exposición al ruido
		España	Ecuador	España	Ecuador	España	Ecuador	
102-O17	55,8	Oficina	Educativa	60+5	45	Si	No	54,6

Tabla 3. 42: Mediciones Laboratorio de Estructuras

Lugar: Teatro Politécnico

ID del punto	Promedio Energético de Jornadas	Uso de Área Específica		Límite de la Norma dBA		Cumple/No Cumple		Patrón de exposición al ruido
		España	Ecuador	España	Ecuador	España	Ecuador	
103-T1	73,4	Teatro	Educativa	63+5	45	No	No	72,2
104-T2	69,8	Teatro	Educativa	63+5	45	No	No	68,6

Tabla 3. 43: Mediciones Teatro Politécnico

Análisis de los puntos que no cumplieron en el Teatro

A) PLANTA BAJA

El teatro NO CUMPLE con los valores límites debido a que hay un exceso de 5.4 dB en la parte izquierda (ID: 103-T1) y 1.8 dB en la parte derecha (ID: 104T2), de lo permitido. Esto es debido al ruido emanado por las siguientes fuentes: estudiantes que se encontraban en un evento de debate y el tono muy alto de parlantes.

El efecto que provocaría este exceso de ruido en el teatro, es falta de inteligibilidad hacia los estudiantes que se encuentran recibiendo el mensaje del debate por parte de autoridades y representantes estudiantiles.

La recomendación para este sitio sería realizar una buena ubicación de los parlantes de manera que todos escuchen el mensaje a un mismo tono.

3.4.4 MEDICIONES EXTERNAS

Lugar: Parqueaderos

ID del punto	Promedio Energético de Jornadas	Uso de Área Específica		Límite de la Norma dBA		Cumple/No Cumple		Patrón de exposición al ruido
		España	Ecuador	España	Ecuador	España	Ecuador	
105-P2	69,8	Parqueadero	Educativa	70+5	45	Si	No	68,6
106-P3	58,3	Parqueadero	Educativa	70+5	45	Si	No	57,1
107-P4	53,4	Parqueadero	Educativa	70+5	45	Si	No	52,2
108-P5	51,2	Parqueadero	Educativa	70+5	45	Si	No	50,0
109-P6	49,9	Parqueadero	Educativa	70+5	45	Si	No	48,7
110-P7	58,9	Parqueadero	Educativa	70+5	45	Si	No	57,7
111-P8	58,1	Parqueadero	Educativa	70+5	45	Si	No	56,9
112-P9	53,5	Parqueadero	Educativa	70+5	45	Si	No	52,3
113-P10	71,1	Parqueadero	Educativa	70+5	45	Si	No	69,9
114-P11	72	Parqueadero	Educativa	70+5	45	Si	No	70,8
115-P12	66,8	Parqueadero	Educativa	70+5	45	Si	No	65,6
116-P13	65,9	Parqueadero	Educativa	70+5	45	Si	No	64,7
117-P14	48,3	Parqueadero	Educativa	70+5	45	Si	No	47,1
118-P15	55,8	Parqueadero	Educativa	70+5	45	Si	No	54,6
119-P16	58,4	Parqueadero	Educativa	70+5	45	Si	No	57,2
120-P17	61,5	Parqueadero	Educativa	70+5	45	Si	No	60,3
121-P18	58,7	Parqueadero	Educativa	70+5	45	Si	No	57,5
122-P19	53,5	Parqueadero	Educativa	70+5	45	Si	No	52,3
123-P20	58,3	Parqueadero	Educativa	70+5	45	Si	No	57,1
124-P21	51,6	Parqueadero	Educativa	70+5	45	Si	No	50,4
125-P22	51,6	Parqueadero	Educativa	70+5	45	Si	No	50,4
126-P23	58,7	Parqueadero	Educativa	70+5	45	Si	No	57,5
127-P24	53	Parqueadero	Educativa	70+5	45	Si	No	51,8

Tabla 3. 44: Mediciones Parqueaderos

Lugar: Entradas a la Universidad

ID del punto	Promedio Energético de Jornadas	Uso de Área Específica		Límite de la Norma dBA		Cumple/No Cumple		Patrón de exposición al ruido
		España	Ecuador	España	Ecuador	España	Ecuador	
128-EU1	57,2	Tráfico Rodado Tranquilo	Educativa	70+5	45	Si	No	56,0

Continúa

129-EU2	51,6	Tráfico Rodado Tranquilo	Educativa	70+5	45	Si	No	50,4
130-EU3	63,1	Tráfico Rodado Tranquilo	Educativa	70+5	45	Si	No	61,9
131-EU4	54	Tráfico Rodado Tranquilo	Educativa	70+5	45	Si	No	52,8
132-EU5	57,6	Tráfico Rodado Tranquilo	Educativa	70+5	45	Si	No	56,4
133-EU6	53,6	Tráfico Rodado Tranquilo	Educativa	70+5	45	Si	No	52,4

Tabla 3. 45: Mediciones Entradas a la Universidad

Lugar: Áreas de Descanso y Recreativas

ID del punto	Promedio Energético de Jornadas	Uso de Área Específica		Límite de la Norma dBA		Cumple/No Cumple		Patrón de exposición al ruido
		España	Ecuador	España	Ecuador	España	Ecuador	
134-A01	50,5	Área Verde	Educativa	55+5	45	Si	No	49,3
135-A02	51,8	Área Verde	Educativa	55+5	45	Si	No	50,6
136-A03	44,5	Lugar de reunión al aire libre	Educativa	63+5	45	Si	Si	43,3
137-A04	50,8	Lugar de reunión al aire libre	Educativa	63+5	45	Si	No	49,6
138-A05	53,1	Parque	Educativa	55+5	45	Si	No	51,9
139-A06	72	Cancha para deporte con público	Educativa	63+5	45	No	No	70,8
140-A07	55,6	Cancha para deporte con público	Educativa	63+5	45	Si	No	54,4
141-A08	52,8	Área Verde	Educativa	55+5	45	Si	No	51,6
142-A09	43,9	Parque	Educativa	55+5	45	Si	Si	42,7

Continúa

143-AO10	56	Cancha para deporte con público	Educativa	63+5	45	Si	No	54,8
144-AO11	61,7	Cancha para deporte con público	Educativa	63+5	45	Si	No	60,5
145-AO12	45,7	Parque	Educativa	55+5	45	Si	No	44,5
146-AO13	49,5	Cancha para deporte individual	Educativa	55+5	45	Si	No	48,3
147-AO14	59,4	Área Verde	Educativa	55+5	45	Si	No	58,2
148-AO15	60,5	Área Verde	Educativa	55+5	45	No	No	59,3
149-AO16	62,5	Cancha para deporte individual	Educativa	55+5	45	No	No	61,3
150-AO17	58,2	Lugar de reunión al aire libre	Educativa	63+5	45	Si	No	57,0
151-AO18	60,7	Cancha para deporte con público	Educativa	63+5	45	Si	No	59,5
152-AO19	54,1	Cancha para deporte con público	Educativa	63+5	45	Si	No	52,9
153-AO20	50,2	Área Verde	Educativa	55+5	45	Si	No	49,0
154-AO21	59,7	Parque	Educativa	55+5	45	Si	No	58,5

Tabla 3. 46: Mediciones Áreas de Descanso y Recreativas

Análisis de los puntos que no cumplieron en Áreas de Descanso y Recreativas

- A) El Estadio, en el lugar cerca de la Calle Toledo (ID: 139-AO6) NO CUMPLE con los valores límites debido a que hay un exceso de 4 dB de lo permitido. Esto es debido al ruido emanado por las siguientes fuentes: estudiantes realizando actividades deportivas y el tráfico rodado cerca de la Calle Toledo y el Redondel del coliseo Rumiñahui.

El efecto que provocaría este exceso de ruido, es la mala comunicación entre individuos que se encuentran haciendo actividades deportivas en ese lugar.

