



MATERIALES Y SISTEMAS DE CONFORMACIÓN ACÚSTICA PARA ESPACIOS LABORALES

ROSA ELIZABETH MEDINA ALVARADO

Programa de Maestría y Doctorado en Arquitectura

2008



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

PROGRAMA DE MAESTRIA Y DOCTORADO EN ARQUITECTURA

**MATERIALES Y SISTEMAS DE CONFORMACIÓN
ACÚSTICA PARA ESPACIOS LABORALES**

TESIS QUE PRESENTA

ROSA ELIZABETH MEDINA ALVARADO

PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRA EN ARQUITECTURA
EN EL CAMPO DE TECNOLOGÍA



2008

JURADO

Director de Tesis:

M. en Arq. Francisco Reyna Gómez

Sinodales:

Dr. Álvaro Sánchez González

Dr. Fernando Martín Juez

M. en Arq. Jorge Rangel Dávalos

M. en Arq. Antonio Bautista Kuri

AGRADECIMIENTO

Dejo constancia de mis sinceros agradecimientos a todas las personas que contribuyeron en el desarrollo de la investigación y obtención de mi grado académico de Maestra en Arquitectura.

De manera especial a mi tutor el M. en Arq. Francisco Reyna G., quién supo guiarme a pesar de la distancia.

A la Universidad Nacional Autónoma de México - UNAM, a su personal administrativo y a cada uno de mis profesores, quienes con su granito de arena aportaron para que este trabajo llegue a culminarse.

A la Universidad Técnica Particular de Loja - UTPL, por la beca otorgada y el gran apoyo en el transcurso de mis estudios en la maestría. Al Laboratorio de Física por facilitarme el equipo de medición.

Por supuesto agradezco también a todas las instituciones que me abrieron las puertas a través de sus autoridades para realizar la investigación de campo y toma de datos: Consejo Provincial, Gobernación, Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, Banco del Pichincha, Mutualista Pichincha y Banco Machala.

Y en general a todas las personas que me ayudaron en el proceso.

DEDICATORIA

A Dios, responsable de mi existencia,
A mi madre, por su cariño y apoyo incondicional
A mis hermanas, por su compañía

PRÓLOGO

*“el espacio, el escenario vital del hombre...
la arquitectura como determinante de su calidad de vida...”*

El fin último de la arquitectura es satisfacer una necesidad, pero para ello se deben considerar algunos parámetros, y el principal es el confort del usuario, proyectando espacios adecuados para el desenvolvimiento normal de sus actividades, independientemente de su uso.

Uno de esos componentes para el confort ambiental del ser humano es la condición acústica, relacionada con el ruido, fenómeno del que actualmente todas las ciudades son objeto, siendo los testigos ciegos del lento deterioro del ambiente urbano.

Por lo tanto el ruido se ha convertido en una de las principales causas de preocupación entre la población de las ciudades, pues incide en el nivel de calidad de vida y además puede provocar efectos nocivos sobre la salud como: deficiencias auditivas, cambio del comportamiento del hombre, entorpecimiento de sus actividades, y hasta puede llegar a provocar patologías físicas psicológicas y sociales. Los niveles de contaminación acústica son elevados y se deben principalmente a las fuentes de contaminación que provienen de los vehículos de motor, las industrias, bares, locales públicos, talleres industriales, etc.

El actual parque automovilístico de Loja, va en aumento, generando de esta forma altos niveles de ruido, pues el simple roce de los neumáticos con la calzada producen sonido que, acumulado y junto a las otras fuentes resultan contaminantes.

Este problema es fácilmente detectable especialmente en las áreas centrales de la ciudad, en donde se desarrollan actividades de gestión, culto, comercio y educación. Por lo tanto en esta zona se agrupan edificios públicos y privados, que albergan un gran número de personas que se dedican a diferentes actividades, especialmente de tipo administrativo.

De esta forma la contaminación por ruido incide directamente en el desarrollo de las actividades laborales, considerando que el cincuenta por

ciento del tiempo que permanecemos despiertos lo pasamos en los lugares de trabajo, es decir ocho horas, si el número de horas de la jornada sube pues este porcentaje también aumenta; y es que en el proceso de diseño de estos espacios laborales u oficinas administrativas, no se ha considerado el nivel de ruido al que se encuentran expuestas las personas, ni para evitar las molestias se han utilizado materiales acústicos, ni sistemas de conformación que ayuden al aislamiento.

Lamentablemente en la ciudad no se consideran, ni se le da la importancia debida a los aspectos ambientales, mucho menos se lo hace con los factores acústicos, a pesar de existir una normativa en donde se fijan cláusulas para normar los niveles máximos permitidos, hay desconocimiento, no se sabe que existe, por lo tanto no se puede hablar de una cultura acústica, ni mucho menos de calidad ambiental.

Por lo tanto es un campo que no se lo ha analizado, que falta mucho por investigar, por conocer, y que se puede llegar al establecimiento de parámetros y requerimientos que se consideren en la construcción de edificios, especialmente en espacios laborales, así como muchos países ya lo han hecho, y que no solo se queda en emitir un decreto, sino controlar su ejecución y cumplimiento.

Para ello es necesario en primera instancia el control de ruido, a nivel urbano para posteriormente, incorporar a los edificios administrativos medidas preventivas y de mitigación, con la utilización de materiales y sistemas acústicos adecuados para crear áreas confortables para el desenvolvimiento de las actividades laborales, deviniendo en la generación de una calidad acústica y por ende de una calidad ambiental.

MATERIALES Y SISTEMAS DE CONFORMACIÓN ACÚSTICA PARA ESPACIOS LABORALES

Autor: Rosa Elizabeth Medina Alvarado, docente investigador UTPL

Director de Tesis: Mtro. Francisco Reyna, catedrático UNAM
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
UNIVERSIDAD TECNICA PARTICULAR DE LOJA - ECUADOR
E-mail: remedina@utpl.edu.ec

Palabras clave: ACÚSTICA, CONTAMINACIÓN ACÚSTICA, CALIDAD ACÚSTICA, CONFORT ACÚSTICO, ESPACIOS LABORALES, ERGONOMÍA DEL DISEÑO, MATERIALES ACÚSTICOS, SISTEMAS ACÚSTICOS,

RESUMEN

El incremento del ruido en las ciudades ha llegado a tal punto, que se ha constituido en uno de los males característicos que forman parte de las actividades, convirtiéndose en un agente contaminante que afecta el desarrollo de la vida cotidiana, degradando el confort del espacio donde las personas se mueven - como es el caso de los espacios laborales- llegando inclusive a provocar efectos nocivos tanto fisiológicos como psicológicos: deficiencias auditivas, cambio de comportamiento, falta de concentración, estrés, entre otros. Indudablemente Ecuador no es ajeno a este problema, es uno más en este universo...

El proyecto de investigación establece físicamente el caso de la ciudad de Loja, enfocando el centro de la ciudad, por considerarse un área que registra altos índices de contaminación ambiental por ruido, que alberga edificaciones administrativas importantes donde se localizan los espacios laborales.

El objetivo principal es buscar alternativas para el mejoramiento de las condiciones acústicas de los

espacios laborales, con materiales y sistemas apropiados, basándose en parámetros y criterios acústicos, que lleven a la creación de áreas que garanticen el confort ambiental, como determinante de la calidad de vida del ser humano.

Para ello fue necesario desarrollar un estudio de campo con los instrumentos apropiados para evaluar cuantitativa y cualitativamente el comportamiento acústico de los espacios laborales.

Finalmente se ha llegado a determinar posibles alternativas de materiales y sistemas de conformación acústica, la aplicación de fórmulas matemáticas para determinar el aislamiento de los materiales y criterios generales de uso a considerarse en la planificación de las edificaciones para conseguir las condiciones acústicas adecuadas. Se llega a esta propuesta después de haber determinado que en efecto los espacios no han sido planificados considerando las condiciones acústicas y que hay incidencia en los empleados de los espacios laborales que está provocando molestias en el desarrollo de sus actividades.

ABSTRACT

The increase of noise in cities has become a characteristic of the ills that are part of the activities, becoming a pollutant that affects the development of everyday life, degrading the comfort of space where people are moving - as is the case of working areas - reaching areas to cause adverse effects including both physiological and psychological: hearing impairment, behavior change, lack of concentration, stress, among others. Ecuador is certainly no stranger to this problem is one more in this universe...

The research project provides physically the city of Loja, approaching the city center, an area regarded by registering high levels of environmental pollution by noise, this area has administrative buildings, where are located working areas.

The main objective is to seek alternatives for improving the acoustics of the working areas with appropriate materials and systems, based on acoustic parameters and criteria, leading to the creation of areas to ensure environmental comfort, as determinant of quality life of human beings.

It was necessary to develop a study in the place with the appropriate tools to quantitatively and qualitatively assess the acoustic performance of the working areas.

Has finally come to identify possible alternative materials and acoustic systems conformation, the application of mathematical formulas to determine the insulation materials and use of general criteria to be considered in the planning of buildings to get the proper acoustics. You reach this proposal after having determined that in fact the offices have not been planned considering the acoustic conditions and that there is an impact on the employees of working areas that is causing discomfort in the development of its activities.

JURADO	
AGRADECIMIENTO	
DEDICATORIA	
PRÓLOGO	
INDICE	
INTRODUCCIÓN	

CAPÍTULO I: ANTECEDENTES CONCEPTUALES

1.1.	EL ESPACIO LABORAL	13
1.2.	EL RUIDO	
	1.2.1. Contaminación acústica	14
	1.2.2. El sonido y sus parámetros característicos	15
	1.2.3. Definición de ruido	17
	1.2.4. El oído humano y el campo audible	18
	1.2.5. La medición del ruido	18
	1.2.6. Curvas de valoración nr (noise rating)	21
	1.2.7. Tolerancia	22
	1.2.8. Nivel de ruido ambiental en un recinto	22
	1.2.9. Tipos de ruido	22
	1.2.10. Fuentes de ruido	24
	1.2.11. Respuesta subjetiva al ruido	27
	1.2.12. El aislamiento acústico	27
	1.2.13. Medidas de control del ruido	36
1.3.	CONSECUENCIAS Y REPERCUSSIONES DEL RUIDO EN LA POBLACIÓN	
	1.3.1. Efectos clínicos	38
	1.3.2. Efectos no clínicos	39

CAPÍTULO II: CALIDAD DE VIDA Y ERGONOMÍA DEL DISEÑO

2.1. CALIDAD DE VIDA	41
2.2. ERGONOMÍA DEL DISEÑO	
2.2.1. Factor psicológico – psicología ambiental y psicología de la percepción	43
2.2.2. Factor ambiental – el ruido	44

CAPÍTULO III: LOS ESPACIOS LABORALES EN EL CENTRO DE LA CIUDAD DE LOJA

3.1. LA CONTAMINACIÓN ACÚSTICA EN LA CIUDAD DE LOJA	
3.1.1. La contaminación por ruido en Loja	46
3.1.2. Área de estudio	52
3.1.3. Tipología de edificaciones	56
3.2. CONDICIONES ACÚSTICAS EN ESPACIOS LABORALES	
3.2.1. Niveles de ruido detectados	58
3.2.2. Materiales y técnicas utilizadas en las edificaciones	72
3.2.3. Influencia del ruido en el personal	78
3.3. DETERMINACIÓN DEL COMPORTAMIENTO ACÚSTICO	
3.3.1. Respecto a la contaminación acústica en la ciudad de Loja	84
3.3.2. Respecto a las condiciones acústicas de los espacios laborales	84

CAPÍTULO IV: MATERIALES Y SISTEMAS DE CONFORMACIÓN ACÚSTICA

4.1. CLASIFICACIÓN POR TIPO DE MATERIAL	
4.1.1. Los materiales porosos	88
4.1.2. El diafragma	89
4.1.3. Los resonadores (ensamblaje de materiales de absorción)	89
4.1.4. Materiales para argamasa	89
4.1.5. Sistemas de paneles metálicos perforados	89
4.1.6. Sistemas de paneles rígidos	90
4.2. CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL – COEFICIENTE DE ABSORCIÓN	90

4.3. MATERIALES Y SISTEMAS DE AISLAMIENTO ACÚSTICO

93

CAPÍTULO V: PARÁMETROS Y CRITERIOS DE USO DE MATERIALES PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS CONDICIONES ACÚSTICAS

5.1. MATERIALES Y SISTEMAS DE CONFORMACIÓN ACÚSTICA IDÓNEOS 101

5.2. PARÁMETROS PARA LA SELECCIÓN DE MATERIALES MEDIANTE CÁLCULO ACÚSTICO 104

5.3. CRITERIOS PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS CONDICIONES ACÚSTICAS EN ESPACIOS LABORALES 110

CONCLUSIONES	113
RECOMENDACIONES	117
INDICE DE FIGURAS Y TABLAS	119
FUENTES DE CONSULTA	121
ANEXOS	125

INTRODUCCIÓN

El proyecto de investigación establece físicamente el caso de la ciudad de Loja, enfocando el centro de la ciudad, por considerarse un área que registra altos índices de contaminación ambiental por ruido.

Al mitigar el problema del ruido se estaría beneficiando al sector, propiciando a la población inmersa, el confort ambiental necesario para relacionarse con ese medio ambiente laboral, sin comprometer sus condiciones fisiológicas, ni las necesarias para el desempeño normal de sus actividades.

El objetivo principal del proyecto de investigación es buscar alternativas para el mejoramiento de las condiciones acústicas de los espacios laborales, con materiales y sistemas apropiados, basándose en parámetros y criterios acústicos, que lleven a la creación de áreas que garanticen un confort ambiental. Los objetivos secundarios que conducirán a conseguir finalmente el objetivo principal, sería el conocimiento de los sistemas y materiales utilizados actualmente en la construcción de edificios públicos en la ciudad, determinar si los sistemas y materiales utilizados son acústicos, evaluar cuantitativamente la contaminación por ruido en el sector de estudio, evaluar las condiciones ambientales en las que se desenvuelven los empleados en sus lugares de trabajo, resaltar la importancia de las condiciones ergonómicas y de confort en áreas laborales que se deben considerar en su diseño, proponer parámetros acústicos que posteriormente sirvan para el diseño y construcción de espacios laborales en edificios administrativos (en construidos y nuevos), identificar los materiales óptimos para conseguir un aislamiento acústico, valorar los diferentes sistemas de conformación que se usan en la construcción actualmente y las posibles formas de potencializar su uso acústico.

Con el cumplimiento de estos objetivos se pretende comprobar que si se utilizan materiales y sistemas acústicos adecuados en los espacios laborales se reducen los efectos negativos del ruido y se mejoran las condiciones ambientales de los empleados.

Para abarcar completamente el tema, objeto de estudio, se lo ha dividido en cinco capítulos, en cada uno de ellos se analizan diversos componentes de la temática acústica, referida al aislamiento. Al final se realizan las conclusiones respectivas obtenidas como producto de la investigación.

En el Capítulo I – Antecedentes Conceptuales, como su nombre lo indica, se hace referencia a todos los conceptos necesarios para definir la problemática; se inicia con la conceptualización de lo que son los espacios laborales u oficinas, y se continúa con los conceptos que encierra el tema del ruido y toda la información necesaria para conocerlo, clasificarlo, detectarlo, y controlarlo, incluyendo sus consecuencias y repercusiones.

En la segunda parte, Capítulo II – Calidad de Vida y Ergonomía del Diseño, se hace referencia al hombre como el principal involucrado en el problema, y razón de ser del tema de estudio, en este apartado se estudian y analizan las condiciones que se deben generar para el hombre en actividad y su comportamiento respecto a ese entorno, juega un papel muy importante el estudio de la ergonomía del diseño ya que controla precisamente esa relación del ser humano con el medio ambiente laboral.

En el Capítulo III – Los espacios laborales en el centro de la ciudad de Loja, se realiza el diagnóstico de las condiciones acústicas de los espacios laborales en la ciudad, iniciando dicho análisis con el estudio de la contaminación por ruido; luego se analizó puntualmente las condiciones acústicas en las edificaciones administrativas, para este estudio fue necesario el registro de los niveles de ruido exterior e interior de los espacios laborales, el levantamiento de información respecto a los materiales y técnicas de construcción de las diferentes instituciones y la evaluación de la influencia del ruido en los empleados, mediante la aplicación directa de una encuesta. Finalmente el capítulo concluye con la determinación del comportamiento acústico, respecto a la contaminación en la ciudad y a las condiciones acústicas de los espacios laborales.