La recomendación para este sitio sería construir una pared más grande y más gruesa, o, construir una barrera absorbente acústica especial de manera que no afecte mucho el ruido de tráfico externo a los estudiantes que realicen actividades deportivas cerca de esa área.

- B) El Área verde en Mecánica (ID: 148-AO15), NO CUMPLE con los valores límites debido a que hay un exceso de 0.5 dB de lo permitido. Esto es debido al ruido emanado por las siguientes fuentes: estudiantes hablando en voz alta, mesas de ping pong ubicadas cerca de este punto y tráfico rodado tranquilo del parqueadero de Mecánica.

La recomendación para este sitio sería concientizar a los estudiantes para que realicen sus actividades deportivas individuales en otra zona, la zona donde se ubican las mesas de ping pong; reubicar algún sitio en el parqueadero donde se parqueen únicamente camiones que vendan productos para los bares, ya que ellos también fueron otra fuente de ruido el momento que se realizó las mediciones.

- C) En la cancha de Ping pong de Mecánica (ID: 149-AO16) NO SE CUMPLE con los valores límites debido a que hay un exceso de 2.5 dB de lo permitido. Esto es debido al ruido emanado por las siguientes fuentes: estudiantes hablando en voz alta, estudiantes jugando y el pasillo cerca de este punto.

La recomendación para este sitio sería reubicar este sitio en otro lado ya que se encuentra cercano al pasillo de estudiantes y además es lugar de tránsito de estudiantes, pues es conexión entre los laboratorios de Mecánica y la Facultad.

CAPÍTULO 4

ELABORACIÓN DEL MAPA DE NIVELES SONOROS

Este capítulo cubre la elaboración del mapa de niveles sonoros del Campus Politécnico en la modalidad de mapa de botones. En primer lugar se menciona las consideraciones generales con respecto a la utilización de los colores para desarrollar y realizar el mapa de niveles de ruido tanto interno como externo. Posteriormente se indicará el procedimiento a seguir para la elaboración del mapa de botones, luego se detallan como se realizará el ingreso, manipulación y salida de datos mediante la herramienta GIS. Finalmente se culmina con los resultados de la elaboración del mapa de niveles, además se identificará las zonas de mayor contaminación sonora, con las cuales se planteará un plan de mitigación y de esta manera sugerir futuras adecuaciones para la disminución de dicha contaminación. El mapa de niveles de ruido en la modalidad botones, usa áreas circulas de colores, las cuales representan el alcance a la redonda del sonómetro.

4.1 CONSIDERACIONES GENERALES

Se ha analizado de manera minuciosa la definición de los diferentes colores para la elaboración del mapa de niveles de ruido en modalidad mapa de botones y de esta manera mostrar la representación de los resultados y las zonas de ruido.

Se ha utilizado la norma técnica 3520, la misma establece que se usen los contornos que indican límites entre zonas de múltiplos de 10dB, se debe hacer referencia a las zonas mediante la citación en decibeles, de los límites superior e inferior. El propósito de la norma es proporcionar los métodos para obtener datos con el fin de descubrir el ruido ambiental.

Zona de ruido dB	Color	Sombreado
Debajo de 45 dB	Verde	Puntos medianos, mediana densidad
45 a 50	Amarillo	Líneas verticales, baja densidad
55 a 65	Naranja	Líneas verticales, alta densidad
65 a 75	Rojo	Sombreado cruzado, mediana densidad
75 a 85	Azul	Franjas verticales anchas

Tabla 4. 1 Norma Técnica 3520⁹⁵

4.1.1 DEFINICIÓN DE COLORES

Para definir los colores a utilizar en la elaboración del mapa de niveles de ruido se utilizó la norma técnica 3520, en la cual existe la siguiente gama de colores: verde, amarillo, naranja, rojo y azul. El ancho de zona es de 10 dB. Se emplea esta norma técnica debido a que nos presenta mayor variedad de métodos de medición que los relaciona con los colores. Adicionalmente esta norma técnica utiliza Colombia, el cual posee similares características que nuestro país.

El rango del color verde es 35 dB a 45 dB, este color representa las zonas con menos afectación del ruido, es decir con bajo nivel de ruido.

El rango del color amarillo es 45 dB a 55 dB, este color representa las zonas con un nivel de afectación aceptable, es decir no existe riesgo de contaminación acústica.

El rango del color naranja es 55 dB a 65 dB, este color representa la zona con un mayor nivel de afectación del ruido, este rango aun es aceptable ya que no tiene afectación relevante para la comunidad Politécnica.

El rango del color rojo es 65 dB a 75 dB, este color representa la zona con un nivel de afectación elevado, es decir que existe contaminación acústica.

⁹⁵ Subdirección de Estudios Ambientales IDEAM “Documento sobre norma de Ruido Ambiental”, Sitio Web: http://www.minambiente.gov.co/documentos/3126_1727_Documento_soporte_ruido_mayo_25.pdf, página 19

El rango del color azul es 75 dB a 85 dB, este color representa la zona con mayor nivel de afectación, este rango tiene una contaminación crítica respecto al ruido. Las zonas que indiquen este rango tienen una gran contaminación acústica y esto puede afectar a la comunidad Politécnica que se exponga a dichas zonas.

4.1.2 SOFTWARE UTILIZADO EN LA ELABORACIÓN DEL MAPA DE NIVELES DE RUIDO

Se realizó una investigación de las herramientas pertinentes para la elaboración de mapas de niveles de ruido y utilizar en el presente proyecto de Titulación. En la investigación se encontró que en la Secretaría del Ambiente se está trabajando con un software comercial denominado CadnaA el cual es útil para la presentación, evaluación y predicción de los niveles de presión sonora en determinado lugar. Este software permite ingresar valores referenciales como: tipo de concreto donde medir, cuantos autos pasan, la temperatura actual, entre otros. Los resultados de las curvas de niveles de ruido se pueden visualizar en 2D o 3D. El software es comercializado por Álaba Ingenieros, de Madrid, su costo es elevado, es por eso que la Secretaría del Ambiente lo adquirió a través del Distrito Metropolitano de Quito⁹⁶.

Otra herramienta recomendada para nuestro proyecto de Titulación, en la Secretaría del Ambiente fue gvGIS, la cual en comparación con CadnaA, posee menos elementos de análisis pero los necesarios para nuestro objetivo, además que es software libre. El software gvGIS es una herramienta desarrollada por el Gobierno Local de la Comunidad Valenciana de España en el 2004, actualmente sigue desarrollándose y la versión usada en el presente proyecto de titulación es la 1.10. Permite trabajar con formatos de otros programas como por ejemplo AutoCad (formato en el que se consiguió los mapas de la Escuela Politécnica Nacional), permite realizar vistas sobre mapas para ir adjuntando información necesaria de cierto lugar. Por este motivo se decidió trabajar con el software libre gvGIS.

⁹⁶ “CadnaA-State of the art Noise Prediction Software” ,Sitio Web: <http://www.datakustik.com/en/products/cadnaa>

4.2 PROCEDIMIENTO DE LA ELABORACIÓN DEL MAPA

Para la creación del Mapa de botones de niveles de ruido, se sigue los siguientes pasos:

Se arranca la herramienta gvSIG⁹⁷ desde el menú de aplicaciones, luego de lo cual se observa un proyecto vacío por defecto.