En el apartado Capítulo IV - Materiales y Sistemas de conformación acústica, se ha creído pertinente tratar este tema por separado debido a la importancia del mismo dentro del campo de estudio, en el desarrollo primeramente se indica la clasificación por tipo de material, sus características y los materiales y sistemas de aislamiento acústico, ya que el tema dentro del gran espectro de la acústica es el aislamiento del ruido.

En el Capítulo V: Parámetros y Criterios de uso de materiales para el mejoramiento de las condiciones acústicas: se hace referencia a los materiales y sistemas de conformación acústica idóneos, considerando los materiales que se disponen en el medio; luego se fijan algunos parámetros para la selección de materiales mediante cálculo acústico, con ayuda de una hoja de cálculo considerando las sugerencias y formulas establecidas por organismos internacionales que norman las condiciones técnicas en la edificación y finalmente se emiten criterios para el mejoramiento de las condiciones acústicas en espacios laborales.

Finalmente se realizan las conclusiones que resultan del desarrollo del tema de investigación, enfocando el enunciado de la tesis y los objetivos propuestos.

CAPÍTULO I

ANTECEDENTES CONCEPTUALES

En el capítulo I, que se va a desarrollar a continuación, se pretende tratar temas que van a ayudar a contextualizar el proyecto de investigación como base y fundamento teórico necesario para dicho proceso y como soporte en la fase de propuesta.

1.1. EL ESPACIO LABORAL

El espacio laboral es un espacio físico, lugar de trabajo en el que un individuo desarrolla múltiples actividades, generalmente se trata de oficinas de carácter administrativo o burocrático y puede ser estatal o privado.

Los espacios laborales son muy comunes hoy en día, si son de carácter público encontramos un sinnúmero de ellos, pues cada institución gubernamental alberga este tipo de espacios, y si son particulares igualmente se puede hablar de una gran variedad, instituciones bancarias, empresas varias, estudios profesionales, etc.

Dentro de cada una de estas instituciones se desarrollan diferentes

rutinas de trabajo propias de cada una de las actividades que allí se realizan, generalmente el tipo de actividad es la de administración y gestión.

En inminente el hecho de que para ser utilizado un espacio laboral por las personas, tenga que cumplir ciertas condiciones que permitan el desenvolvimiento normal tanto funcional como psicológico de las actividades, con lo que se convertiría en un espacio apto para cada tarea, capaz de adecuarse a las diferentes situaciones de trabajo.

“El desarrollo de un trabajo depende del diseño del lugar de trabajo: espacios disponibles, accesos, condiciones de iluminación, condiciones ambientales, etc. Un buen diseño de todos estos factores, influyen directamente en la proporción de accidentes dentro de una empresa”¹.

Por lo tanto el trabajo dependiendo de estas circunstancias, puede o no causar diferentes daños a la salud de

¹ Riesgos de lugares y espacios de trabajo. De: http://fete.ugt.org/PRL/portal_preventivo/riesgos/riesgos_relacionados_con_la_seguridad_en_el_trabajo/lugares_de_trabajo.htm

tipo psíquico, físico o emocional, según sean las condiciones sociales y materiales donde se realice el trabajo.

En el capítulo II se hará referencia a la salud laboral y a la higiene industrial, temas importantes que se consideran dentro de la ergonomía de diseño como una forma de salvaguardar la seguridad de las personas en sus ambientes de trabajo; inclusive existen organismos dedicados al control de estos factores, con objetivos claros que los ha llevado a establecer parámetros dentro de una legislación que deben necesariamente cumplir los espacios laborales.

1.2. EL RUIDO

1.2.1. CONTAMINACIÓN ACÚSTICA

La contaminación acústica es considerada por la mayoría de la población de las grandes ciudades como un factor medioambiental muy importante, que incide de forma principal en su calidad de vida. La contaminación ambiental urbana o ruido ambiental es una consecuencia directa no deseada de las propias actividades que se desarrollan en las grandes ciudades.

“Se llama contaminación acústica al exceso de sonido que altera las condiciones normales del medio ambiente en una determinada zona. Si bien el ruido no se acumula, traslada o mantiene en el tiempo como las otras contaminaciones, también puede causar grandes daños

en la calidad de vida de las personas si no es controlada”.²

“El contaminante acústico posee características peculiares respecto de otras formas de polución. En primera instancia, a diferencia de otros contaminantes, el ruido no deja residuos sólidos, líquidos o gaseosos. En segundo lugar, podemos decir que la contaminación acústica tiene un fuerte carácter subjetivo. Por ejemplo, una emanación gaseosa contaminante provocará un efecto negativo en todos los seres vivos que se encuentren a su alcance. Sin embargo, el ruido no se comporta de la misma manera. Esto se debe a que el sonido es un medio de comunicación, de expresión y de comprensión entre los seres vivos y con su entorno. Para ejemplificar la característica subjetiva del ruido respecto de otros contaminantes, pensemos en la música emitida por un concierto en la vía pública. Ésta podría ser disfrutada por los espectadores y al mismo tiempo ser un contaminante para los vecinos en las inmediaciones.

Las personas afectadas por la contaminación acústica pueden ser trabajadores en el ámbito de su trabajo, ciudadanos al interior de sus viviendas, usuarios de los medios de transportes públicos o privados, transeúntes, etc. Por lo general, las fuentes de ruido causantes de la contaminación no pueden ser controladas por el afectado, y en la gran mayoría de los casos estas fuentes de ruido se deben a algún tipo de actividad humana.

² Wikipedia, la enciclopedia libre. De: http://es.wikipedia.org/wiki/Contaminaci%C3%B3n_ac%C3%BAstica.

Amplitud (**A**), indica la magnitud de las variaciones de presión. Se mide en pascuales Pa el rango audible está entre 20µPa y 100 Pa.

Período (**T**), es el tiempo que tarda en producirse un ciclo completo de oscilación medido en segundos, su unidad de medida es el segundo:

$$T=1 / f$$

Frecuencia (**f**), es el inverso del período, es decir, es el número de ciclos completos de oscilación que suceden en la unidad de tiempo. La unidad es el hertzio Hz, que corresponde a un ciclo por segundo:

$$f = 1/T$$

Longitud de onda (**λ**), se define como la distancia que recorre un frente de onda en un período completo de oscilación. Se mide en unidades de longitud (m). La longitud de onda se relaciona con la frecuencia (**f**), periodo (**T**) y velocidad del sonido (**c**) mediante las expresiones:

$$\lambda = c.T = c / f$$

Velocidad del sonido (**c**), es la velocidad a la que se propagan las ondas sonoras en un medio elástico, depende de la masa y elasticidad del mismo, cuando el medio elástico por el que se transmite el sonido es el aire, la velocidad del sonido en condiciones normales es:

$$C=344 \text{ m/s}$$

a. Propagación del sonido

Durante la propagación de las ondas sonoras en un medio, pueden ocurrir

varios fenómenos. Cuando la onda sonora llega hasta una superficie suceden tres cosas (figura 2):

- Una parte es reflejada por la superficie
- Una parte es absorbida por la superficie
- El resto se transmite

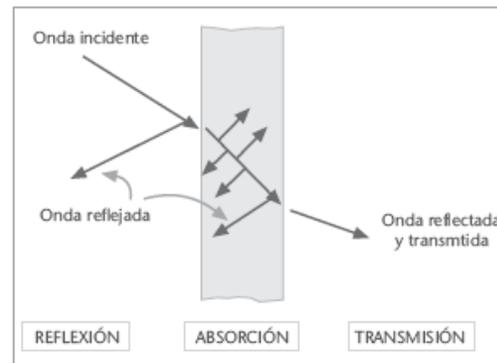


FIGURA 2: REFRACCIÓN DE LAS ONDAS SONORAS

FUENTE: Manual Aislamiento Acústico – COMPOSAN⁵

b. Disminución espacial del nivel sonoro

Si tenemos una fuente sonora determinada, y estamos situados a una distancia de ella, al alejarnos o acercarnos el nivel de presión sonora varía según las características de la fuente, el lugar donde se encuentre y la distancia entre otros factores. Podemos calcular el nivel de presión acústica dentro de un local en cualquier punto con la siguiente fórmula:

$$L_p = L_w + 10 \log ((Q/4 \cdot \pi \cdot r^2) + (4/R))$$

Donde:

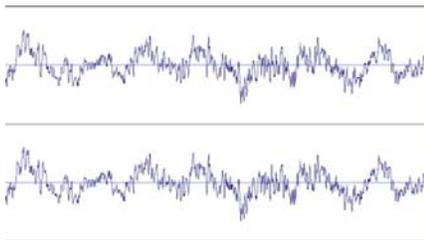
- L_p = Nivel de presión sonora.
- L_w = Nivel de potencia de la fuente sonora en dB.

⁵ Manual Aislamiento Acústico, op. Cit., pág. 22.

Q = Directividad de la fuente sonora.
 r = distancia entre la fuente y el punto de medida en metros.
 R = constante acústica del local (m²).

En espacios al aire libre se considera que cada vez que se dobla la distancia entre la fuente sonora y el oyente, se disminuye el nivel sonoro en 6 dB. Por ejemplo supongamos que estamos escuchando un altavoz a una distancia de 10 metros, si utilizamos un sonómetro y medimos el nivel de presión acústica obtenemos un valor supuesto de 80 dB, si ahora nos distanciamos 10 metros más, o sea, doblamos la distancia del punto inicial, obtendremos una lectura de 74 dB, 6 dB menos que en el primer punto, si por último nos alejamos 20 metros de este último punto, doblando así su distancia, estamos a 40 metros de la fuente, obtendremos también un descenso de 6 dB, tendremos por tanto 68 dB.

1.2.3. DEFINICIÓN DE RUIDO



Los seres humanos estamos dispuestos a ondas sonoras en forma cotidiana. Algunas de las ondas sonoras que inciden sobre nuestros oídos contienen información deseada o útil. Otras de ellas son parte de un entorno natural y están tan integradas a nuestra percepción del ambiente, que muchas veces ni siquiera nos

damos cuenta. Sin embargo existe otro tipo de ondas sonoras que no son bien acogidas. Estos sonidos no deseados reciben el nombre de ruido.

Técnicamente, el ruido es un tipo de energía secundaria de los procesos o actividades que se propaga en el ambiente en forma ondulatoria compleja desde el foco productor hasta el receptor a una velocidad determinada y disminuyendo su intensidad con la distancia y el entorno físico.

El ruido puede provocar efectos de muy variada índole, que van desde simples molestias hasta problemas clínicos no reversibles o alteraciones psíquicas severas. El más estudiado y cuantificable de los efectos de ruido en el ser humano es la pérdida de la audición.

La variedad de ruidos que puede percibir una persona es infinita. Las principales variables que definen físicamente a un ruido son: sus componentes espectrales, su dinámica temporal, sus amplitudes, sus fases relativas y su duración.

La combinación de estas variables físicas en todos sus rangos de acción, hacen del sonido un fenómeno físico que podría resultar complejo. Afortunadamente el desarrollo tecnológico actual permite cuantificar dichas magnitudes con buena precisión. No obstante persiste un problema que no puede ser completamente resuelto, se trata de la percepción que tienen los seres humanos de las nombradas variables objetivas y las respuestas psíquicas y fisiológicas frente a cada una de ellas.

Para poder tener una percepción más amplia de lo que es el ruido, se deben conocer y dominar algunos puntos al respecto.

1.2.4. EL OÍDO HUMANO Y EL CAMPO AUDIBLE

El sonido se puede considerar por una parte como un fenómeno físico y por otra como sensación auditiva de un oyente provocado por ese fenómeno físico.

En el lenguaje popular, el sonido está relacionado con la sensación auditiva. Una onda elástica que se propaga a través de un gas, un líquido o un sólido, alcanza nuestro oído y produce vibraciones en la membrana auditiva. Estas vibraciones provocan una reacción del nervio auditivo esto se conoce como audición. Pero nuestro sistema nervioso produce una sensación auditiva solo para las frecuencias comprendidas entre 20 y 20000 Hz. (el intervalo de frecuencias audibles es diferente para otros animales). Fuera de estos límites el sonido no es audible, aunque a las ondas elásticas correspondientes se les sigue llamando sonido. La física de las ondas elásticas de frecuencia por encima de los 20000 Hz se denomina **ultrasonidos** y por debajo de 20 Hz se denominan **infrasonidos**.

Para que un sonido sea percibido por nuestro oído no basta que su frecuencia este comprendido entre ciertos límites (20 y 20000 Hz). Es preciso además que la intensidad física o la amplitud de la presión se encuentren también dentro de cierto intervalo, ya que por debajo del mismo no es percibido por falta de

excitación suficiente (umbral y audición) y por encima produce sensación de dolor. Este intervalo varía con la frecuencia del sonido, como puede verse en la figura logarítmica 3.

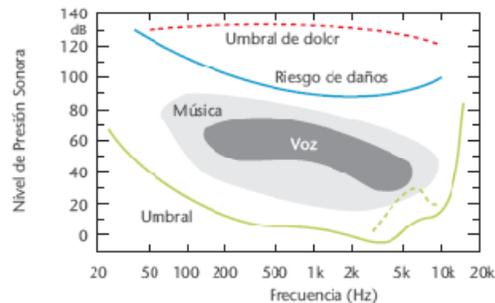


FIGURA 3: AREA DE AUDICIÓN HUMANA Y LUGARES QUE OCUPAN EN LA MISMA LA MÚSICA Y LA PALABRA

FUENTE: Manual Aislamiento Acústico – COMPOSAN⁶

1.2.5. LA MEDICIÓN DEL RUIDO

a. Indicadores para la medida del ruido

Existen muchas formas de medir el ruido. Todas ellas requieren de un indicador (también llamado índice descriptor) que permita cuantificar de alguna manera el sonido captado por un micrófono. Los descriptores de ruido procesan los niveles sonoros recibidos en el tiempo, algunos dan cuenta de la energía sonora en un período de tiempo, otros indican niveles máximos o mínimos que se alcanzan en un determinado lapso y otros son simplemente valores en un instante. Además del proceso de los niveles en el tiempo que realizan los indicadores, comúnmente se aplican filtros espectrales para algún propósito dado (por ejemplo el de

⁶ Manual Aislamiento Acústico, op. Cit., pág. 16.

simular la respuesta del oído humano), estos filtros se denominan curvas de ponderación. Todos los indicadores que se describan pueden aplicarse con o sin ponderación espectral “dB(A)”.

b. Decibelios o dB

El nivel sonoro se mide en decibeles, el decibelio se utiliza para comparar la presión sonora, en el aire, con una presión de referencia. Este nivel de referencia 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 se esté realizando. No es el mismo nivel de referencia para la presión acústica, que para la intensidad acústica o para la potencia acústica. A continuación se dan los valores de referencia.

- Nivel de Referencia para la Presión Sonora (en el aire) = 0.00002 = 2E-5 Pa (rms)
- Nivel de Referencia para la Intensidad Sonora (en el aire) = 0.000000000001 = 1E-12 w/m²
- Nivel de Referencia para la Potencia Sonora (en el aire) = 0.000000000001 = 1E-12 w

Como su nombre indica el decibelio es la décima parte del Bel. El Bel es el logaritmo en base 10 de la relación de dos potencias o intensidades. No obstante esta unidad resulta demasiado grande por lo que se ha normalizado el uso de la décima parte del Bel, siendo el decibel o decibelio. La fórmula para su aplicación es la siguiente, partiendo que la intensidad acústica en el campo lejano es

proporcional al cuadrado de la presión acústica, se define el nivel de presión sonora como:

$$L_p = 10 \log (p/p_r)^2 = 20 \log p/p_r$$

Donde:

L _p	Nivel de Presión sonora
p	Presión medida
p _r	Presión de referencia (2E-5 Pa)

Como es fácil ver el nivel de referencia siempre se corresponde con el nivel de 0 dB:

$$L_p = 20 \log (0.00002/0.00002) = 20 \log(1) = 20 * 0 = 0 \text{ dB}$$

Por la tanto en 0 dB se tiene el umbral de audición del oído humano, se supone que no es posible oír por debajo de este nivel, es decir variaciones de nivel en la presión del aire inferiores a 0,00002 pascal.

19

La definición del Bel es:

$$\text{Bel} = \log_{10} \frac{P_1}{P_2}$$

La relación logarítmica de base 10 de dos potencias.