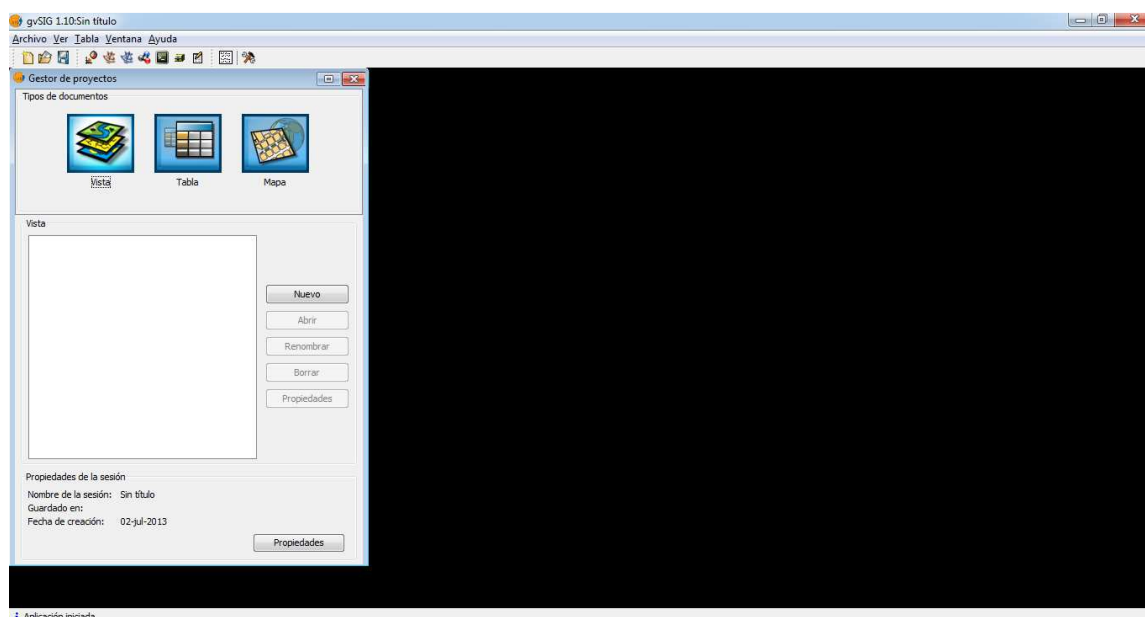


Figura 4. 1 Ventana de Inicio de gvGIS

Se procede a guardar el proyecto.



Figura 4. 2 Guardar el proyecto

⁹⁷ EL gvGIS es una herramienta desarrollada por el Gobierno Local de la Comunidad Valenciana de España en el 2004, actualmente sigue desarrollándose y la versión usada en el presente proyecto de titulación es la 1.10

Se escribe un nombre de proyecto para poder guardarlo. En este caso se renombró 2 proyectos, uno para puntos externos y otro para los internos: Mapa_puntos_externos.gvp y Mapa_puntos_internos.gvp.

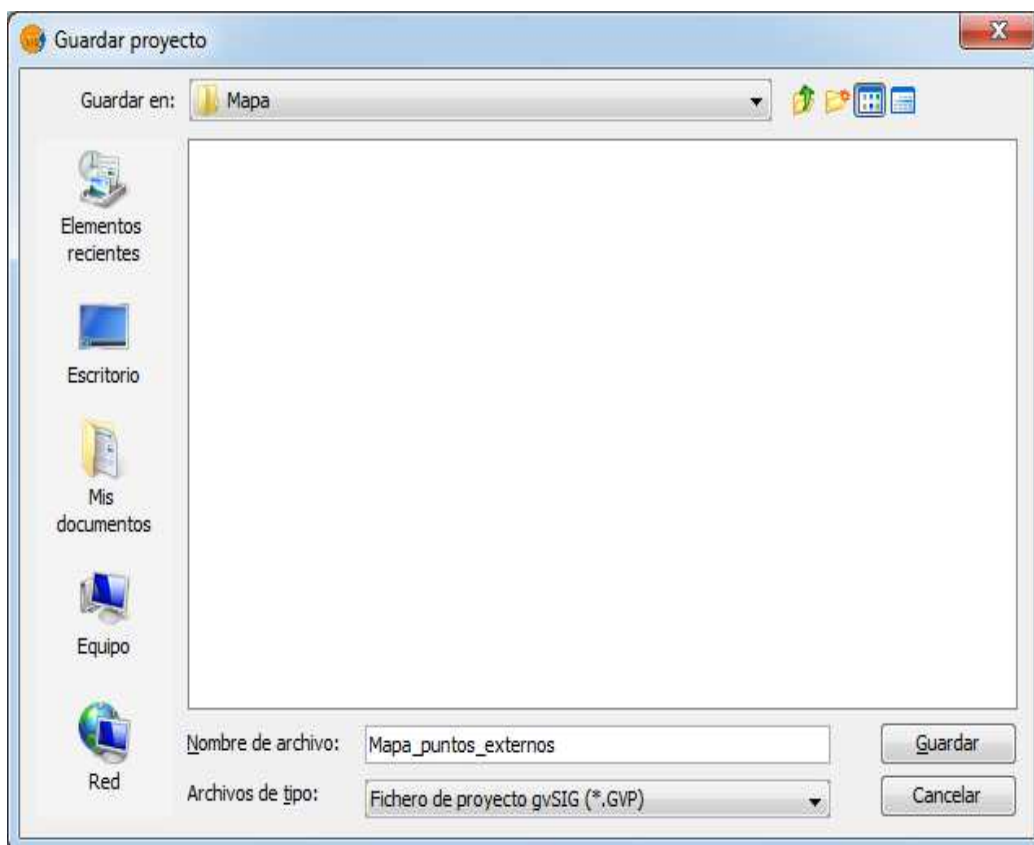


Figura 4. 3 Ventana Nombre del proyecto

Se crea una nueva vista con el botón "New" y se renombra la misma. En el caso de puntos internos se renombró cada vista con el nombre de cada edificio de la Escuela Politécnica Nacional; en el caso de puntos externos se renombró la vista con el nombre de puntos externos Dando doble clic en la vista escogida se expande la misma.



Figura 4. 4 Nueva Vista

Se añade una capa en la vista escogida dando clic en el ícono respectivo en la barra de menú, luego se despliega una pantalla y se busca el archivo .dwg que contiene el mapa del campus politécnico.

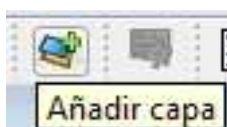


Figura 4. 5 Icono para Añadir Capa

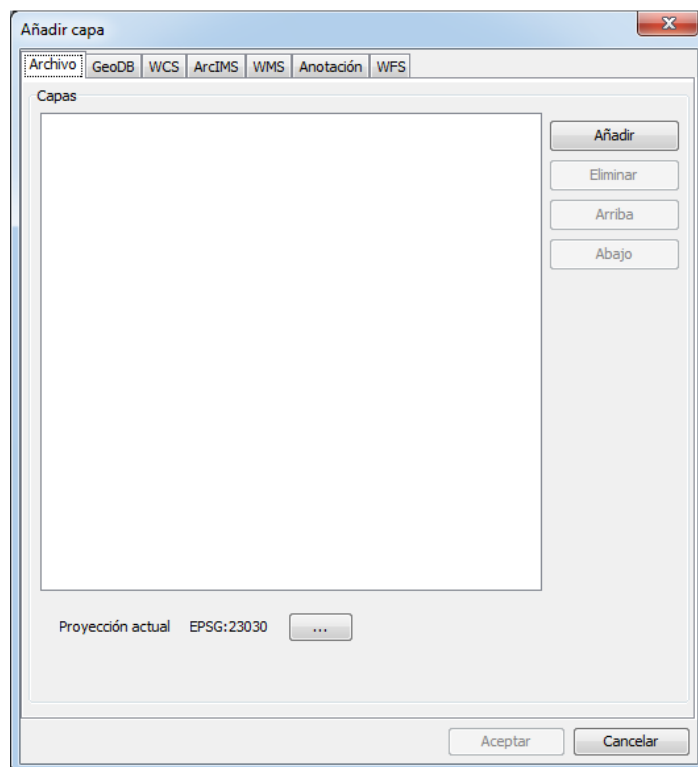


Figura 4. 6 Ventana de Añadir capa

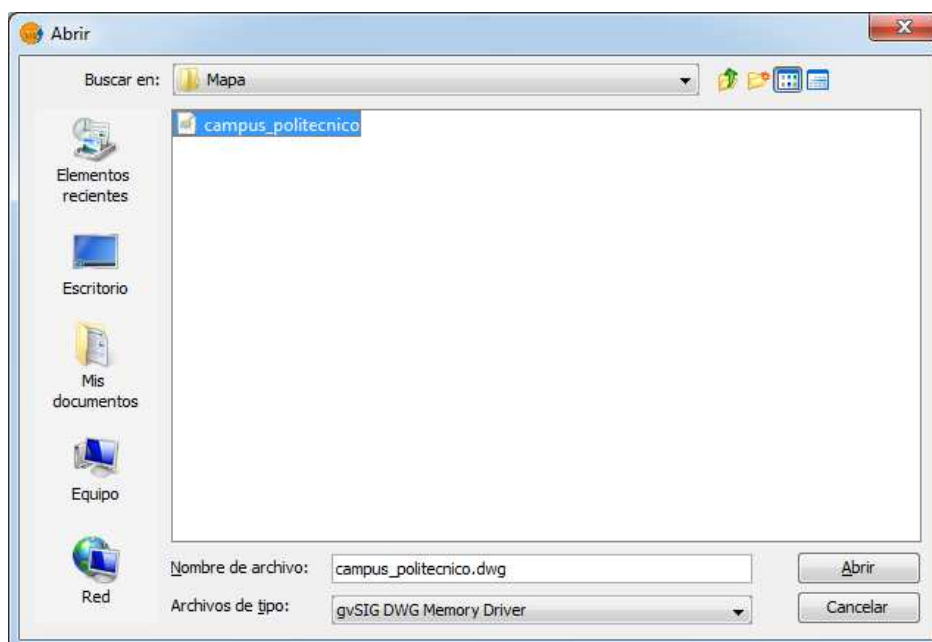


Figura 4. 7 Abrir un proyecto existente

El resultado de hacer estos pasos es la siguiente vista.



Figura 4. 8 Resultado

A continuación se crea una Nueva capa SHP para ubicar los puntos medidos dentro del mapa.

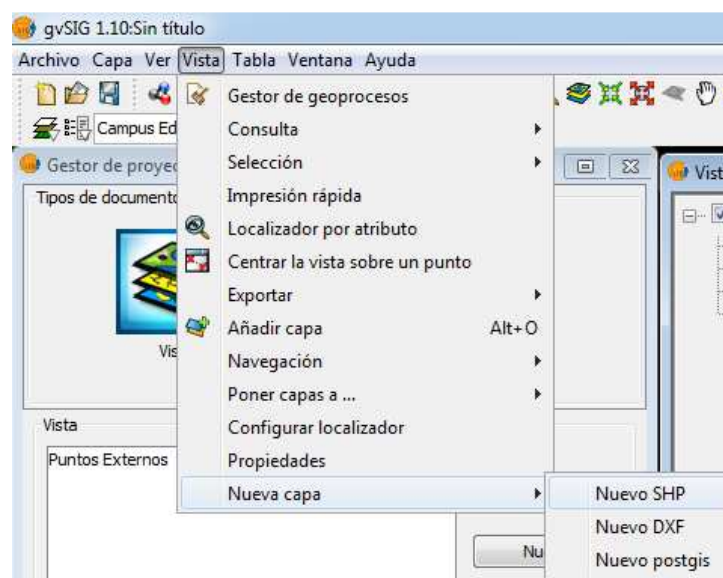


Figura 4. 9 Nueva Capa SHP

Se escoge la opción “Tipo punto”.

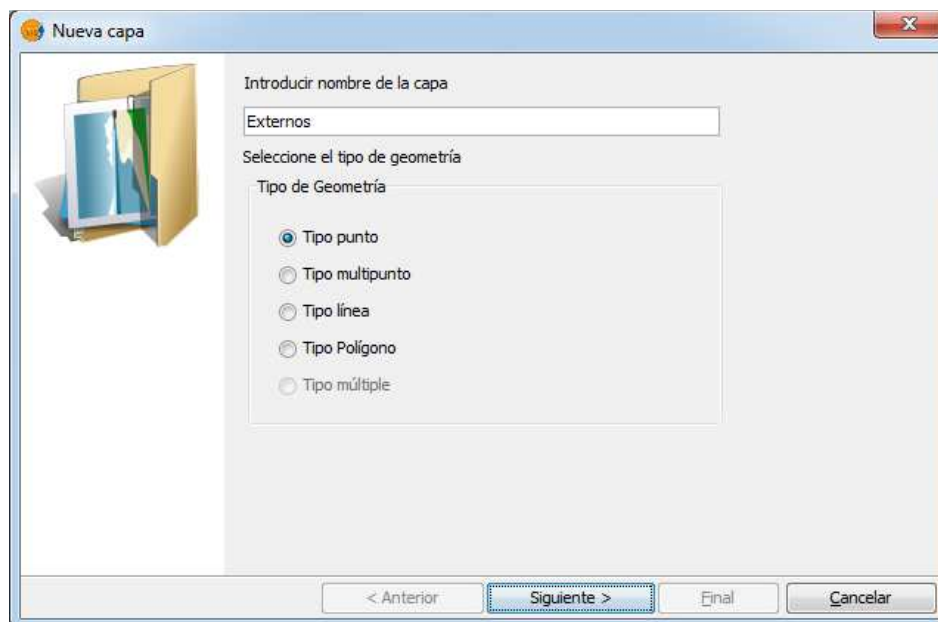


Figura 4. 10 Tipo de Geometría

Se añade los campos necesarios para cada punto.

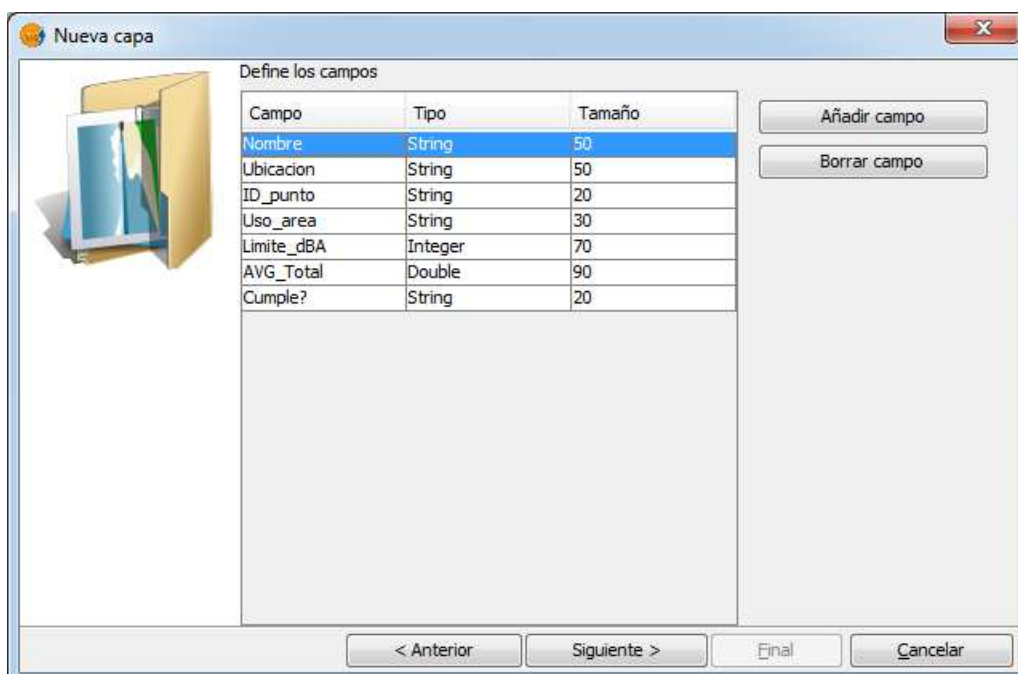


Figura 4. 11 Campos de los puntos

Se guarda el fichero shp en una ubicación específica.