Así, si P₁ = 2 watts y P₂ = 1 watts, la relación de potencias sería:

$$\text{Bel} = \log_{10} \frac{2}{1} = 0.301$$

“Deci” significa 1/10; por lo que podemos escribir:

$$\frac{10 \text{decibeles}}{1 \text{bel}} = 1$$

El nivel de intensidad NI de un sonido de intensidad I está definido por:

$$NI = 10 \log \frac{I}{I_{ref}}$$

Las intensidades pueden representarse con expresiones de presión, que se llama Nivel de Presión Sonora:

$$NPS = 20 \log \frac{P_1}{P_{ref}}$$

Unidades de presión:

$$1 \text{ pascal} = \frac{1 \text{ Newton}}{\text{m}^2} = \frac{10 \text{ dinas}}{\text{cm}^2} = 10 \mu\text{bar}$$

$$1 \text{ atmósfera} = 1.013 \times 10^5 \text{ Pa.}$$

c. Ponderación

La respuesta de nuestro oído es igual a la de un filtro que atenúa las bajas frecuencias, no afecta a las medias frecuencias e introduce una muy ligera variación en altas frecuencias.

De este modo si se tiene el espectro de ruido de una máquina, ventilador, etc., y se corrige la forma del mismo según la ley que lo hace el oído humano, se obtiene un espectro que se llama ponderado y que es el equivalente al espectro que excita las células o cilios del oído interno, este es el espectro, que capta el cerebro.

Se denomina así al espectro externo al oído, espectro sin filtrar y al espectro corregido ponderado A.

La suma de los niveles de presión sonora dará un nivel global que se expresa en decibelios (dB) en el primer caso, mientras que en el segundo caso se tratará de decibelios A (dBA).

La escala de ponderación A es la más utilizada, esta internacionalmente normalizada y se ajusta su curva de ponderación a la respuesta del oído humano. Por lo tanto esta escala mide la forma en que se percibe el sonido, así como su peligrosidad potencial para el oído, es decir cuando ya pasa a convertirse en ruido.

Hay otras escalas de ponderación que son menos utilizadas tales como la escala B, usada para sonidos de intensidad media; la escala C usada para sonidos altos y la escala D usada para medida del ruido de aviones a reacción.

En la figura 4 se indica la diferencia entre las curvas de ponderación.

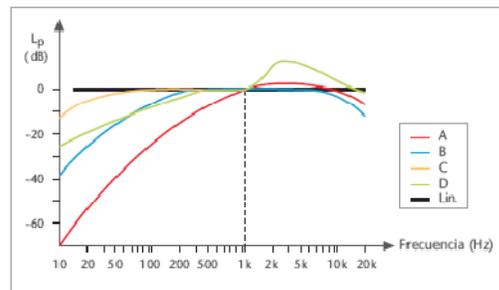


FIGURA 4: CURVAS DE PONDERACIÓN
FUENTE: Manual Aislamiento acústico COMPOSAN⁷

Normalmente, un mismo ruido medido con la escala C resulta mayor que si se lo mide en la escala A, dado que en ésta casi no se tienen en cuenta los sonidos graves, en razón de que el oído es menos sensible a ellos, y además son menos peligrosos.

Por ejemplo: en el campo, en silencio, se tienen unos 30 dBA.; en el interior de una casa, de día, el nivel sonoro

⁷ Manual Aislamiento Acústico, op. Cit., pág. 19.

es de alrededor de 40 dBA.; una conversación normal corresponde a 60 dBA.; un automóvil en buenas condiciones pasando a baja velocidad, a unos 70 dBA.; un colectivo promedio, acelerando, emite ruidos de alrededor de 90 dBA.; un martillo neumático a 4 metros, alrededor de 100 dBA.; por último, un avión reactor despegando, medido desde el borde de la pista, corresponde a unos 120 dBA.

1.2.6. CURVAS DE VALORACIÓN NR (NOISE RATING)

Estas curvas establecen límites aceptables de confortabilidad en diferentes espacios en los que existen unos niveles de ruido de fondo estables. El método permite asignar al espectro de frecuencias de un ruido, medido en bandas de octava, un solo número NR (según método recogido en las normas ISO R-1996 y UNE 74-022), que corresponde a la curva que queda por encima de los puntos que representan los niveles obtenidos en cada banda del ruido medido.

En la figura 5 se muestran las curvas NR de evaluación de ruido. En la tabla 1 figuran los valores recomendados del índice de NR para diferentes locales.

Este método, al igual que otros índices similares como son las curvas NC o PNC, es útil para la valoración de ruidos estables y continuos.

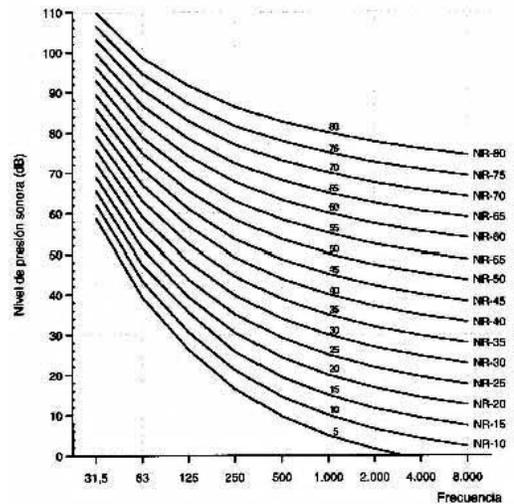


FIGURA 5: CURVAS NR (NOISE RATING) DE EVALUACIÓN DE RUIDO

FUENTE: HERNÁNDEZ C., Ana. *Medicina Laboral. Confort acústico: el ruido en oficinas*⁸

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 y 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 concierto, teatros	20-25
Clínicas, recintos para audiometrías	10-20

TABLA 1: VALORES RECOMENDADOS DEL ÍNDICE NR PARA DIFERENTES LOCALES

FUENTE: HERNÁNDEZ C., Ana. *Medicina Laboral. Confort acústico: el ruido en oficina*⁹.

⁸ HERNÁNDEZ C., Ana. *Medicina Laboral. Confort acústico: el ruido en oficinas*. De: http://www.estrucplan.com.mx/boletines/009/ML_ruido.asp.

⁹ Ibidem.

1.2.7. TOLERANCIA

La determinación de la tolerancia al ruido dependerá, naturalmente, de la definición que hayamos dado al ruido. La tolerancia al ruido se ha definido mayoritariamente a partir de parámetros cuantitativos, que tienen que ver con la intensidad de un sonido o el nivel de presión sonora (umbral de dolor a 120 dB).

Paralelamente deben considerarse los tiempos de exposición. El nivel de presión sonora no alcanza por sí solo, sino que distintos niveles de presión sonora tienen distintos tiempos de tolerancia antes de producir daños muchas veces irreparables. Cada vez que se duplica la intensidad (aumento de 3 dB) se debe dividir por dos el tiempo de exposición tolerable.

22

SPL	TIEMPO DE TOLERANCIA
85 dB	8 horas
88 dB	4 horas
91 dB	2 horas
94 dB	1 hora
97 dB	30 minutos
100 dB	15 minutos
103 dB	7.5 minutos
106 dB	3.75 minutos

TABLA 2: TIEMPO DE TOLERANCIA DE NIVELES DE RUIDO

FUENTE: MAGGILOLO, Daniel. Combate del Ruido¹⁰

1.2.8. NIVEL DE RUIDO AMBIENTAL EN UN RECINTO

El control del ruido en un recinto se enfoca a determinar condiciones acústicas adecuadas para las

¹⁰ MAGGILOLO, Daniel. Combate del Ruido. INGENIERÍA ACÚSTICA Y ACÚSTICA ARQUITECTÓNICA. De: <http://www.eumus.edu.uy/docentes/maggiolo/acua pu/ing.html>.

personas que se desenvuelven en esos espacios para el desarrollo normal de sus actividades.

Para poderlo conseguir se establecen niveles acústicos máximos de ruido ambiental, buscando precisamente estas condiciones particulares.

Al respecto existen normas de algunos países y recomendaciones de organismos internacionales e investigadores que han estudiado el tema, basándose en los datos del ruido con ponderación A y en las curvas de valoración de ruido.

En la tabla 3 se indican estos valores, que, como se puede apreciar no coinciden los niveles.

1.2.9. TIPOS DE RUIDO

Los ruidos se pueden clasificar de varias maneras, por su **carácter temporal**: ruido constante, intermitente, fluctuante, de impacto, periódico, etc.; por sus **características espectrales** en: tono puro, ruido de banda estrecha, banda ancha, blanco, rosado, etc.; por su **naturaleza** (fuente o ámbito del que proviene u otra característica particular) en: ruido aéreo, ruido de vibración, ruido comunitario, ruido industrial, ruido aeronáutico, etc.; por su **contenido semántico** en significado asociado; por su **nivel sonoro** en: alto, medio y bajo.

Sin embargo indistintamente del tipo de clasificación del ruido, se los puede resumir en tres grupos, los que a su vez incluyen los tipos anteriores:¹¹

¹¹ Unidad 2 - Capítulo 5: Acústica Arquitectónica. Aislamiento Acústico. De: <http://www.ingenieroambiental.com>

MATERIALES Y SISTEMAS DE CONFORMACIÓN ACÚSTICA PARA ESPACIOS LABORALES

	N. Australia 2107-1977	ANSI S12.2-1995	NMX-C- 207-1977		Manual Recuero
Tipo de espacio/actividad	dB (A)	NCB	PNC	dB (A)	NC
4. EDIFICIOS PARA LA INDUSTRIA					
Lineas de ensamble:			65	70	
- maquinaria ligera	50-70				
- empaquetado y entrega	50-60				
Oficinas de gerentes	45-50		40	47	
Laboratorios o áreas de pruebas	40-50				
Comedor y salas de descanso	40-55		45	52	
Ensamble de precisión	40-50				
5. EDIFICIOS RESIDENCIALES					
Vivienda privada (urbana)			40	47	25-35
- áreas de recreación	35-40	28-38			
- áreas para dormir	30-35	25-30			
- áreas de trabajo	35-40				
Hoteles y moteles:					
- áreas para dormir	30-35	28-33	35	42	30-40
- cocinas, lavanderías y mantenimiento	45-55	38-48	60	66	40-50
- áreas de recreación	45-50		45	52	
- áreas para conferencias	30-35	25-35			
6. EDIFICIOS PÚBLICOS					
Terminales aéreas:			55	61	
- área de registro	45-50				
- área de embarque	45-60				
Galerías de arte	40-50				
Salas de conciertos, recitales y opera	25-35	10-15			20-25
Teatros	25-35	15-20			20-25
Cines	30-40	27-37			30-35
Lugares para orar:			40	47	20-30
- hasta 250 personas	30-35	15-20			
- más de 250 personas	25-30				
Bibliotecas:		33-37	35	42	30-40
- área administrativa	35-40				
- área de lectura	40-45				
- área de estantes	45-50				
Museos (área de exhibición)	35-45		40	47	30-40
Terminales de autobuses:			55	61	
- venta de boletos	45-55				
- áreas de espera	45-60				
Restaurantes	40-45	38-43			35-45
Cafeterías	45-55				35-50
7. EDIFICIOS DE OFICINAS					
Salas de reuniones y conferencias	30-35	25-30	40	47	25-35
Cafeterías	45-50				
Contabilidad	45-55	38-43			
Corredores y vestíbulos	45-50				
Áreas de oficinas generales	40-45				30-45
Oficinas privadas	35-40	30-35	40	47	30-40
Espacios públicos	40-50	38-48			35-55
Áreas de recepción	40-45	38-43	45	52	
Salas de descanso	40-45				

TABLA 3: NIVELES SONOROS RECOMENDADOS PARA DIFERENTES ESPACIOS

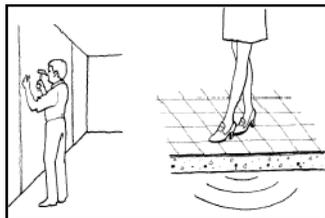
FUENTE: GERMAN G, Miriam Arq. Control de ruido en salas de espera de unidades medicas del sector social

a. Ruido aéreo

motores, etc.) situados sobre los cerramientos del local receptor.

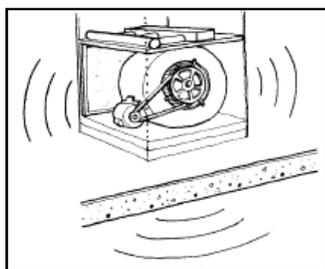
El ruido llega a los cerramientos del local receptor por el aire. La onda sonora incidente pone en vibración el cerramiento, lo que genera una onda sonora en el local receptor (onda transmitida), de menor energía que la onda incidente.

b. Ruido de impacto



El ruido se genera por un golpe de corta duración sobre los cerramientos del local receptor, el cual los hace entrar en vibración, y emitir ondas sonoras.

c. Ruido de vibración



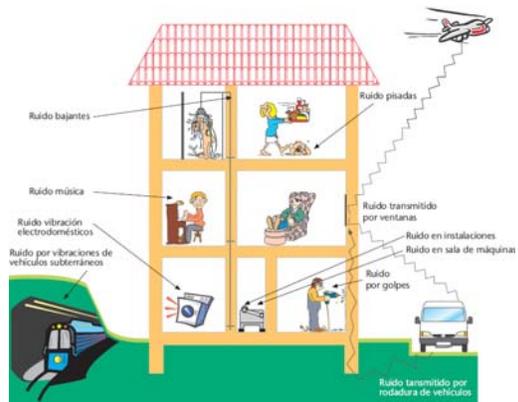
El ruido procede de la vibración de otros elementos (máquinas,

1.2.10. FUENTES DE RUIDO

Al ruido lo podemos encontrar en cualquier lugar y llega a todas las personas desde varias fuentes y a través de varias vías. El ruido emitido por una fuente se propaga en todas las direcciones y, en su camino, puede llegar directamente al receptor, ser parcialmente absorbido, transmitido y/o reflejado por los obstáculos que se encuentra en su camino.

El nivel de presión sonora que existe en un recinto depende de las fuentes de ruido y de las características acústicas y geométricas del local.

Además de estas fuentes de ruido, en las ciudades aparecen otras fuentes sonoras, como: las actividades industriales, las obras públicas, las de construcción, los servicios de limpieza y recogida de basuras, sirenas y alarmas, así como las actividades lúdicas y recreativas, entre otras, que en su conjunto llegan a originar lo que se conoce como contaminación acústica urbana.



En una reflexión una fracción de la energía acústica es siempre absorbida, lo que disminuye la cantidad reflejada (coeficiente de absorción del sonido) α . Por lo tanto se toman valores medios en función de la superficie y los materiales del local, por ejemplo, $\alpha = 0,15$ para despachos amplios con poco mobiliario o $\alpha = 0,4$ para locales muy tranquilos con muchas superficies absorbentes, por ejemplo: cortinas y moquetas.

El nivel global de ruido en un espacio es la resultante del ruido que llega al receptor directamente desde las fuentes y el que llega después de haberse reflejado una o varias veces (reverberación). La reverberación es menor en los locales con coeficientes de absorción elevados.

El ruido tiene su origen en algunas fuentes, que en mayor o menor proporción van a intervenir en la contaminación acústica, se pueden indicar las siguientes fuentes principales: procedente del exterior, de las instalaciones del edificio, de los equipos de oficina y el producido por las personas.

a. Ruido exterior y urbano

Existen numerosos factores que contribuyen al ruido exterior y urbano:

- La circulación vehicular, particularmente los vehículos de transporte público, las motos, los camiones, y en menor medida los autos.
- Las fábricas como: metalúrgicas, embotelladoras, carpinterías, etc., los equipos auxiliares, como sistemas de

aire acondicionado, grupos electrógenos, compresores y sistemas de bombeo.

- Los lugares de esparcimiento, los de espectáculos, confiterías, discotecas, cines y estadios deportivos, las salas de juegos electrónicos, los bares y restaurantes.
- Las escuelas: aulas, patios y gimnasios, y la música en las fiestas y actos infantiles.
- Los juguetes infantiles, en particular pitos, cornetas, juguetes electrónicos que emiten sonidos y algunos juguetes mecánicos.
- Varios aparatos electrodomésticos emiten ruidos considerables, como: licuadoras, procesadoras de alimentos, aspiradoras, secadores de cabello, nebulizadores, perforadoras y otras herramientas. Los televisores y equipos de audio hogareños están por lo general muy sobredimensionados en lo que respecta a potencia sonora, lo cual los convierte en potenciales contaminantes acústicos.
- El walkman y el discman son otros aparatos de uso común que según cómo se los use pueden resultar contaminantes, pero no se les presta demasiada atención porque se trata de una contaminación individual.
- También en las inmediaciones de los aeropuertos los niveles de ruido debidos al despegue y aterrizaje de las aeronaves son excesivamente altos, siendo éste uno de los problemas sobre los cuales más se investiga en el campo del

control de ruido, ello obviamente va a depender del sector en análisis.

Se puede afirmar que la potencia de la fuente sonora es proporcional a la densidad del tráfico y a la velocidad de circulación y, si el entorno es urbano, la existencia de edificios a ambos lados de la calle puede aumentar el nivel del sonido debido a las reflexiones que se producen entre las fachadas de los edificios.

b. Ruido de las instalaciones del edificio

Las instalaciones del edificio que se pueden considerar fuentes de ruido son: los ascensores, las conducciones de agua, la instalación lumínica; pero sobre todo el sistema de ventilación y climatización.

El ruido en los sistemas de ventilación se puede clasificar en tres categorías principales:

- El ruido mecánico de las partes en rotación del ventilador, cojinetes, correas, etc., así como de piezas poco rígidas o mal montadas. El ruido mecánico se propaga a través de los conductos o de la estructura del edificio a las paredes y techos, y de allí al aire.
- El ruido producido por los torbellinos de aire debido a defectos aerodinámicos en el diseño de los ventiladores. Este tipo de ruido también se genera en el choque del aire con las rejillas de salida, los codos o las baterías de climatización.

- El ruido de rotación que es producido por los ventiladores y proviene del trabajo efectuado por la hélice sobre el aire. El ruido de rotación se caracteriza porque toda la energía está concentrada en tonos puros.

c. Ruido de los equipos de oficina

Entre estos equipos se incluyen las impresoras, el teléfono, los ordenadores o las fotocopiadoras. Los niveles de ruido medidos varían dependiendo de su funcionamiento y de sus características, por ejemplo, las impresoras láser emiten un ruido apenas medible, mientras que las máquinas de escribir o las impresoras matriciales pueden generar niveles de 70 dBA.

d. Ruido producido por las personas

Uno de los aspectos que más molestias ocasionan son las conversaciones, sobre todo en las que no se está directamente implicado, pero que resultan inteligibles.

Otras fuentes de ruido son el movimiento de las personas o sus actividades (grapar, dar golpes, etc.).

1.2.11. RESPUESTA SUBJETIVA AL RUIDO

El ruido provoca una gran variedad de efectos, así como de respuestas posibles, es quizá esta gran variabilidad lo que hace difícil predecir el grado de molestia causado por un ruido a un grupo de personas.

En la figura 6 se muestra la relación entre cuatro clases de variables que influyen en el grado de molestia.

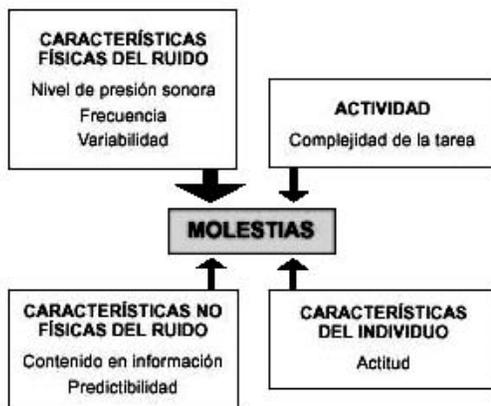


FIGURA 6: RELACIONES ENTRE SONORIDAD Y MOLESTIAS CON LOS FACTORES QUE AFECTAN A LA RESPUESTA SUBJETIVA AL RUIDO.

FUENTE: HERNÁNDEZ C., Ana. Medicina Laboral. Confort acústico: el ruido en oficinas¹²

1.2.12. EL AISLAMIENTO ACÚSTICO

El aislamiento acústico se vincula a la frase “combatir el ruido”, por lo tanto aislar acústicamente un recinto significa impedir que los sonidos generados dentro del mismo trasciendan hacia el exterior y, recíprocamente, que los ruidos

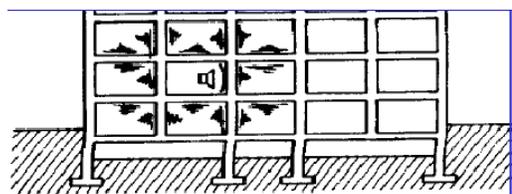
externos se perciban desde su interior.

El tratamiento de aislamiento acústico y nivel adecuado va a depender de la función a la que se vaya a destinar el recinto, la ubicación física y las condiciones de producción sonora a su alrededor. Por ejemplo si se habla de una sala de concierto o de espectáculos en la cual se ejecuta o propaga música a alto nivel sonoro, es preciso evitar que los sonidos trasciendan convirtiéndose en ruidos molestos al vecindario. Si se trata de una sala de grabación o un estudio radiofónico, cualquier ruido proveniente del exterior contaminará el sonido que se desea difundir o grabar, en desmedro de su calidad, lo cual también debe evitarse. No es lo mismo cuando se trata de una vivienda, una biblioteca o una oficina.

Según los tipos de aislamiento del ruido existen dos tipos de transmisión sonora que se deben evitar:¹³

- Las ondas sonoras que se transmiten por el aire (**transmisión aérea**).

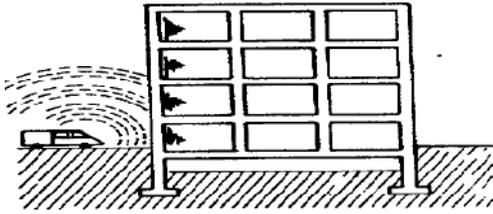
Transmisión de ruido aéreo entre salas interiores.



Transmisión de ruido aéreo entre el exterior y una sala interior.

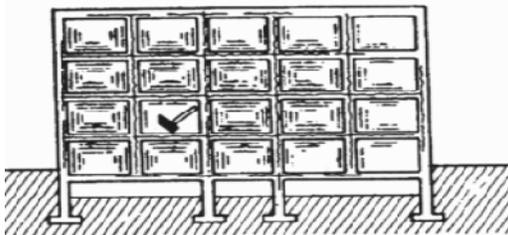
¹² HERNÁNDEZ C., op cit.

¹³ Unidad 2 - Capítulo 5: Acústica Arquitectónica. Aislamiento Acústico. De: <http://www.ingenieroambiental.com>.



- Las ondas que se transmiten por la estructura de la edificación (**transmisión estructural**).

Transmisión de ruido de impacto a través de la estructura.



Para evitar este tipo de transmisiones, al respecto la ley de la masa indica que sólo la masa aísla acústicamente. Así la aislación sonora se logra interponiendo una pared o tabique entre la fuente sonora y el receptor. La aislación es tanto mayor cuanto mayor sea la densidad superficial (kg/m^2) del tabique y cuanto mayor sea la frecuencia del sonido. Esta es la razón por la cual las paredes gruesas (pesadas) ofrecen mayor aislación que las delgadas.

También puede aprovecharse la disipación que se produce cuando una onda sonora cambia de medio, de manera que las paredes en forma de "sándwich" (compuestas por varias capas de materiales, incluso

aire) suelen ser más eficientes que las de un solo material. Estos tabiques dobles, o, más generalmente, múltiples, se refiere a que dada una cantidad de material (por ejemplo 20 cm de espesor de hormigón) se le puede sacar mayor provecho si se lo divide en dos partes (en este caso dos paredes de 10 cm cada una) y se lo separa con un espacio de aire. Si el espacio de aire se rellena con algún material absorbente (típicamente, lana de vidrio), el resultado es un aislamiento todavía mayor. En casos extremos deberá recurrirse a las dobles paredes, o lo que se conoce como el principio de la casa dentro de la casa.

En casos especiales la transmisión estructural podrá evitarse mediante la construcción de pisos y techos flotantes, que están unidos a las paredes sólo en unos pocos puntos, y mediante mecanismos diseñados para amortiguar especialmente la transmisión de la onda sonora.

El aislamiento depende de las propiedades de los materiales, de las soluciones constructivas empleadas y del contexto arquitectónico. Con lo cual se lograra el acondicionamiento acústico, que consiste en controlar la energía sonora reflejada en las paredes del mismo para reducir la reverberación, mejorando las cualidades de escucha y disminuyendo el nivel sonoro medio global de un ambiente.

Para este tipo de tratamiento se pueden utilizar una variedad de materiales y técnicas, sin embargo todo ello será relativo en relación a las características que se quieran obtener.

En la Tabla 4 se detalla cómo funcionan los diferentes materiales ante la transmisión sonora.

De esta forma el aislamiento en la construcción tiene por objeto no sobrepasar los niveles exigidos para los distintos locales. A estos niveles se les llaman *niveles de inmisión máximos permitidos*.

Pues mientras más ruido se detecte fuera del local receptor, según la norma básica de la edificación (condiciones acústicas) NBE-CA-88, mayor aislamiento se requerirá para conseguir estos niveles permitidos.

Para el cálculo del aislamiento acústico de un edificio tanto interiormente como exteriormente existen formulas establecidas y rango de niveles de ruido según el caso.

Al respecto se va a hacer referencia al procedimiento utilizado por la Norma Básica de la Edificación NBE-CA-88, para conseguir aislamiento acústico de los elementos constructivos.

Material o estructura	STC	PT a la frecuencia					
		125	250	500	1000	2000	4000
Hormigón (90 mm)	37	30	30	37	35	38	41
Hormigón (140 mm)	45	30	34	41	48	56	55
Hormigón (190 mm)	53	37	46	46	54	59	60
Hormigón (290 mm)	50	33	41	45	51	57	61
Hormigón (90 mm) + aire (25 mm) + fibra de vidrio (65 mm) + hormigón (90 mm) + placa de yeso (16 mm)	62	49	54	57	66	71	81
Placa de yeso (Durlock) (12 mm)	28	15	20	25	29	32	27
Placa de yeso (Durlock) (2x12 mm)	31	19	26	30	32	29	37
Placa de yeso (12 mm) + aire (90 mm) + placa de yeso (12 mm)	33	12	23	32	41	44	39
Placa de yeso (2x12 mm) + aire (90 mm) + placa de yeso (12 mm)	37	16	26	36	42	45	48
Placa de yeso (2x12 mm) + aire (70 mm) + placa de yeso (2x12 mm)	45	23	30	45	49	52	52
Placa de yeso (12 mm) + aire (20 mm) + fibra de vidrio (50 mm) + placa de yeso (12 mm)	45	21	35	48	55	56	43
Placa de yeso (2x12 mm) + aire (40 mm) + fibra de vidrio (50 mm) + placa de yeso (2x12 mm)	55	34	47	56	61	59	57
Vidrio (6 mm)	31	25	28	31	34	30	37
Vidrio laminado (6 mm)	35	26	29	32	35	35	43
Vidrio (3mm) + aire (50 mm) + vidrio (3 mm)	38	18	26	38	43	48	35
Vidrio (3mm) + aire (100 mm) + vidrio (6 mm)	45	29	35	44	46	47	50
Puerta madera maciza (24 kg/m ³) sin burlete	22	19	22	26	24	23	20
Puerta madera maciza con burlete	26	22	25	29	25	26	28
Puerta de madera maciza (24 kg/m ³) + aire (230 mm) + Puerta acero chapa # 18 hueca (26 kg/m ²) + burlete magnético en el marco	49	35	44	48	44	54	62

TABLA 4: PÉRDIDA DE TRANSMISIÓN DE DIVERSOS MATERIALES EN FUNCIÓN DE LA FRECUENCIA, Y CLASE DE TRANSMISIÓN SONORA (SEGÚN VARIAS FUENTES).

FUENTE: CARRIÓN I., Antoni. Diseño acústico de espacios arquitectónicos

AISLAMIENTO ACÚSTICO DE LOS ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS¹⁴

En este tema se consideran elementos verticales y elementos horizontales.

ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS VERTICALES

1. Particiones Interiores

Son normalmente paramentos simples, constituidos por un material homogéneo, por mampuestos sólidamente unidos o por elementos prefabricados.

El aislamiento mínimo a ruido aéreo R exigible a las particiones interiores se fija en 30 dBA para las que compartimentan áreas del mismo uso y en 35 dBA para las que separan áreas de usos distintos.

Los valores de aislamiento proporcionado por estos paramentos se determinarán mediante ensayo. No obstante, y en ausencia de ensayo, puede decirse que el aislamiento acústico proporcionado por particiones simples constituidas por mampuestos o materiales homogéneos es función casi exclusiva de su masa, siendo aplicables las ecuaciones siguientes que determinan el aislamiento R valorado en dBA, en función de la

masa por unidad de superficie m, expresada en kg/m².

$$m \leq 150 \text{ kg/m}^2$$

$$R = 16,6 \log m + 2, \text{ en dBA} \quad [1]$$

$$m \geq 150 \text{ kg/m}^2$$

$$R = 36,5 \log m - 41,5, \text{ en dBA} \quad [2]$$

Las particiones prefabricadas constituidas por elementos blandos a la flexión (frecuencia de coincidencia $f_c \geq 2.000 \text{ Hz}$), como fibras o virutas aglomeradas, placas de yeso laminado, etc., no responden a las ecuaciones anteriores. Su aislamiento es generalmente superior.

A continuación, en la tabla 5, se establecen, los valores del aislamiento proporcionado por algunas soluciones constructivas usuales, aplicando las ecuaciones [1] y [2] y los pesos específicos más usuales de estos materiales.

30

Tipo de partición (1)	Material	Espesor	Masa unitaria	Aislamiento acústico R
			kg/m ²	dBA
Tabique	Ladrillo hueco sencillo	4	69	32
		6	60	32
	Placa de escayola	10	91	35
		6,5	140	38
	Bloques de hormigón	9	165	39
11		210	43	
Tabicón de cítara 1/2 pie	Ladrillo hueco	9	104	35
	Ladrillo hueco	11,5	131	37
	Ladrillo hueco	14	143	38

TABLA 5: VALORES DE AISLAMIENTO DE MATERIALES

FUENTE: NORMA BÁSICA DE LA EDIFICACIÓN¹⁵

¹⁴ ANEXO 3 - NORMA BÁSICA DE LA EDIFICACIÓN. CONDICIONES ACÚSTICAS EN LOS EDIFICIOS. De: <http://www.isover.net/asesoria/manuales/nbeca88/anexo3.pdf>

¹⁵ Ibidem

2. Paredes separadoras de propiedades o usuarios distintos

El aislamiento mínimo a ruido aéreo R exigible a estos elementos constructivos se fija en 45 dBA.

Paredes simples

En la tabla 6, se establecen, valores del aislamiento proporcionado por algunas soluciones constructivas usuales, determinadas aplicando la ecuación [2] y los pesos específicos más usuales de estos materiales.

Tipo de partición (1)	Material	Espesor	Masa unitaria	Aislamiento acústico R
		cm	kg/m ²	dBA
FABRICA DE LADRILLO CERÁMICO PERFORADO	Citará 1/2 pie	11,5	202	43
		14	250	46
	Asta 1 pie	24	364	52
		29	460	56
FABRICA DE LADRILLO CERÁMICO MACIZO	Citará 1/2 pie	11,5	242	46
		14	286	48
	Asta 1 pie	24	444	55
		29	532	58
FAB. LADRILLO SILICOCALCÁREO	Citará 1/2 pie	11,5	252	46
FABRICA DE BLOQUES DE HORMIGÓN		14	225	44
		19	270	47
		29	370	52
FABRICA DE HORMIGÓN ARMADO		14	350	51
		18	450	55
		20	500	57
		24	600	60
		30	750	63

TABLA 6: VALORES DE AISLAMIENTO DE MATERIALES

FUENTE: NORMA BÁSICA DE LA EDIFICACIÓN

Paredes compuestas

Están constituidas por dos o más hojas simples.

a) Paredes dobles de albañilería

Formadas por dos o más hojas simples constituidas por mampuestos o materiales homogéneos. Su aislamiento se determinará mediante ensayo, pudiendo, en su defecto, utilizarse la expresión [2], en la que m es la masa total del elemento expresada en kg/m².

Esta ecuación únicamente podrá utilizarse cuando se cumplan las siguientes limitaciones:

- La separación entre hojas debe ser superior a 2 cm.
- La masa de la hoja más ligera debe ser superior a 150 kg/m².
- Si entre ambas hojas existe una junta de dilatación, la masa de la hoja más ligera debe ser superior a 200 kg/m², o bien si se mantiene el valor límite de 150 kg/m², deben disponerse forjados, cuyo aislamiento a ruido aéreo y de impacto sea superior en 3 dBA.

Pared de dos hojas iguales (1)	Materia l	Espesor de cada hoja	Masa unitaria total	Aislamiento acústico R
		cm	kg/m ²	dBA
FABRICA DE LADRILLO HUECO	Citará 1/2 pie	11,5	222	44
		14	246	46
FABRICA DE BLOQUES DE HORMIGÓN		11	380	53
		14	410	54
		19	500	57

(1) Se han considerado los paramentos guarnecidos y enlucidos con un espesor de 1,5 cm en cada lado.