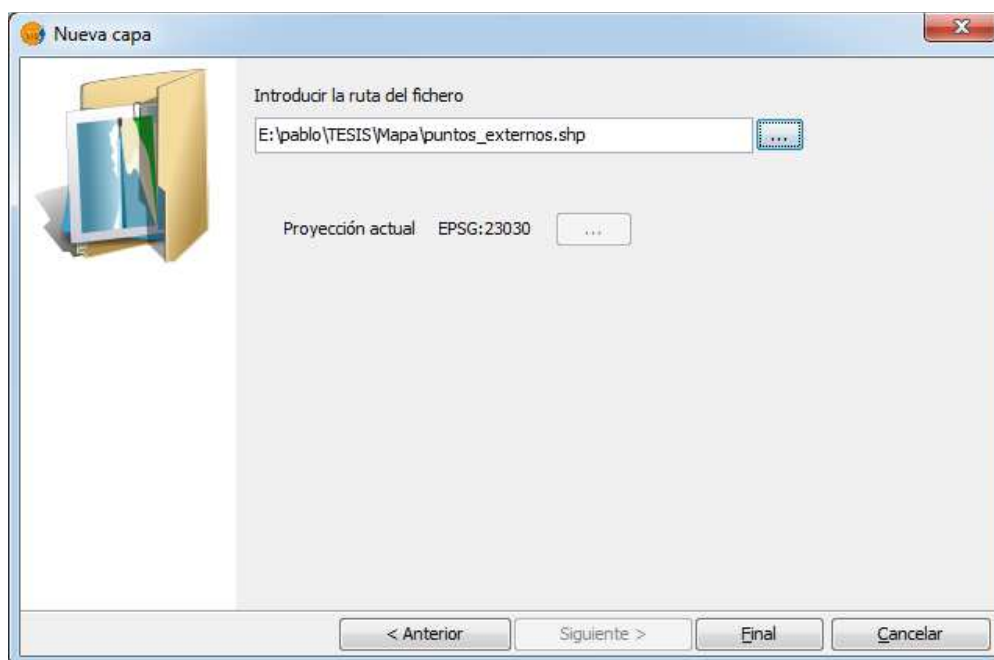


Figura 4. 12 Ingresar ruta del fichero

Luego de estos pasos se activa el ícono “punto”, lo cual indica que ya se puede ubicar los puntos que se desee dentro del mapa y con sus respectivos atributos.

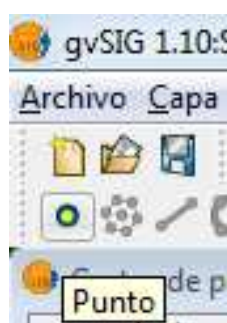
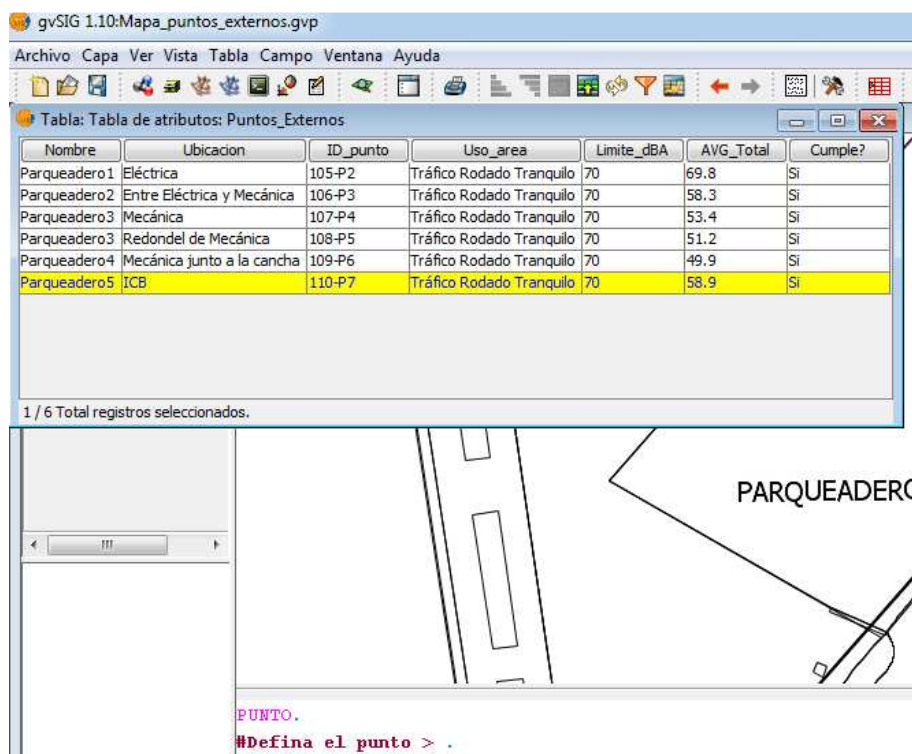


Figura 4. 13 Icono Punto



The screenshot shows the gvSIG 1.10 interface. The top window displays a table titled 'Tabla de atributos: Puntos_Externos'. The table has the following data:

Nombre	Ubicacion	ID_punto	Uso_area	Limite_dBA	AVG_Total	Cumple?
Parqueadero1	Eléctrica	105-P2	Tráfico Rodado Tranquilo	70	69.8	Si
Parqueadero2	Entre Eléctrica y Mecánica	106-P3	Tráfico Rodado Tranquilo	70	58.3	Si
Parqueadero3	Mecánica	107-P4	Tráfico Rodado Tranquilo	70	53.4	Si
Parqueadero3	Redondel de Mecánica	108-P5	Tráfico Rodado Tranquilo	70	51.2	Si
Parqueadero4	Mecánica junto a la cancha	109-P6	Tráfico Rodado Tranquilo	70	49.9	Si
Parqueadero5	ICB	110-P7	Tráfico Rodado Tranquilo	70	58.9	Si

Below the table, it indicates '1 / 6 Total registros seleccionados.' The map view below shows a street layout with a point labeled 'PARQUEADERO' and a status bar indicating '#Defina el punto >'.

Figura 4. 14 Tabla de los puntos externos

Luego de ubicar los puntos se termina la edición y se procede al etiquetado de puntos, dando clic derecho en la vista de puntos y escogiendo “Propiedades”, dentro de la cual se añade opciones de etiquetado y simbología, entre las más importantes.