TABLA 7: VALORES DE AISLAMIENTO DE MATERIALES

FUENTE: NORMA BÁSICA DE LA EDIFICACIÓN

En la tabla 7 se establecen, los valores del aislamiento acústico proporcionado por algunas soluciones constructivas usuales,

aplicando la ecuación [2] y los pesos específicos más usuales de estos materiales.

b) Paredes dobles constituidas por elementos blandos a la flexión

Formadas por dos o más paredes simples, de montaje en seco, constituidas por elementos blandos a la flexión (frecuencia de coincidencia $f_c \geq 2.000$ Hz), como fibras o virutas aglomeradas, cartón-yeso, etc.

Su aislamiento se determinará exclusivamente mediante ensayo. En orden a conseguir la máxima eficacia con este tipo de paramentos, se establecen las siguientes recomendaciones:

- Cada hoja estará soportada por elementos independientes entre sí, incluso en el perímetro.
- La separación d , en cm, entre ambas hojas debe cumplir la siguiente expresión en la que m_1 y m_2 son las masas de las hojas expresadas en kg/m^2 .
- La cámara debe albergar un material poroso no rígido, acústicamente absorbente.
- El conjunto debe ser estanco al aire.

c) Paredes dobles constituidas por una hoja de albañilería y otra blanda a la flexión

Su aislamiento se determinará exclusivamente mediante ensayo. En orden a conseguir la máxima eficacia en este tipo de soluciones

se establecen las siguientes recomendaciones:

- La masa del paramento de albañilería pesará al menos $150 \text{ kg}/\text{m}^2$.
- La hoja blanda a la flexión, incluidos sus soportes, deberá estar separada de la de albañilería una distancia d , en cm, indicada en la siguiente expresión, en la que m es la masa de la hoja blanda a la flexión expresada en kg/m^2 :
- La cámara debe albergar un material poroso no rígido, acústicamente absorbente.

3. Paredes separadoras de zonas comunes interiores

El aislamiento mínimo a ruido aéreo R exigible a estos elementos constructivos se fija en 45 dBA.

Las soluciones constructivas más usuales y los valores del aislamiento que dichas soluciones proporcionan son los establecidos en el punto anterior.

4. Fachadas

El aislamiento acústico global mínimo a ruido aéreo a_g exigible a estos elementos constructivos en cada local de reposo se fija en 30 dBA. En el resto de los locales, excluidos los de servicio como cocinas y baños, se considera suficiente el aislamiento acústico proporcionado por ventanas con carpinterías de la Clase A-1 como mínimo, provistas de acristalamientos de espesor igual o superior a 5-6 mm.

Dicho aislamiento viene fundamentalmente condicionado por las ventanas, dado que se trata normalmente de paramentos mixtos cuyo aislamiento global es función de los aislamientos y de la relación de las áreas de sus componentes.

Es de resaltar que un incremento de 10 dBA sobre el aislamiento de elemento acústicamente más débil es prácticamente el valor máximo que se puede esperar para el aislamiento global a_g en fachadas normales, lo cual confirma el valor determinante de las ventanas y del acristalamiento, y lo razonable de mejorarlas a fin de conseguir aislamientos globales adecuados.

Partes ciegas

Los valores del aislamiento de las partes ciegas que forman parte de fachadas se determinarán de acuerdo con lo expuesto en el punto 2, siendo aplicables, en caso de paramentos de dos o más hojas, las siguientes recomendaciones cuando se calcule el aislamiento mediante la expresión [2].

- La masa mínima de la hoja más pesada será al menos 200 kg/m², debiéndose recibir sobre ellas las paredes simples o dobles, separadoras de propiedades distintas o de zonas comunes, y las particiones interiores.
- La separación d , en cm, entre ambas hojas, deberá cumplir la siguiente expresión, en la que m_1 y m_2 son las masas de las hojas, expresadas en kg/m².

$$d \geq 45 \left(\frac{1}{m_1} + \frac{1}{m_2} \right)$$

En todo caso, en este tipo de soluciones es aconsejable incluir en la cámara un material poroso no rígido, acústicamente absorbente.

Ventanas

Los valores del aislamiento proporcionados por las ventanas se determinarán mediante ensayo. No obstante y en ausencia de ensayo, el aislamiento proporcionado por las ventanas se podrá determinar mediante las ecuaciones siguientes, en función del tipo de acristalamiento y de la clase de carpintería, según la clasificación que se establece en la NBE-CT: «Condiciones Térmicas en los Edificios» que determina:

Estaqueidad de carpintería	A-2	A-3
Vidrio simple o doble	14,5 dBA	19,5 dBA
Vidrio laminado	17,5 dBA	22,5 dBA

TABLA 8: CLASES DE CARPINTERÍA.
FUENTE: NORMA BÁSICA DE LA EDIFICACIÓN.

a) Ventanas simples

- Ventanas de carpintería sin clasificar.
 $R \leq 12$ dBA.
- Ventanas de carpintería Clase A-1, y cualquier tipo de acristalamiento.
 $R \leq 15$ dBA.
- Ventanas de carpintería Clase A-2 y acristalamiento de una o dos hojas

separadas por cámara de aire.

$$R = 13,3 \log e + 14,5, \text{ en dBA} \\ \text{[3]}$$

Donde:

e es el espesor del acristalamiento (en mm) si éste es de una sola hoja, la media de los espesores de las hojas, cuando sean dos, y la cámara de aire interior sea igual o menor de 15 mm, la suma de los espesores de las hojas cuando sean dos, y la cámara de aire interior sea mayor de 15 mm.

- Ventanas de carpintería Clase A-2 y acristalamiento laminar constituido por hasta 4 láminas de vidrio, de espesor no superior a 8 mm cada una, unidas por capas adhesivas plásticas de espesor superior a 0,4 mm

$$R = 13,3 \log e + 17,5, \text{ en dBA} \\ \text{[4]}$$

Donde:

e es el espesor total del acristalamiento.

- Ventanas de carpintería Clase A-3 y acristalamiento de una o dos hojas separadas por cámara de aire.

$$R = 13,3 \log e + 19,5 \text{ en dBA} \\ \text{[5]}$$

Donde:

e es el espesor del acristalamiento si éste es de una sola hoja, la media de los

espesores de las hojas, cuando sean dos, y la cámara de aire interior sea igual o menor de 15 mm, la suma de los espesores de las hojas, cuando sean dos, y la cámara de aire interior sea mayor de 15 mm.

- Ventanas de carpintería Clase A-3 y acristalamiento laminar constituido por hasta 4 láminas de vidrio, de espesor no superior a 8 mm cada una, unidas por capas adhesivas plásticas de espesor superior a 0,4 mm.

$$R = 13,3 \log e + 22,5, \text{ en dBA} \\ \text{[6]}$$

Donde:

e es el espesor total del acristalamiento.

b) Ventanas dobles

Las ventanas dobles no responden a las condiciones reseñadas, por lo que su aislamiento se determinará exclusivamente mediante ensayo. No obstante, es de señalar que en estas ventanas, y dependiendo de su diseño, pueden alcanzarse valores altos de aislamiento.

A continuación, en la tabla 9, se establecen, los valores del aislamiento proporcionado por algunas soluciones constructivas usuales empleadas en ventas con distinto acristalamiento, determinados aplicando las ecuaciones (3), (4), (5) y (6), y los pesos específicos más usuales de estos materiales.

Tipo de acristalamiento	Espe sor mm	Masa unitaria Kg/m ²	Clase de carpintería	Aislamiento acústico R dBA
Sencillo	4	10	A-2	23
		A-3	28	
	5	13	A-2	24
			A-3	29
	6	15	A-2	25
			A-3	30
	8	20	A-2	27
			A-3	32
	10	25	A-2	28
			A-3	33
15	37	A-2	30	
		A-3	35	
Doble (con cámara de espesor > 15 mm)	4+4	20	A-2	27
	A-3	32		
	6+6	30	A-2	29
	A-3	34		
	10+5	37	A-2	30
A-3	35			
Laminar (varias hojas adheridas)	3+3	15	A-2	28
			A-3	33
	5+4	22	A-2	30
			A-3	35
	6+4	25	A-2	31
			A-3	36
	3+6+3	30	A-2	32
			A-3	37
	6+6+6	45	A-2	34
			A-3	38
6+6+6 +6	60	A-2	36	
		A-3	41	

TABLA 9: VALORES DE AISLAMIENTO DE VENTANAS.

FUENTE: NORMA BÁSICA DE LA EDIFICACIÓN.

5. Puertas

No se establecen en esta Norma exigencias de aislamiento mínimo a las puertas. Sin embargo, puede ser conveniente conocer los valores de aislamiento que éstas proporcionan, por lo que se dan a continuación criterios para su estimación.

Los valores del aislamiento proporcionado por las puertas se determinarán mediante ensayo. No obstante, y en ausencia de ensayo, el aislamiento proporcionado en

dBA por puertas macizas, metálicas o de madera y laminadas unidas por bastidor se podrá determinar mediante la siguiente expresión matemática, en función de su masa m por unidad de superficie, expresada en kg/m².

$$R = 16,6 \log m - 8, \text{ en dBA} \quad [7]$$

En puertas especiales constituidas por laminados blandos a la flexión, de madera, fibras minerales o vegetales, cartón, amianto-cemento, etc., montados sin unión rígida entre láminas e incluyendo capas de material absorbente amortiguador, el aislamiento se determinará mediante la siguiente ecuación en función de su masa m por unidad de superficie expresada en kg/m².

$$R = 16,6 \log m + 2, \text{ en dBA} \quad [8]$$

Las ecuaciones [7] y [8] son aplicables a puertas provistas de juntas de estanquidad, debiendo minorarse en 5 dBA los valores obtenidos en caso de carpintería sin éstas.

A continuación, en la tabla 10, se establecen, a título indicativo, los valores del aislamiento proporcionado por algunos tipos de puertas usuales, determinados aplicando las ecuaciones [7] y [8] y sus pesos específicos más corrientes.

Para las puertas cristaleras será de aplicación lo indicado para ventanas.

En determinados casos, cuando dos espacios estén separados mediante distribuidor y dos puertas, puede considerarse que el aislamiento total

es la suma de los aislamientos proporcionados por cada puerta.

Tipo de puerta	Espe sor en mm	Masa unitaria Kg/m	Aislam. acústico R dBA
Madera ligera	35	21	14
	40	24	15
Madera Densa	35	28	16
	40	32	17
Tablero contrachapado	35	19	13
	40	21	14
Tablero aglomerado	35	22	14
	40	25	15
Chapa de acero	1,2	9,5	8

TABLA 10: VALORES DE AISLAMIENTO DE PUERTAS

FUENTE: NORMA BÁSICA DE LA EDIFICACIÓN

1.2.13. MEDIDAS DE CONTROL DEL RUIDO

36

Después de haber analizado las fuentes de ruido, se pueden indicar algunas medidas de control aplicables para la prevención del daño auditivo, es decir, son más eficaces las actuaciones sobre la fuente generadora de ruido que las que se realizan sobre el medio de transmisión del ruido, y éstas, más eficaces que las que se aplican al receptor.

a. Ruido exterior

En este caso, la mejor forma de tratar este problema será evitar la transmisión del ruido al interior de los espacios con la selección apropiada de los materiales de construcción, el diseño del aislamiento y, en especial, la selección del tipo de ventanas.

b. Ruido de las instalaciones

Es posible conseguir una reducción del ruido procedente del sistema de ventilación y climatización aplicando medidas tales como: el uso de conexiones aislantes en los conductos, el encamisado de los conductos con materiales absorbentes de ruido, la instalación de silenciadores en los conductos, el uso de elementos antivibratorios o bloques de inercia para evitar la transmisión de las vibraciones a la estructura. Otra medida con la que se pueden obtener buenos resultados consiste en la modificación del tamaño o modelo de los difusores y las rejillas de retorno del aire.

En términos generales, el ruido del sistema de ventilación en las oficinas no debería superar los 35 dBA; cuando la tarea exija un alto grado de concentración, los niveles recomendados son de 30 dBA.

c. Ruido de los equipos de trabajo

En muchos casos es posible solucionar el problema sustituyendo los equipos por otros que emitan menos ruido. También es posible evitar la transmisión del ruido encerrando la fuente de ruido, por ejemplo, utilizando carcasas recubiertas de material absorbente para impresoras, o aislando la fuente, por ejemplo, reuniendo las impresoras en un local especial en el que no haya personas de forma habitual.

d. Ruido de las personas

El principal aspecto generador de molestias son las conversaciones, en particular cuando éstas son inteligibles. En los despachos es posible garantizar la reducción del ruido de las conversaciones de las áreas adyacentes mediante la insonorización del local.

En oficinas de tipo abierto, las medidas deben estar dirigidas al control de la propagación del ruido, esto se puede conseguir mediante el tratamiento acústico del techo, paredes y suelos.

En estos espacios se puede lograr una mejora adicional apantallando los espacios. El grado de reducción del ruido al otro lado de la pantalla depende de la distancia entre la pantalla y la persona que habla y las características de la pantalla, el tamaño, la absorción y la transmisión de ruido. Cuanto mayor sea su superficie y su absorción acústica, cuanto más próxima esté a la persona que habla y cuanto menores sean las aberturas entre las pantallas y el suelo, mejor será el efecto atenuante de las mismas.

En la tabla 11 se ofrecen opciones para el control de ruidos:

Objetivo del control de ruidos	Procedimientos de control ¹⁶					
	Isolar la fuente	Barreras o contenedores	Aislamiento en la estructura o absorción en el espacio	Absorción	Evitar resonancia	Protección personal
Reducir el nivel general del ruido para:						
Mejorar la comunicación	X		X	X,1		
Incrementar la comodidad	X		X	X,1		
Reducir el riesgo de daños al oído	X		X	X,1		
Reducir los ruidos extraños para:						
Mejorar la comodidad		X,1	X		X	
Incrementar la comodidad		X,1	X			
Mejorar la comunicación		X,1	X			
Proteger a varias personas contra fuentes localizadas de ruidos molestos	X	X,1	X	X		X
Proteger a varias personas contra muchas fuentes distribuidas de ruidos molestos	X	X	X	X		X,1
Proteger a una persona contra una fuente localizada de ruidos molestos	X	X,1	X			X,1
Proteger a varias personas contra muchas fuentes distribuidas de ruidos molestos		X,1				X,1
Eliminar ecos y reverberación				X*		
Reducir la reverberación				X,1		
Eliminar vibraciones molestas			X,1			

TABLA 11: CONTROL DE RUIDOS
FUENTE: Efectos del ruido ¹⁶

¹⁶ Efectos del ruido. De: www.terra.com.

En la tabla 12 se indica el comportamiento de varios materiales de construcción en la pérdida de transmisión de sonido.

MATERIAL	PTS
Vidrio plano de ¼"	26
Triplay de ¾"	28
Tabla roca (tabla de yeso) de ½" ambas caras de montantes de 2 x 4	33
Placa de acero de ¼"	36
Muro de bloque de concreto de 6"	42
Muro de bloque de concreto reforzado de 8"	51
Muro de bloque de concreto de 12"	53
Muro de cavidad, bloque de concreto de 6", espacio de aire de 2"	56

TABLA 12: PÉRDIDA DE TRANSMISIÓN DE SONIDO EN MATERIALES.

FUENTE: Aislación térmica y acústica en Edificios.¹⁷

1.3. CONSECUENCIAS Y REPERCUSSIONES DE LA CONTAMINACIÓN POR RUIDO EN LA POBLACIÓN



Sus efectos sobre la salud convergen en una variedad de problemas, desde un simple malestar y problemas cardiovasculares, pasando por una gama intermedia de afecciones, entre las que se cuentan: interferencia en la comunicación, pérdida de la atención, disminución del rendimiento, alteraciones en el comportamiento social (agresividad

¹⁷ Aislación térmica y acústica en Edificios. De: <http://html.rincondelvago.com/aislacion-termica-y-acustica-en-edificios.html>.

e intolerancia), estrés, alteraciones del sueño y desgaste auditivo.

Para tener una idea de cuando un tono se convierte en ruido, se puede poner como ejemplo que una conversación a tono normal ronda entre los 50 y los 55 decibels. Mientras que una discusión a los gritos puede alcanzar los 75 e incluso los 80 decibels.

Dentro de lo que corresponde a la afección del ruido en el ser humano, existen numerosos estudios realizados acerca de los efectos del ruido. Estos pueden clasificarse en efectos clínicos y no clínicos.

1.3.1. EFECTOS CLÍNICOS

La *hipoacusia* (disminución de la capacidad auditiva) es el más conocido. Puede ser temporaria (o reversible), lo cual sucede, por ejemplo, después de algunas horas de exposición a un ruido intenso seguidas de un prolongado descanso, o permanente (o irreversible), cuando la exposición se reitera día a día durante varios años, lo cual suele ocurrir en determinados ambientes laborales, aunque esto no es excluyente. El tiempo necesario para adquirir una hipoacusia irreversible depende de la susceptibilidad (o labilidad) de cada individuo, de la intensidad y otras características del ruido al cual está expuesto.

La *presbiacusia*, es decir la disminución auditiva que se adquiere progresivamente con la edad, es un tipo de hipoacusia considerada como normal.

Grado de hipoacusia	Umbral de audición	Déficit auditivo
Audición normal	0-25dB	
Hipoacusia leve	25-40dB	Dificultad en la conversación en voz baja o a distancia.
Hipoacusia moderada	40-55dB	Conversación posible a 1 o 1,5 metros
Hipoacusia marcada	55-70dB	Requiere conversación en voz alta
Hipoacusia severa	70-90dB	Voz alta y a 30 cm.
Hipoacusia profunda	90dB	Escucha sonidos muy fuertes, pero no puede utilizar los sonidos como medio de comunicación

TABLA 13: GRADO DE HIPOACUSIA, EL UMBRAL DE AUDICIÓN Y EL DÉFICIT AUDITIVO

FUENTE: Efectos del ruido¹⁸

Sin embargo, estudios realizados en comunidades de escaso desarrollo tecnológico (por ejemplo los Maabanos, del Sudán), y por lo tanto muy silenciosas, han revelado que los individuos de edad avanzada tenían en promedio una agudeza auditiva superior a la de los jóvenes de 20 años de ciudades como Nueva York o Tokyo. Esto llevó a acuñar el término socioacusia para describir el fenómeno de aceleración de la presbiacusia a causa del elevado nivel de ruido ambiente.

Además de los efectos sobre el oído ya señalados, se han descrito multitud de otras afecciones en individuos expuestos a ruidos intensos, por ejemplo: hipertensión arterial, taquicardias, cefaleas, estrés y nerviosismo, disminución del rendimiento físico, alteraciones del ritmo respiratorio, disminución de la secreción salival, embotamiento del sistema del equilibrio y vértigos. Estudios epidemiológicos realizados en zonas de ruidos intensos revelan una incidencia de accidentes cardiovasculares, neurológicos, digestivos y endocrinos hasta 4 veces mayor que lo normal. Por

¹⁸ Efectos del ruido. De: www.terra.com.

ejemplo en las inmediaciones del aeropuerto de Los Ángeles (EE.UU.) se detectó un elevado índice de malformaciones congénitas en bebés cuyas madres estuvieron expuestas a los intensos ruidos del despegue y aterrizaje de aviones.

Los efectos sobre el sueño no se restringen al insomnio. Aún sin alcanzar los niveles necesarios para ocasionar el despertar, se ha comprobado que el ruido perturba las etapas del sueño profundo. Ello sucede porque aunque durante el sueño el sonido no es percibido en forma consciente, sí es captado inconscientemente y genera una señal auditiva perfectamente capaz de influir sobre diversas funciones del cerebro. Esto es particularmente nefasto para el crecimiento de los bebés, ya que las hormonas que favorecen el crecimiento son segregadas durante las etapas del sueño profundo. Por otra parte, como durante el sueño el ruido es menos molesto, el oído está más expuesto a sufrir deterioro.

Con respecto a los niños, tal vez es poco conocido el hecho de que su oído es mucho más delicado que el de los adultos, y por lo tanto pueden sufrir mayores daños a causa de los ruidos intensos (la confusión surge quizás porque los niños aparentan tolerar más el ruido).

Un efecto colateral son los trastornos del aparato fonatorio derivados de la necesidad de alzar la voz para comunicarse en ambientes ruidosos. Este problema lo sufren los profesionales que dependen de su voz para

desempeñar sus tareas, como por ejemplo las maestras.

1.3.2. EFECTOS NO CLÍNICOS

El ruido puede producir simplemente *molestia*, lo cual está relacionado con la capacidad de un ruido para interferir con lo que se está haciendo.

También produce molestia cuando el ruido es portador de algún mensaje o significado que no nos interesa recibir.

Otro efecto es la *pérdida de concentración y la disminución de la eficiencia en el trabajo*, en particular cuando se trata de tareas de tipo intelectual.

"Las tareas que requieren gran exigencia intelectual provocan *fatiga mental o nerviosa* como consecuencia de una exigencia excesiva de la capacidad de atención, análisis y control del trabajador, por la cantidad de información que recibe y a la que, tras analizarla e interpretarla, debe dar respuesta"¹⁹.

Los síntomas de la fatiga mental son: dolor de cabeza, sensación de cansancio, alteraciones en la capacidad de atención, somnolencia, fallos de precisión en los movimientos, que inciden en la disminución del rendimiento, de la actividad, aumento de errores, etc.

El *esfuerzo mental* que se debe hacer antes de declinar en estas circunstancias, se define como "la

¹⁹ Fatiga Mental. Wikipedia, la enciclopedia libre.

cantidad de esfuerzo intelectual que se debe realizar para conseguir un resultado concreto"²⁰. Las tareas que requieren esfuerzo mental, dentro de funciones administrativas pueden ser: el manejo de información sobre los resultados de la tarea, memorización para tareas rutinarias, toma de decisiones rápidas en el proceso, realización de respuestas rápidas a errores típicos y no típicos, elegir entre opciones, realizar cálculos numéricos de cierta complejidad.

La *interferencia a la palabra* y a la *comunicación oral* es uno de los efectos más distinguidos del ruido. Se produce porque la mayor cantidad de información está contenida en las consonantes, que son mucho más débiles que las vocales y por lo tanto son fácilmente enmascaradas por el ruido. En cambio, la percepción del mensaje musical no se ve tan afectada, porque la información importante se transmite a través de sonidos comparativamente más intensos (en una canción es mucho más fácil distinguir la melodía que la letra).

En los escolares, tanto la pérdida de concentración como la interferencia a la palabra derivadas de la exposición a ruidos tienen un efecto negativo sobre el aprendizaje, en particular el aprendizaje del idioma. Esto a su vez puede ocasionar retardo en la maduración intelectual. Otro efecto no clínico, de incidencia psicológica que se puede producir en un ambiente laboral es el *estrés*. "Se define como estrés a la respuesta del cuerpo a condiciones externas que perturban el equilibrio

emocional de la persona. En el ámbito laboral, se denomina estrés laboral a un conjunto de reacciones nocivas tanto físicas como emocionales que concurren cuando las exigencias del trabajo superan a las capacidades, los recursos o las necesidades del trabajador"²¹.

Algunas de las consecuencias negativas que ocasiona el estrés en el ámbito laboral, son las siguientes:

- Se puede desarrollar como trastorno psicológico agudo.
- Puede originar un incremento de accidentes laborales.
- Aumenta la tasa de absentismo laboral o bajo rendimiento de los trabajadores que lo padecen.
- Puede conducir a la incapacidad laboral por alteraciones somáticas o psicológicas.
- Se puede crear un clima psicosocial enrarecido en los centros de trabajo.

Analizando todos estos efectos no clínicos, pero de repercusión psicológica se tiene que considerar que la exposición a las condiciones ambientales de los lugares de trabajo:

- No deberá suponer un riesgo para la seguridad y salud de los trabajadores.
- En la medida de lo posible, no deben constituir una fuente de incomodidad o molestia para los trabajadores.

²⁰ Ibidem.

²¹ Álava R., María J. Controlar la ansiedad. El estrés en los controladores aéreos. De: www.actara.org.ar.

CAPÍTULO II

CALIDAD DE VIDA Y ERGONOMÍA DEL DISEÑO

En este capítulo como complemento del anterior se van a desarrollar dos temas importantes que están íntimamente relacionados: la calidad de vida y la ergonomía del diseño, el hecho de que se traten en un capítulo aparte radica en la importancia que alcanzan cuando hablamos de espacios laborales.

2.1. CALIDAD DE VIDA

*“el espacio, el escenario vital del hombre...
la arquitectura como determinante de su calidad de vida...”*



Toda actividad humana se desarrolla en un espacio físico que el arquitecto trata de ordenar a base de la identificación de las características de las funciones que allí – en ese espacio – se supone se van a cumplir.

“La calidad de vida ha sido definida como la calidad de las condiciones de vida de una persona, como la satisfacción experimentada por la persona con dichas condiciones vitales, como la combinación de componentes objetivos y subjetivos, es decir, calidad de vida definida como la calidad de las condiciones de vida de una persona junto a la satisfacción que ésta experimenta, y, por último, como la combinación de las condiciones de vida y la satisfacción personal ponderadas por la escala de valores, aspiraciones y expectativas personales, no obstante, se estarían omitiendo aspectos que intervienen directamente con la forma de interpretar o no las situaciones como positivas o no, es decir, aspectos que influyen la escala de valores y las expectativas de la personas: la cultura”.²²

La realidad más inmediata y personal, los espacios vitales donde se pasa la mayor parte del tiempo, la casa, los lugares de trabajo, de recreación, escuelas, hospitales, espacios públicos,... espacios de uso periódico y cotidiano, y ese espacio es lo que le da a cada persona su manera de sentir la vida,

²² Calidad de vida. www.monografias.com.

sus expectativas, sus metas, sus deseos, su sentido de vida.

La frecuencia de uso - tiempo de permanencia-, es importante al momento de diseñar aquellos espacios vitales, como los espacios laborales que son lugares de trabajo donde se desarrollan actividades administrativas y de gestión -objeto de estudio-; por lo tanto estos espacios deben tener el máximo confort, estar dotados de todo el equipamiento y la infraestructura necesaria para que funcione como tal y en condiciones óptimas de trabajo, pues del confort que tengan las personas en su lugar de trabajo dependerá su estabilidad física, mental y social.

La arquitectura determina la calidad de vida del hombre, pues se convierte en la acción interactiva entre distintas disciplinas que influyen en el bienestar... “ser y estar bien”.

Una de esas condiciones óptimas para desenvolverse en los lugares de trabajo, es precisamente el confort acústico, que se ve afectado por el ruido que incide en el nivel de calidad de vida y que está provocando efectos nocivos sobre la salud.

De esta forma para hablar de calidad de vida en los espacios laborales es necesario recurrir a la disciplina de la ergonomía.

2.2. ERGONOMÍA DEL DISEÑO

La ergonomía juega un papel importante en lo que se refiere a diseño, si se entiende este término

como “el estudio científico de las relaciones entre el hombre y su medio ambiente laboral”, entonces es importante que se conozcan las condiciones del hombre en actividad y su comportamiento respecto a ese entorno.

Cecilia Flores, en su estudio sobre Ergonomía para el Diseño, se refiere a la ergonomía como “la disciplina que estudia las relaciones que se establecen reciprocamente entre el usuario y los objetos de uso al desempeñar una actividad cualquiera en un entorno definido”, de esta forma habla del trinomio *usuario - objeto - entorno* como elementos esenciales en la ergonomía, y esta es precisamente la función de los ergónomos o ergonomistas que son “científicos especializados en el estudio de la *interacción* de las *personas* con los *objetos* con que entran en contacto, particularmente los objetos artificiales”²³.

Por lo tanto se puede afirmar que si existe una interacción entre usuario y objeto, para que esta se dé correctamente se deberán considerar los factores humanos y los factores objetuales y en este caso el entorno –factores ambientales- en el que se va dar esa relación es fundamental.

Dentro de las disciplinas que colaboran con la ergonomía se encuentran las ciencias médico-biológicas y las ciencias psicológicas y dentro de ellas la medicina del trabajo o salud en el trabajo y la psicología ambiental respectivamente.

²³ Microsoft. Encarta 2008. 1993-2007 Microsoft Corporation.

Ahora bien, para concretar en los aspectos de la ergonomía que están directamente vinculados con el tema de estudio, se va a hacer referencia dentro de los factores humanos al factor psicológico y dentro de los factores ambientales al ruido.

2.2.1. Factor psicológico – psicología ambiental y psicología de la percepción

“El factor psicológico es el encargado del estudio de las capacidades y limitaciones sensoriales y de la percepción, así como de los procesos mentales del ser humano cuando existe intercambio entre éste y el medio ambiente como productor y emisor de estímulos”²⁴.

Por lo tanto se hace alusión a la psicología ambiental como el “área de la psicología cuyo foco de investigación es la interrelación del ambiente físico con la conducta y la experiencia humanas”²⁵. Y “la psicología de la percepción analiza las diversas formas en que las personas perciben el medio ambiente a través de seis tipos de estímulos: luminosos, mecánicos, térmicos, químicos, *acústicos* y eléctricos”²⁶.

Por lo tanto la conducta y las actitudes del individuo, que va a ser el reflejo de la relación de éste con el medio ambiente físico, va a depender directamente de la capacidad de percepción que se

tenga de dicho espacio mediante los estímulos que experimente.

Esta percepción activa del ambiente físico debe ser clara e inicia sin que nos demos cuenta, simplemente se da, y es que, es una respuesta a la sensación experimentada por los sentidos inmediatamente al ponerse en contacto con un entorno.

Uno de estos estímulos percibidos, que es el analizado en la problemática planteada es el acústico que es el que afecta directamente al oído.

“El oído es un órgano sensorial que no descansa, y su función es percibir los sonidos convirtiéndolos en impulsos nerviosos que son transmitidos al cerebro para su codificación. El oído humano está capacitado para escuchar sonidos con una intensidad entre los 0 y los 130 decibeles como rangos normales que no afectan ningún componente del órgano auditivo; al igual que los otros órganos sensoriales el oído posee un valor de umbral límite o máximo permisible, el nivel de sonido que no se debe rebasar pues se corre el riesgo de padecer una lesión. De ahí que no es recomendable la exposición por arriba de los 80 decibeles durante un tiempo prolongado”²⁷.

Como se indica se debe tener mucho cuidado con las condiciones que se crean para el confort del órgano auditivo, ya que si las condiciones no son las convenientes se pueden sufrir lesiones, como traumas acústicos

²⁴ Flores, Cecilia. Ergonomía del Diseño. Pág. 81.

²⁵ Holahan, Charles J. Psicología Ambiental. Pág. 21.

²⁶ Flores, op. cit., pág. 82.

²⁷ Ibidem, pp. 93, 95.

agudos o crónicos con daños transitorios o permanentes. Dependiendo de la exposición a la que se encuentren las personas se deben tomar las previsiones necesarias para evitar daños irreversibles.

2.2.2. Factor ambiental – el ruido

Cuando se habla de psicología ambiental se habla también de salud en el trabajo o medicina en el trabajo como ya se indicó anteriormente y de la higiene industrial

“La *salud*²⁸ laboral se construye en un medio ambiente de trabajo adecuado, con condiciones de trabajo justas, donde los trabajadores y trabajadoras puedan desarrollar una actividad con dignidad y donde sea posible su participación para la mejora de las condiciones de salud y seguridad”.²⁹

La prevención de los daños a la salud ocasionados por el trabajo está a cargo de la Organización Internacional del Trabajo (OIT), que es el principal organismo internacional encargado de la mejora permanente de las condiciones de trabajo mediante

²⁸ El término **Salud** es definido por la Constitución de 1946 de la Organización Mundial de la Salud como el estado de completo bienestar físico, mental y social, y no solamente la ausencia de afecciones o enfermedades. También puede definirse como el nivel de eficacia funcional y/o metabólica de un organismo tanto a nivel micro (celular) como en el macro (social). De Wikipedia, la enciclopedia libre.

²⁹ Salud laboral. De Wikipedia, la enciclopedia libre

convenios que se toman en sus conferencias anuales y las directivas que emanan de ellas. Y además se encuentra la organización Mundial de la Salud (OMS), estos dos organismos velan por que el hombre en sus lugares de trabajo para “fomentar y mantener el más elevado nivel de bienestar físico, mental y social de los trabajadores en todas las profesiones, prevenir todo daño causado a su salud por las condiciones de trabajo; protegerlos contra los riesgos resultantes de la presencia de agentes nocivos para la salud y ubicar y mantener al trabajador en un empleo adecuado a sus aptitudes fisiológicas y psicológicas. En resumen, adaptar el trabajo al hombre y cada hombre a su trabajo”³⁰.

Por ello se habla de higiene industrial, “La Higiene industrial conforma un conjunto de conocimientos y técnicas dedicados a reconocer, evaluar y controlar aquellos factores del ambiente, psicológicos o tensionales, que provienen, del trabajo y pueden causar enfermedades o deteriorar la salud”³¹.