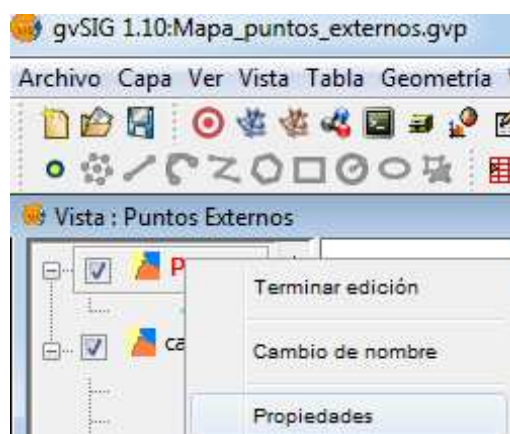


Figura 4. 15 Propiedades del punto

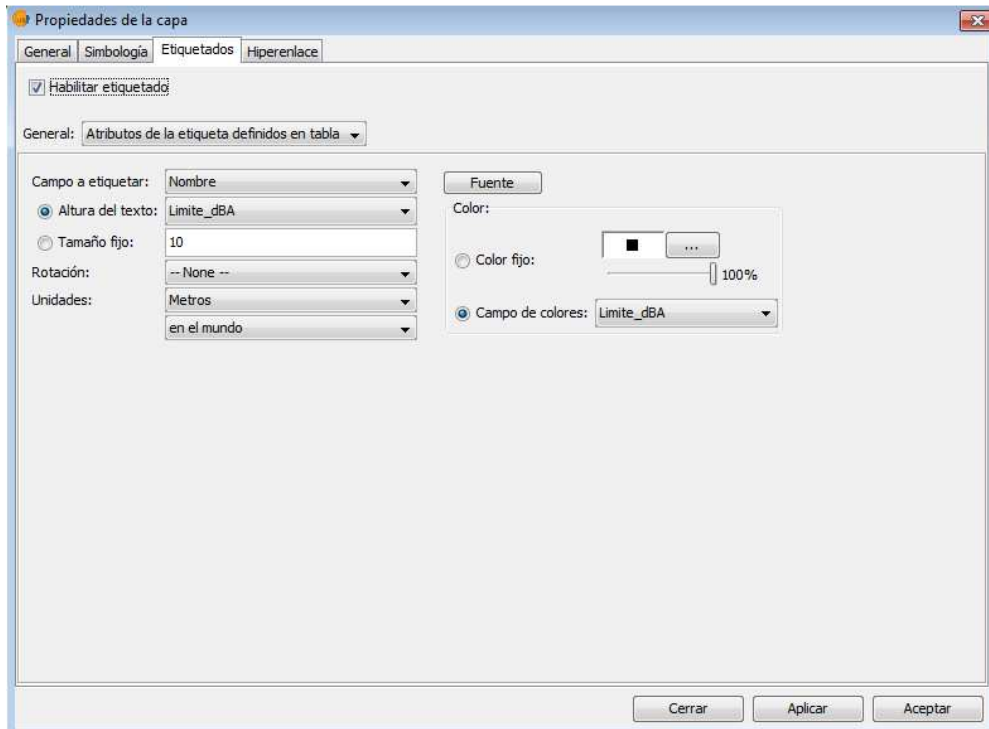


Figura 4. 16 Pestaña Etiquetados

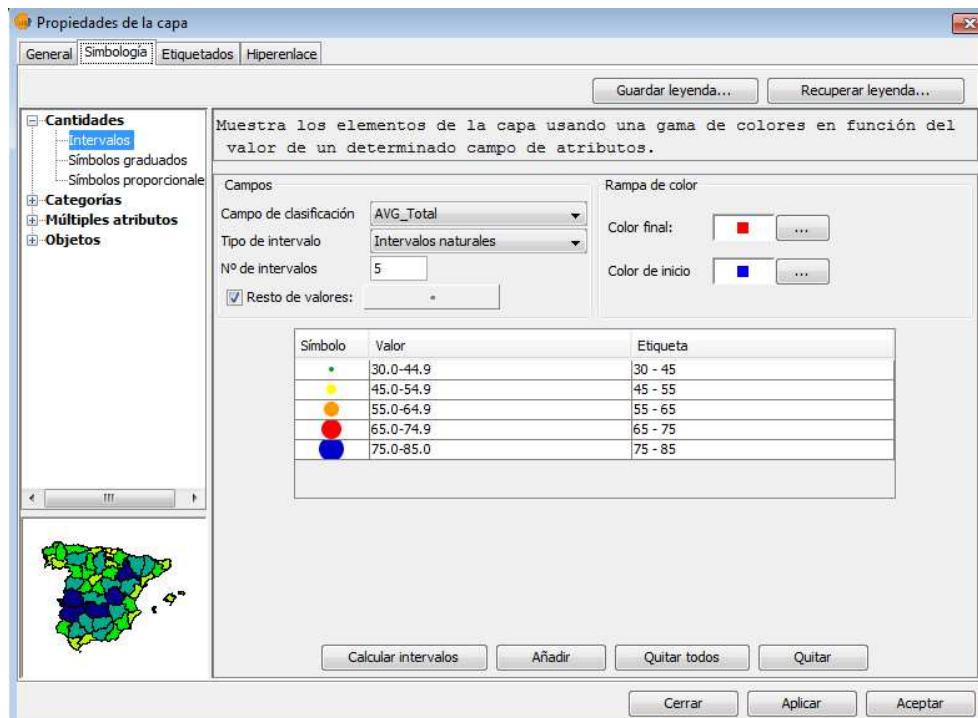


Figura 4. 17 Pestaña Simbología

Luego de creado la vista, se crea el mapa, para lo cual, en la pantalla de “Gestor de Proyectos” se da clic en “Mapa”, y se renombra el mapa a obtener al igual como se hizo en vistas.



Figura 4. 18 Gestor de proyectos

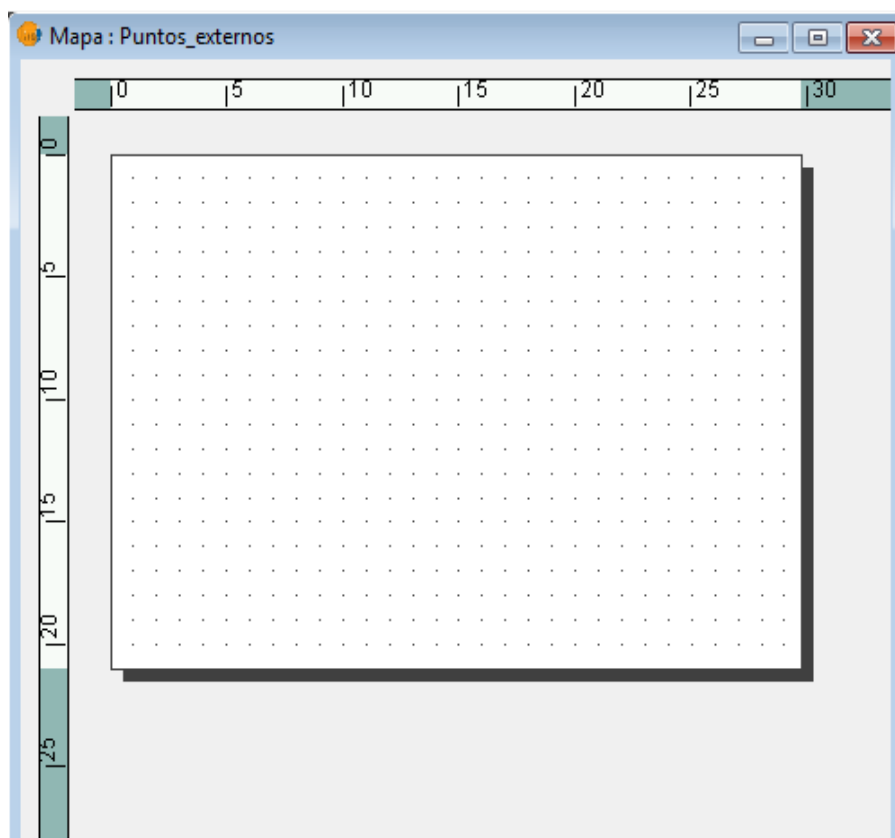


Figura 4. 19 Hoja del Mapa

Se ingresa en el mapa la vista creada, para lo cual se da clic en el ícono “Insertar vista”, y se la exporta arrastrando el puntero del mouse sobre la pantalla del mapa. Luego aparece un cuadro de propiedades para el pegado de la vista.