Este conjunto de normas y procedimientos buscan proteger la integridad física y mental del trabajador, preservándolo de los riesgos de salud inherentes a las tareas del cargo y al ambiente físico donde se ejecutan, para ello analiza tanto al hombre como a su ambiente de trabajo.

³⁰ Flores, op. cit., pág. 30.

³¹ Higiene industrial. De Wikipedia, la enciclopedia libre

Los factores tensionales que se hacen referencia en la higiene industrial son precisamente los factores físicos entre ellos el ruido, que es considerado como un contaminante auditivo que afecta el bienestar de los usuarios.

Ya en el capítulo anterior se dedicó un apartado para hablar al respecto, sin embargo se lo vuelve a explicar para conocer la relación y dentro de qué factor está clasificado en la ergonomía.

Otro factor importante dentro de la trilogía, al que hace referencia Cecilia Flores en su estudio sobre Ergonomía, es el factor objetual.

Es importante destacar la relación de los factores objetuales con los factores humanos y ambientales, como se ha visto anteriormente los objetos influyen directamente en el hombre y su entorno. Si se analizan los factores objetuales que se relacionan con el confort acústico se los puede citar a los materiales y los acabados, pues estas determinan los parámetros y cualidades formales del objeto.

CAPÍTULO III

LOS ESPACIOS LABORALES EN EL CENTRO DE LA CIUDAD DE LOJA

46

Luego de haber concluido el capítulo II en donde se hizo referencia a la calidad de vida y a la ergonomía, como factores indispensables para propiciar ambientes laborales óptimos para el desenvolvimiento de las personas, es necesario conocer cuáles son las condiciones en las que se encuentra actualmente la población que vive en los edificios administrativos del centro de la ciudad de Loja y cómo se comportan estos espacios laborales acústicamente, para llegar a un diagnóstico y según estos resultados en el capítulo siguiente establecer posibles medidas correctivas.

3.1. LA CONTAMINACIÓN ACÚSTICA EN LA CIUDAD DE LOJA

3.1.1. LA CONTAMINACIÓN POR RUIDO EN LOJA

Para iniciar el capítulo es necesario primeramente conocer cuál es la contaminación por ruido en la ciudad, para estimar como principal instancia la afectación del ruido exterior (producido por tráfico vehicular) en los espacios laborales.

La ciudad de Loja se ha hecho acreedora al Premio de Bronce - Ciudad Ecológica del Mundo entregado por la "National in bloom" de los Estados Unidos, como reconocimiento a su labor en la conservación de la ciudad. Sin embargo el término "ecológico" involucra muchos factores, principalmente los ambientales, que están relacionados con temas de contaminación. Es precisamente en este tema en el que Loja a pesar de ser reconocida como ciudad ecológica, carece de una legislación acústica que rija la contaminación que actualmente se evidencia, afectando a la población que se encuentra principalmente en el centro de la ciudad.

Según un estudio desarrollado en el casco consolidado de la ciudad de Loja, sobre la contaminación ambiental en la ciudad y la incidencia del transporte vehicular en la generación de ruido, se ha analizado el sector comprendido entre las vías de mayor circulación tanto para vehículos livianos como de transporte urbano. En la figura 7, el área del círculo corresponde al sector de estudio, plaza central.

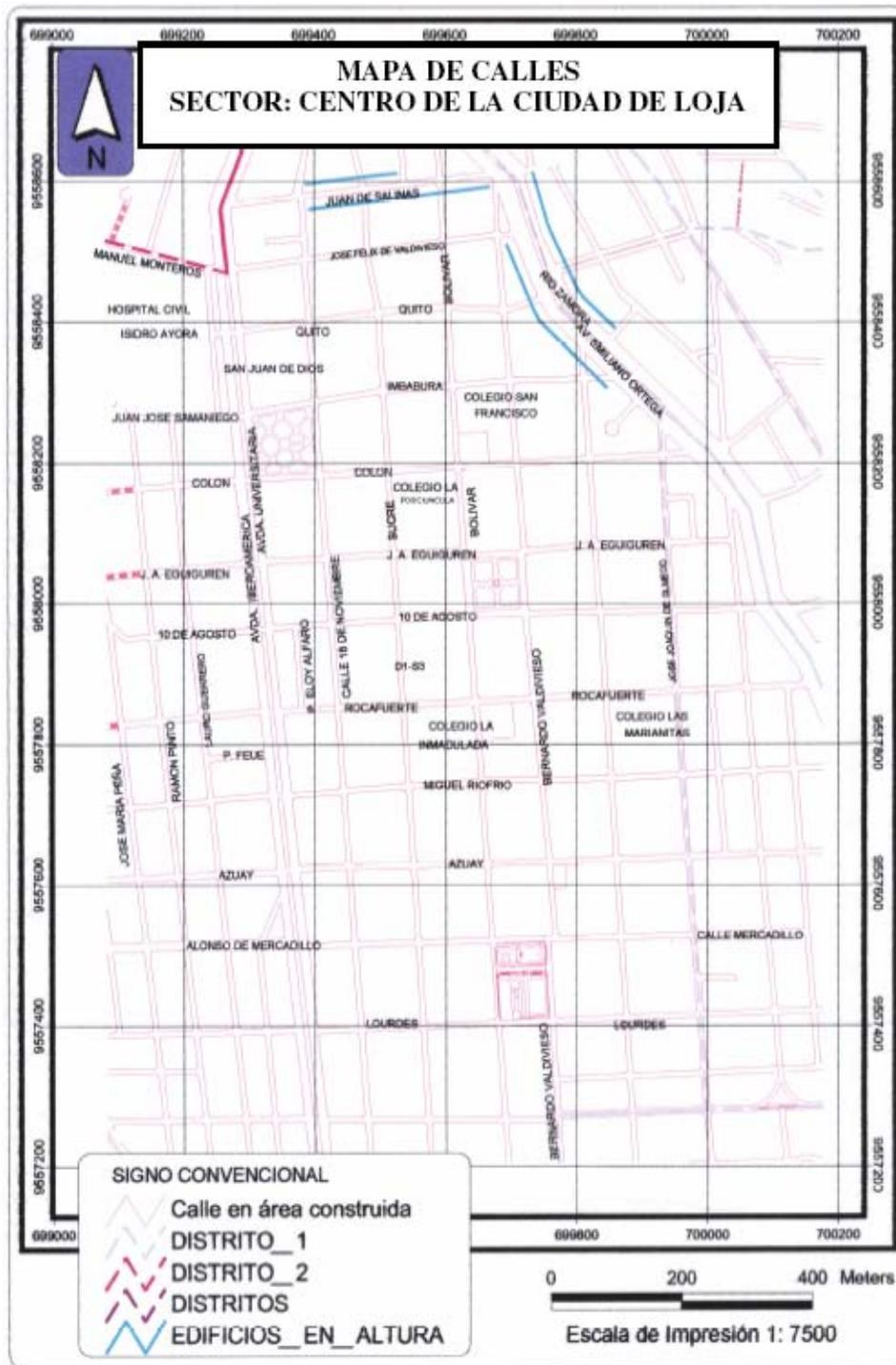


FIGURA 7: Mapa de calles del centro de la ciudad de Loja.
FUENTE: Hernández O., Raquel; Quizhpe R. Marjory. *El ruido vehicular como causa de trastornos psicósomáticos en los habitantes del centro de la ciudad de Loja.*

Con dicho estudio los momentos de mayor congestión lo constituyen las horas pico de 7:00 a 9:00, 11:30 a 13:30, y 17:30 a 19:30, en estas horas generalmente hay una gran circulación vehicular de las personas que acuden a sus lugares de estudio y trabajo lo que desencadena congestiones de tránsito, se utiliza el claxon de forma indiscriminada creando un estado caótico, que afecta a la población del sector, tanto a la que vive como a la que trabaja.

La principal fuente de contaminación de ruido en la ciudad lo constituye el tránsito vehicular, "El parque automotor de la ciudad en la última década (1994 – 2004) ha crecido en un 237%; la tasa de motorización es de 88,8 vehículos por cada mil habitantes y el crecimiento vehicular es de 11,3% en el período 1965 – 2001"³². Sin embargo en el archivo de la Jefatura Provincial de Transito de Loja 2006, en el registro de vehículos matriculados se detecta un crecimiento entre el año 2000 de 8000 vehículos al año 2006 con 19869, cifras alarmantes en las que se evidencia este problema.

El nivel de presión sonora determinada por el tránsito vehicular en la ciudad en las horas pico son:

CALLES PRINCIPALES			
HORARIOS	PROMEDIO	DESV. ESTÁNDAR	COEFICIENTE VARIACIÓN
07:00 - 09:00	71,86	2,67	3,72
11:30 - 13:30	71,98	2,28	3,17
17:30 - 19:30	71,56	2,58	3,6
CALLES SECUNDARIAS			
HORARIOS	PROMEDIO	DESV. ESTÁNDAR	COEFICIENTE VARIACIÓN
07:00 - 09:00	69,58	2,33	3,34
11:30 - 13:30	69,99	2,63	2,62
17:30 - 19:30	70,64	2,31	3,28

TABLA 14: Nivel de presión sonora en calles principales y secundarias, en horarios de estudio: 07:00-09:00; 11:30-13:30;17:30-19:30

FUENTE: El ruido vehicular como causa de trastornos psicosomáticos en los habitantes del centro de la ciudad de Loja³³

Como se puede determinar - según la Tabla 14 - no existe mayor diferencia entre los niveles detectados en las calles principales y las secundarias, se puede hablar de un valor estimado de 71 dB., sin embargo dentro del casco consolidado, uno de los mayores niveles de presión sonora registrado es de 81,02 dB., este elevado nivel se debe a que por estas calles realizan los recorridos los buses de servicio urbano y la permanente circulación de vehículos livianos.

Con los niveles de presión determinados en la zona céntrica de la ciudad, se han obtenido los mapas de ruido; con ello se puede observar claramente cómo está actuando el problema en la ciudad.

³² Hernández O., Raquel; Quizhpe R. Marjory. *El ruido vehicular como causa de trastornos psicosomáticos en los habitantes del centro de la ciudad de Loja.*

³³ Ibidem

En las Figuras 8, 9 y 10, tomadas de la Tesis: “El ruido vehicular como causa de trastornos psicósomáticos en los habitantes del centro de la ciudad de Loja” de Hernández O., Raquel; Quizhpe R. Marjory, se muestran los mapas de ruido correspondientes a las calles principales, que oscilan entre 63 y 82,1 dBA. como mínimo y máximo tope respectivamente.

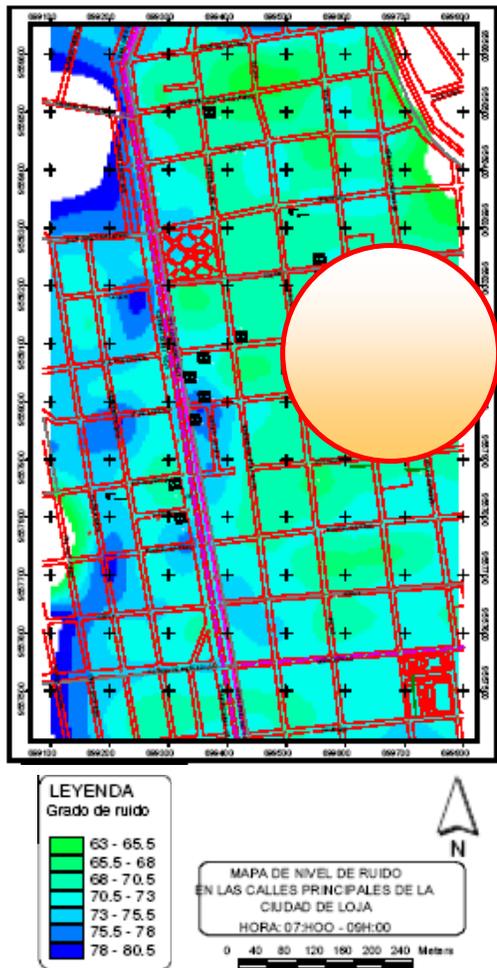


FIGURA 8. Mapa de ruido: valores de presión sonora en calles principales en el horario de 07H00 a 09H00.

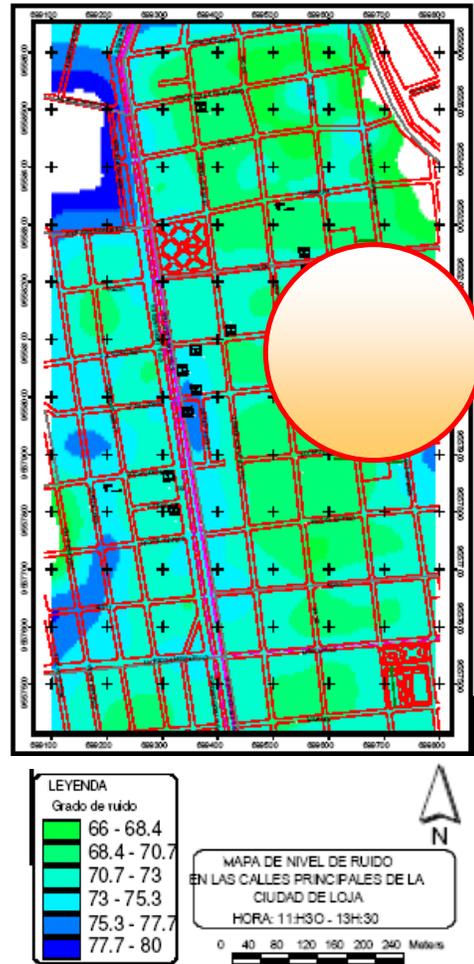


FIGURA 9. Mapa de ruido: valores de presión sonora en calles principales en el horario de 11H30 a 13H30.

En las Figuras 11, 12 y 13, tomadas de la misma tesis, se muestran los mapas de ruido correspondientes a las calles secundarias, que oscilan entre 63,8 y 79,4 dBA. como mínimo y máximo tope respectivamente.

El área encerrada en el círculo en cada mapa de ruido comprende la plaza central de la ciudad en donde se han ubicado las instituciones más importantes tanto públicas como privadas en donde se llevan funciones de gestión, administración e intercambio.

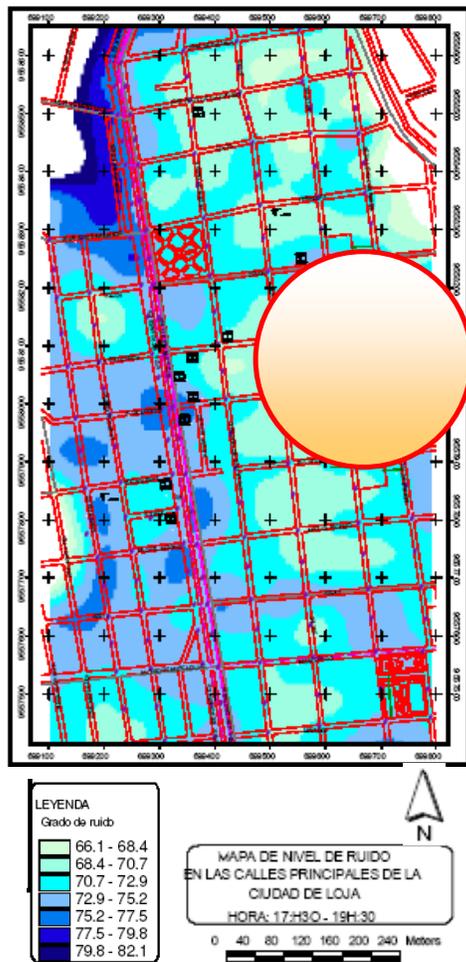


FIGURA 10. Mapa de ruido: valores de presión sonora en calles principales en el horario de 17H30 a 19H30.

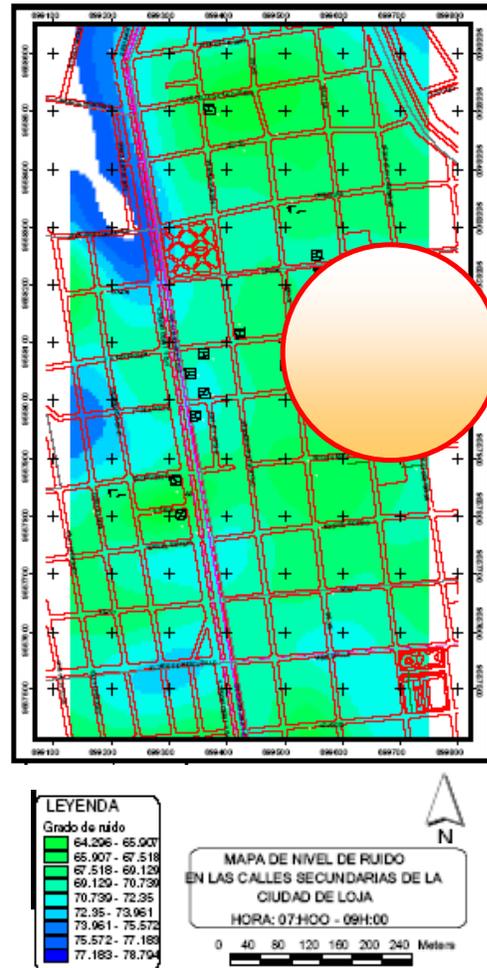


Figura 11. Mapa de ruido: valores de presión sonora en calles secundarias en el horario de 07H00 a 09H00.