Figura 4. 20 Icono Insertar vista

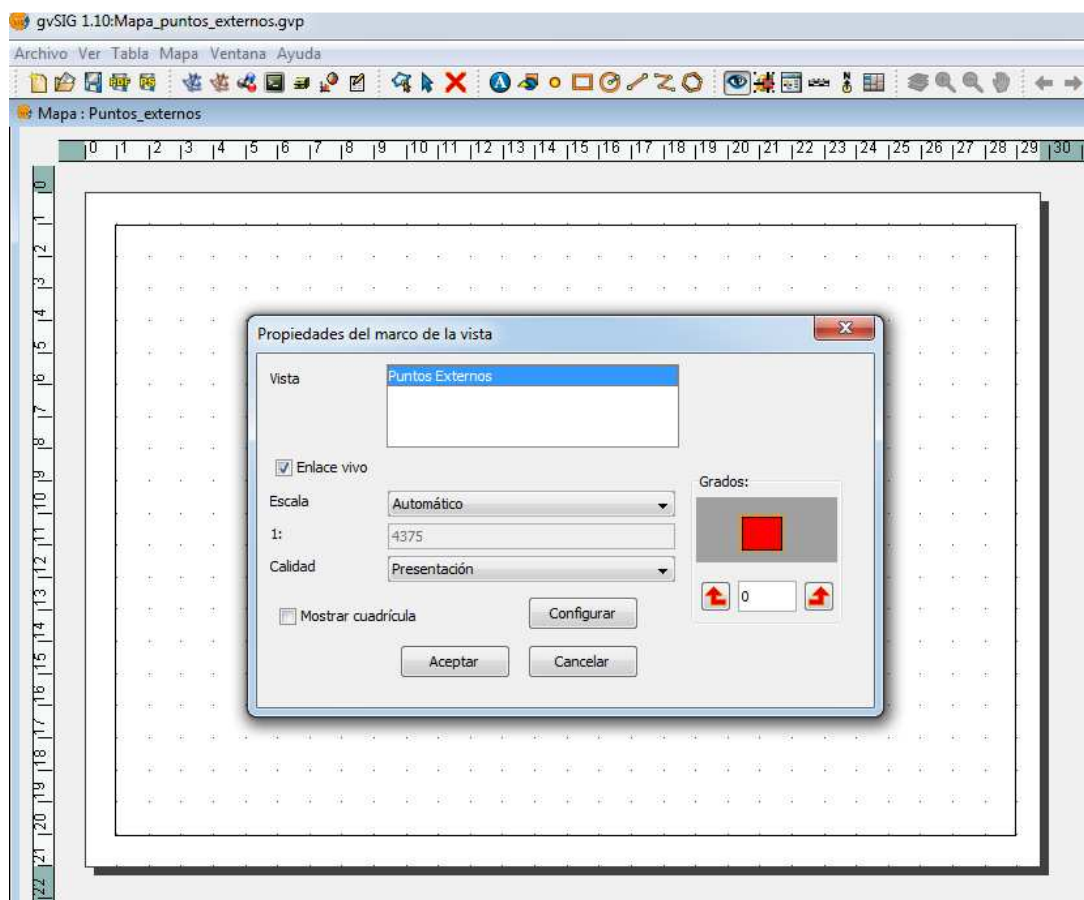


Figura 4. 21 Propiedades del marco de la vista

Se puede exportar el mapa a formato sh (en el caso que se trabaje con Sistema Operativo Linux) o pdf (en el caso que se trabaje en Sistema Operativo Linux o Windows).

Zona de Ruido dB	Color	Sombreado
<i>Debajo de 45 dB</i>	<i>Verde</i>	<i>Áreas de silencio, poco ruido</i>
<i>45 a 54.9 dB</i>	<i>Amarillo</i>	<i>Área levemente ruidosa</i>
<i>55 a 64.9 dB</i>	<i>Naranja</i>	<i>Área tolerablemente ruidosa</i>
<i>65 a 74.9 dB</i>	<i>Rojo</i>	<i>Área ruidosa</i>
<i>75 a 85 dB</i>	<i>Azul</i>	<i>Área muy ruidosa</i>

Tabla 4. 2 Detalle de Colores

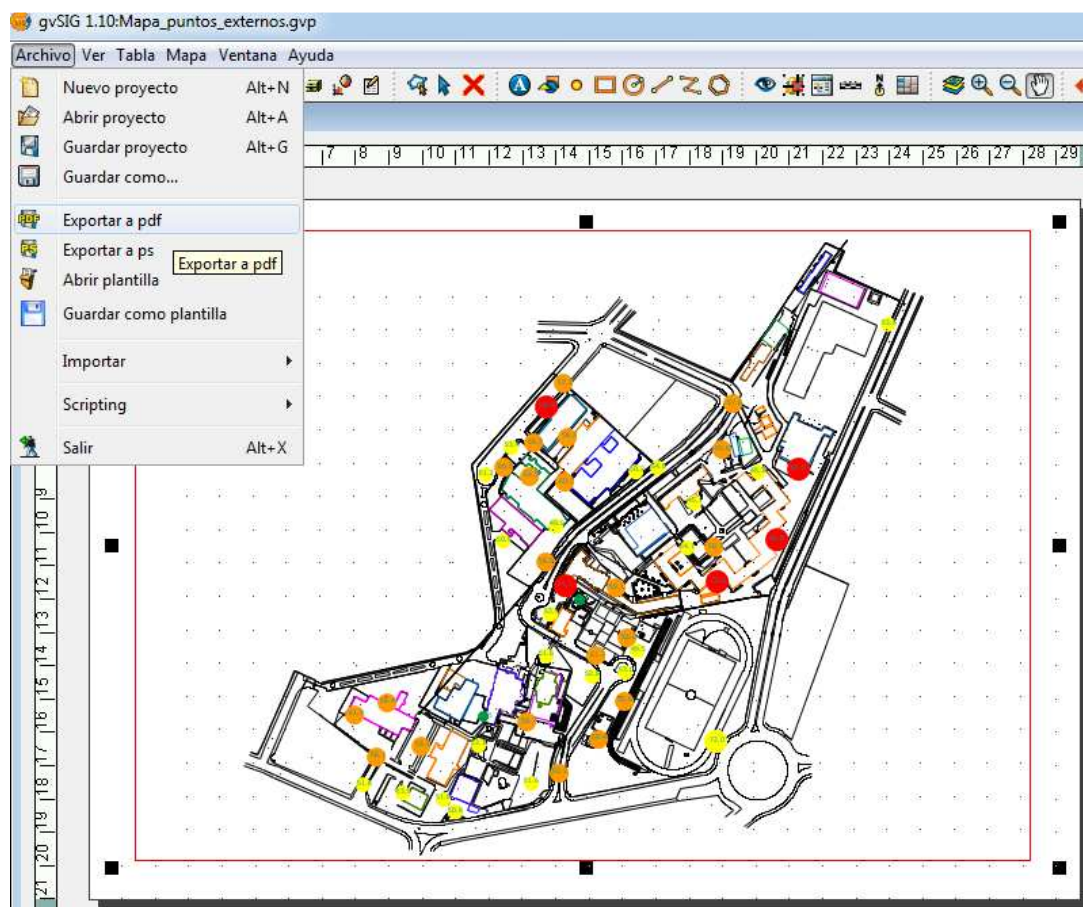


Figura 4. 22 Exportar a PDF

Al final se imprime el mapa en el formato que se desee.

4.3 SALIDA DE DATOS

En esta sección se mostrará la elaboración de los mapas de botones tanto internos como externos del Campus Politécnico José Rubén Orellana Ricaurte. En la parte de Anexos se puede ver cada uno de los mapas del Campus Politécnico.

4.4 PLAN DE MITIGACIÓN

Este Plan que se describe tiene por objetivo desarrollar las medidas que se recomiendan con el fin de minimizar los impactos adversos del proyecto que fueron evaluados en este Capítulo.

A continuación se presentan las medidas de mitigación planteadas:

- Exigencia a los trabajadores, ingenieros y estudiantes del uso de protección auditiva cuando estén trabajando cerca de una fuente emisora de ruido significativo, es decir maquinaria que produzca gran cantidad de ruido. Este sería el caso para los laboratorios de Mecánica.
- En las aulas que se presentó una contaminación acústica, se debería colocar un material absorbente adecuado en paredes, pisos, ventanas, columnas o techos, para tener un aislamiento acústico que permita reducir el impacto que produce dicha contaminación. Adicionalmente para que no sea afectado el aprendizaje de los estudiantes del Campus Politécnico.
- En los laboratorios que poseen máquinas con gran producción de ruido, se recomendaría realizar las prácticas respectivas en horarios donde existan el menor número de estudiantes cercanos a dichos laboratorios, es decir a partir de las 18:00. Este sería el caso para laboratorios de Mecánica, Construcción de la Vivienda y Civil.
- Cuando existan eventos dentro del Campus Politécnico por ejemplo fiestas de la institución existirá grandes cantidades de ruido, debido a amplificadores, disco móvil, etc. Se recomienda no exponerse demasiado tiempo para evitar afectación a los oídos.
- Impulsar a realizar campañas de información acerca de la contaminación acústica y la manera de disminuir la afectación de la misma.
- Las máquinas que se encuentran en los laboratorios, deberán estar sujetas a un mantenimiento de manera periódica de acuerdo a las especificaciones técnicas. Esta medida nos ayudará a tener el funcionamiento adecuado de las mismas y una reducción de los niveles de ruido.

- En ambientes externos, donde la inteligibilidad se vea afectada por ruido de tráfico rodado, se recomienda usar barreras absorbentes acústica especial para disminuir el efecto del ruido.

CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- Se obtuvo el mapa de niveles de ruido en la modalidad mapa de botones, de todo el Campus Politécnico, el cual sirvió para identificar zonas críticas que se ven afectadas por un contaminante ambiental, el cual no se pone mucho énfasis en su estudio en nuestro país, como es el ruido ambiental.
- Durante el desarrollo de este proyecto de titulación se identificaron diferentes puntos estratégicos para llevar a cabo las mediciones correspondientes con la ayuda del instrumento de medición calibrado y en los horarios establecidos en la planificación para el análisis posterior de los resultados obtenidos.
- Se identificaron algunos sectores críticos, es decir con contaminación acústica, dicha contaminación afecta la inteligibilidad entre las personas que ocupan el espacio mencionado.
- Se identificaron las fuentes que emiten elevado nivel de ruido, para que en base al problema se haga recomendaciones en los sitios afectados para proteger la salud de las personas que usan ese medio.
- La elaboración del mapa de niveles de ruido será de gran ayuda para futuros estudios respecto a la gestión del ruido, para realizar planes de contingencia que permitan la disminución de la contaminación acústica.

- Se identificó las zonas críticas dentro del Campus Politécnico que poseen un nivel de ruido elevado, las mismas que se deberían tomar en cuenta a futuro para tomar medidas correctivas y disminuir la afectación del ruido.
- Se clasificó las mediciones tanto en puntos internos como en puntos externos ya que el análisis de resultados se aplica de manera diferente en cada uno de los ambientes.
- Los equipos de medición (sonómetros tipo 2) fueron de gran utilidad, ya que tienen gran precisión en las mediciones que fueron obtenidas en los diferentes puntos dentro del Campus Politécnico, en base a las cuales se realizó el análisis respectivo y posteriormente se elaboró el mapa de niveles de ruido, modalidad mapa de botones, con la ayuda de la herramienta gvGIS 10.0.
- Mediante investigación, se encontró que en nuestro país no existe una Ley aplicada al factor contaminante ruido. Existe Ordenanzas, pero no son aplicadas el 100%, ya que hay mucho descuido respecto al contaminante ambiental ruido.
- La tabla de valor referencial del capítulo 3, con la cual se realizó la comparación de las medidas, fue hecha en base a la Ley de España y a algunas Ordenanzas de nuestro país.
- Se halló que el patrón de exposición al ruido promedio es en cantidad un poco menor al ruido obtenido directamente con el sonómetro, diferencia que casi no es notoria.
- Se realizó un plan de mitigación general para los puntos afectados directamente por el ruido, cabe recalcar que no hay que dejar de lado las recomendaciones individuales tomadas en cada punto, ya que de esta forma también se disminuiría el ruido.

5.2 RECOMENDACIONES

- Diseñar un programa de educación y sensibilización a la comunidad Politécnica, en el cual se identifique el ruido como un agente contaminante y su efecto nocivo en las actividades diarias, de tal manera que se socialicen mecanismos para su mitigación y de esta manera reducir la contaminación acústica.
- Solicitar de manera periódica (semestralmente) los estudios de emisión de ruido de los laboratorios que emiten mayor ruido dentro del Campus Politécnico con el fin de evaluar el aporte de ruido a las zonas adyacentes.
- En los sectores identificados dentro del Campus Politécnico que poseen contaminación acústica, se debería planificar la colocación de aislantes acústicos y de esta manera reducir la inmisión de ruido.
- En las aulas que tienen una cantidad considerable de nivel de ruido, se debería hacer un estudio de las diferentes alternativas respecto a los aislantes acústicos, es una situación que se debería considerar de manera urgente puesto que se ven afectados directamente los estudiantes y profesores que utilizan las mismas.
- En los laboratorios que producen un elevado nivel de ruido (como por ejemplo el Laboratorio Máquinas Herramientas ubicado en Ingeniería Mecánica), tanto estudiantes como profesores que utilicen dichos espacios, deben utilizar protección acústica para que no tengan mayor contacto con el ruido que se produce durante las prácticas.

- En los lugares donde no cumplieron con la norma planteada en el presente Proyecto de Titulación, se hicieron recomendaciones individuales, las cuales hay que tomarlas en cuenta y constan en el capítulo 3.
- Se recomienda realizar una actualización de la normativa de nuestro país ya que son normas que han sido aplicadas años atrás y no se ha tenido un seguimiento para ir mejorándola.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Libro

Larry W. Carter, **Manual de Evaluación de Impacto Ambiental**, Técnicas para la Elaboración de los estudios de impacto, Segunda Edición, Editorial McGraw Hill, Año 1998.

Manuel Recuero López, **Ingeniería Acústica**, Editorial Paraninfo, Año 2000.

José María Cortés Díaz, **Seguridad e Higiene del Trabajo**, Técnicas de prevención de riesgos laborales, Tercera Edición, Editorial Alfaomega, México, abril 2001.

Artículos

Ley del Ruido, España, 17 de Noviembre del 2003.

Antonio Moreno Jiménez y Pedro Martínez Suárez, Dpto. de Geografía Universidad Autónoma de Madrid, **El ruido ambiental urbano en Madrid, caracterización y evaluación cuantitativa de la población potencialmente afectada**, Boletín de la A.G.E N.-40, 2005.

Sitios Web

Nivel de presión sonora <http://www.fceia.unr.edu.ar/acustica/biblio/niveles.htm>

Definición de presión <http://es.wikipedia.org/wiki/Presi%C3%B3n>

Efecto dopler

<http://fisicaartístico.blogspot.com/2012/10/el-efecto-doppler.html>,

http://www.profesorenlinea.cl/fisica/Efecto_Doppler_Formulas.html

Fenómenos de sonido

http://www.wikillerato.org/Reflexi%C3%B3n_y_refracci%C3%B3n_del_sonido.html

Foto de tabla del estándar osha

<http://www.osha.gov/SLTC/noisehearingconservation/>

Ministerio del ambiente controla el ruido

<http://www.ambiente.gob.ec/dia-internacional-de-la-concienciacion-con-respecto-al-ruido/>

Decreto Ejecutivo IESS: <http://www.prosigma.com.ec/pdf/nlegal/Decreto-Ejecutivo2393.pdf>

<http://www.eldiario.ec/noticias-manabi-ecuador/188534-liess-medira-factores-de-riesgos-al-que-se-exponen-los-trabajadores/>

http://www.ecuadorambiental.com/doc/normas_tecnicas.pdf

ANEXOS