Como se puede visualizar en cada uno de los mapas de ruido tanto en las calles principales como en las calles secundarias, existe contaminación por ruido y en unas áreas más elevada que en otras.

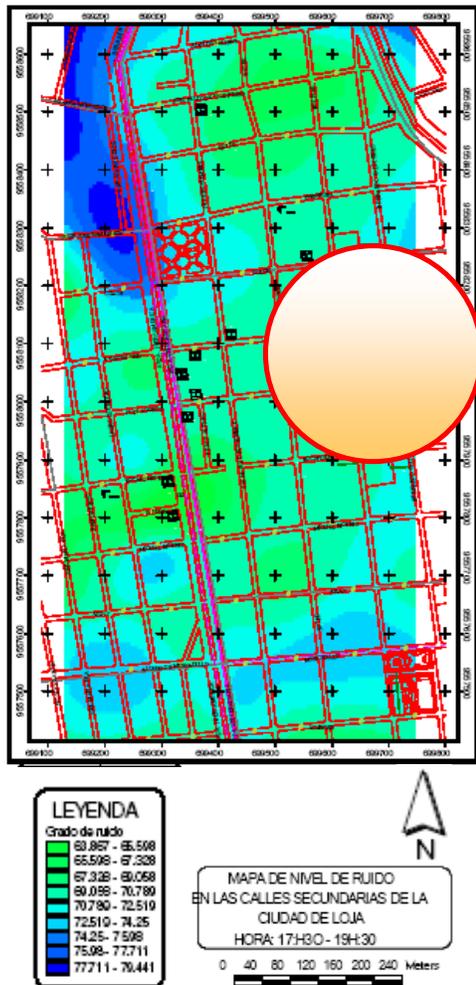


Figura 12. Mapa de ruido: valores de presión sonora en calles secundarias en el horario de 11H30 a 13H30.

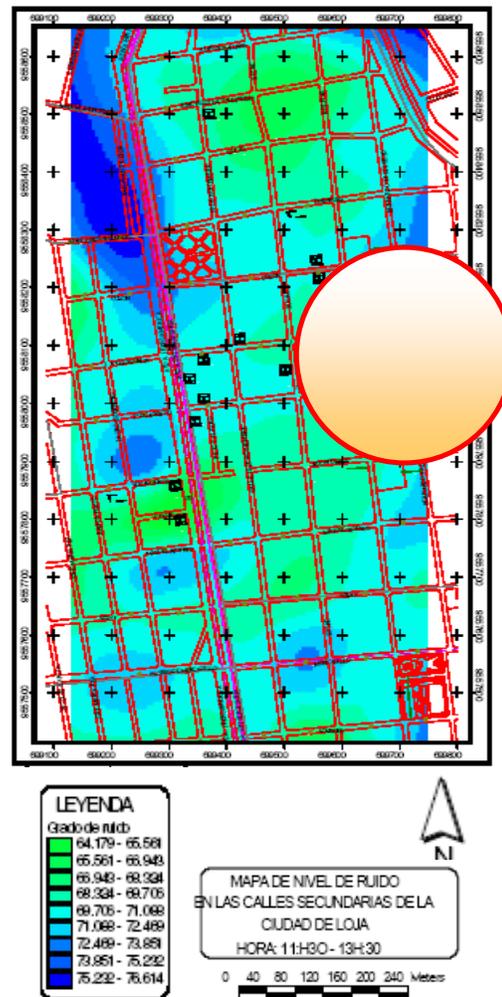


Figura 13. Mapa de ruido: valores de presión sonora en calles secundarias en el horario de 11H30 a 13H30.

“Los niveles de presión sonora en una calle o avenida no varían necesariamente por la cantidad de vehículos que circulan, sino por la utilización innecesaria del claxon o bocinas, por el mal estado de conservación de los vehículos, la velocidad con la que circulan y por la implementación de accesorios o equipos que se colocan en los vehículos”³⁴.

3.1.2. AREA DE ESTUDIO



Una vez que ya se tiene una idea clara de la contaminación en la ciudad, el análisis se va a enfocar exclusivamente al área de interés de estudio para la realización del diagnóstico de las condiciones acústicas.

Esta área corresponde al sector céntrico de la ciudad de Loja en donde se ubica la iglesia matriz “La Catedral”, aquí se concentran instituciones tanto públicas como privadas, así se tiene: El Ilustre Municipio de Loja, el Consejo Provincial, el Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda - MIDUVI, el Banco del Pichincha, el Banco Mutualista Pichincha, Servipagos, la Gobernación, el

Museo del Banco Central, el Palacio Episcopal y demás comercios.

Este sector adquiere gran importancia en la configuración urbana de la ciudad, en él se desarrollan actividades de gestión, administración, intercambio, comercio y culto; la afluencia tanto vehicular como peatonal es elevada por tratarse de un sector que articula las principales actividades y vías de la ciudad.

En la Figura 14 se puede observar claramente la Plaza Central con las edificaciones aledañas.

Durante el día se puede evidenciar un gran movimiento tanto peatonal como vehicular, por las mismas actividades que se desarrollan. A continuación se muestran algunas imágenes del sector (remitirse a figura 14 para la explicación de las fotos).

CALLE: BERNARDO VALDIVIESO



FOTO 1: Vista aérea de Plaza Central y calle Bernardo Valdivieso.

FUENTE: Rosa E. Medina A.

³⁴ Ibidem

CALLE: JOSÉ A. EGUIGUREN



FOTO 2: Calle Bernardo Valdivieso frente a Plaza Central
FUENTE: Rosa E. Medina A.



FOTO 5: Intersección calles Bernardo Valdivieso y José Antonio Eguiguren
FUENTE: Rosa E. Medina A.



FOTO 3: Calle Bernardo Valdivieso-MIDUVI y Palacio Episcopal
FUENTE: Rosa E. Medina A.



FOTO 6: Calle José Antonio Eguiguren
FUENTE: Rosa E. Medina A.



FOTO 4: Calle Bernardo Valdivieso- Iglesia "La Catedral"
FUENTE: Rosa E. Medina A.



FOTO 7: Calle José Antonio Eguiguren – Ilustre Municipio de Loja.
FUENTE: Rosa E. Medina A.

CALLE: BOLÍVAR



FOTO 8: Intersección calles José Antonio Eguiguren y Bolívar
FUENTE: Rosa E. Medina A.

CALLE: 10 DE AGOSTO



FOTO 11: Calle 10 de agosto
FUENTE: Rosa E. Medina A.



FOTO 9: Calle José Antonio Eguiguren
FUENTE: Rosa E. Medina A.



FOTO 12: Intersección calles 10 de agosto y Bernardo Valdivieso
FUENTE: Rosa E. Medina A.



FOTO 10: Intersección calles 10 de Agosto y Bolívar.
FUENTE: Rosa E. Medina A.



FOTO 13: Intersección calles 10 de agosto y Bernardo Valdivieso.
FUENTE: Rosa E. Medina A.

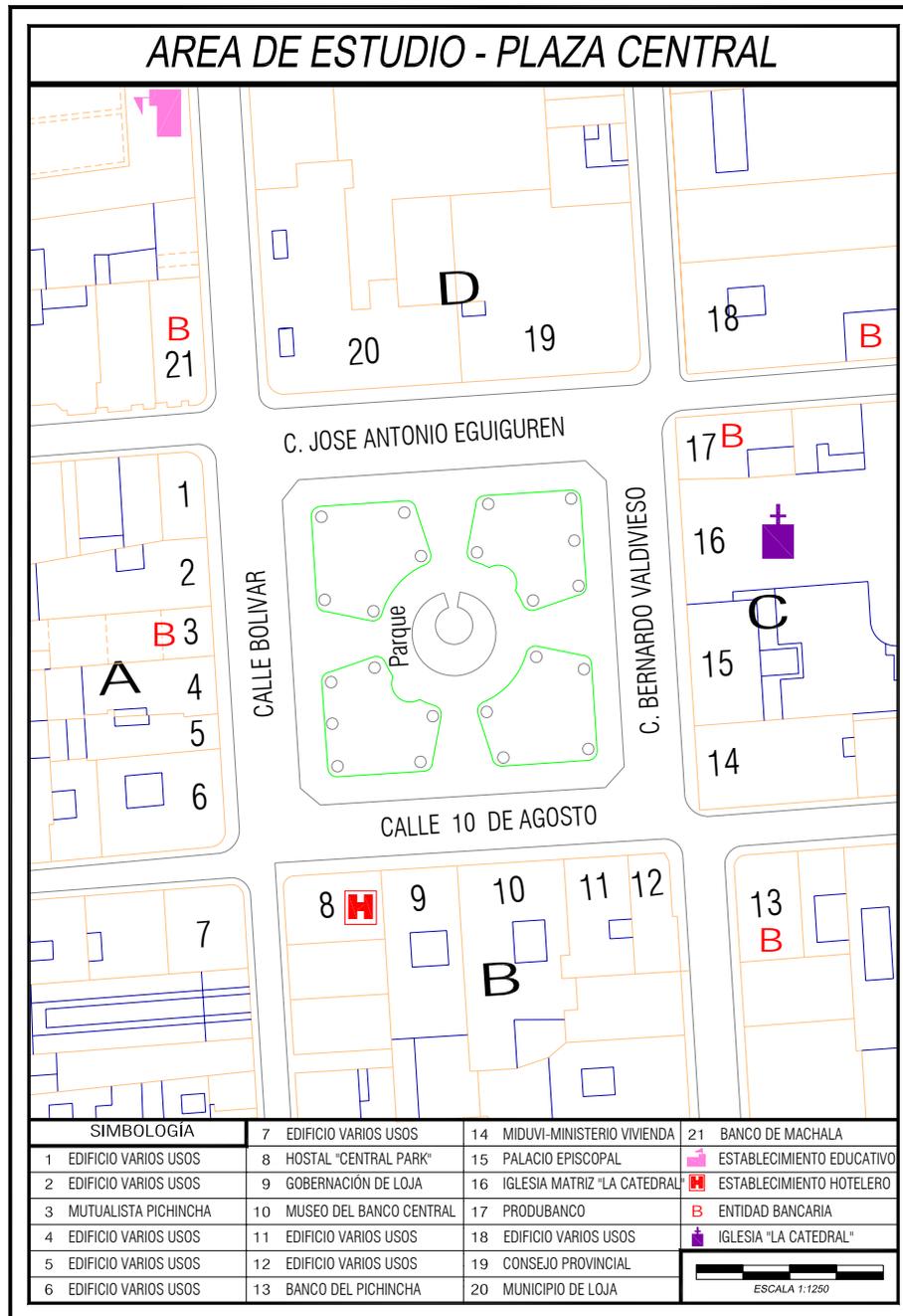


FIGURA 14: AREA DE ESTUDIO - PLAZA CENTRAL
FUENTE: Rosa E. Medina A.

3.1.3. TIPOLOGÍA DE EDIFICACIONES

En el sector de estudio, como ya se había indicado anteriormente, convergen un sinnúmero de usos, dando lugar a una variedad de edificaciones que van desde pequeños comercios de venta de artesanías, de recuerdos de la Virgen del Cisne, burgers, hasta edificaciones de tipo gubernamental, y bancario, despachos profesionales, etc.

Para determinar cuál es el uso de suelo que adquiere importancia, se ha realizado un levantamiento de cada una de las actividades que se desarrollan en las edificaciones y en base a ello se asigna un porcentaje de acuerdo a la tipología de uso, para tener un conocimiento más claro y jerarquizado de los servicios que se ofrecen. Para dicho estudio se han considerado las edificaciones que rodean el parque central, como se indica en la Figura 14.

En la Tabla 16, se indica cada edificación con sus respectivos usos, como se puede observar existen 9 edificios que albergan una variedad de usos que generalmente son: comercios, despachos profesionales y vivienda. La tipología que alcanza el más alto porcentaje es la administrativa con un 49,5% (Tabla 15), en la que están comprendidos: edificios gubernamentales, agencias bancarias y despachos profesionales, por lo tanto se puede afirmar que en este sector existe un alto índice de espacios laborales, de

allí su importancia de determinar cuáles son las condiciones de las personas que viven en estos espacios.

TIPOLOGÍA	PORCENTAJE (%)
ADMINISTRATIVO	49.5
COMERCIAL	20.0
RESIDENCIAL	17.5
CULTURAL	4.8
RELIGIOSA	4.8
HOTELERA	3.4

TABLA 15: RESUMEN DE PORCENTAJES TIPOLOGÍA DE EDIFICACIÓN
FUENTE: Rosa E. Medina A.

El hecho de que en esta zona se agrupen edificios públicos y privados de tipo administrativo, implica que alberguen un gran número de personas, que se dedican a diferentes actividades. Por lo tanto la contaminación por ruido incide directamente en el desarrollo de las actividades laborales además de posibles efectos sobre la salud, considerando que su lapso de permanencia en los lugares de trabajo es de 8 a 10 horas al día por largos períodos de tiempo. Es importante distinguir que hay ruidos tanto del exterior como del interior, siendo los más preocupantes los del exterior.

El transeúnte y usuario de estos servicios también están implicados en el problema.

TIPOLOGÍA DE EDIFICACIÓN EN EL CENTRO DE LA CIUDAD DE LOJA						
TRAMO	NUM.	USO	TIPOLOGÍA DE EDIFICACIÓN	NUM. PISO	USO %	TOTAL
A	1	TELEFONIA CELULAR PORTA	COMERCIAL	1	25	25
		CONSULTORIOS DE ABOGADOS	ADMINISTRATIVO	2,3	50	50
		VIVIENDA	RESIDENCIAL	4	25	25
	2	VENTA DE ARTESANÍAS	COMERCIAL	1	10	50
		LIBRERÍA	COMERCIAL	1	20	
		FERRETERÍA	COMERCIAL	1	20	
		CONSULTORIOS DE ABOGADOS	ADMINISTRATIVO	2	20	
	3	VIVIENDA	RESIDENCIAL	2	30	30
		BANCO MUTUALISTA PICHINCHA	ADMINIST. BANC.	1	30	30
		CONSULTORIOS DE ABOGADOS	ADMINISTRATIVO	2	40	40
	4	VIVIENDA	RESIDENCIAL	3	30	30
		CENTRO DIGITAL FOTOGRÁFICO	COMERCIAL	1	30	30
		CONSULTORIOS DE ABOGADOS	ADMINISTRATIVO	2	40	40
	5	VIVIENDA	RESIDENCIAL	3	30	30
		CENTRO DIGITAL FOTOGRÁFICO	COMERCIAL	1	30	50
		BURGUER PLAZA INN	COMERCIAL	2	20	
		CONSULTORIOS DE ABOGADOS	ADMINISTRATIVO	2	20	20
	6	VIVIENDA	RESIDENCIAL	3	30	30
		BOUTIQUE AMERICAN SHOPPING	COMERCIAL	1	10	50
		CENTRO COMERCIAL ORTIZ	COMERCIAL	1	20	
		HELADERÍA	COMERCIAL	1	10	
		ALMACEN DE TELAS	COMERCIAL	1	10	20
		OFICINAS VARIAS	ADMINISTRATIVO	2	20	
	VIVIENDA	RESIDENCIAL	2	30	30	
	7	LIBRERÍA	COMERCIAL	1	10	50
		ALMACEN VENTA DE CELULARES	COMERCIAL	1	10	
		HELADERÍA	COMERCIAL	1	10	
		PASAJE COMERCIAL	COMERCIAL	1	20	
VIVIENDA		RESIDENCIAL	2	50	50	
B	8	JUGUETERÍA	COMERCIAL	1	30	30
		HOSTAL	HOTELERA	2	70	70
	9	GOBERNACIÓN DE LOJA	ADMINIST. PUBLIC.	1,2	100	100
	10	MUSEO DEL BANCO CENTRAL	CULTURAL	1,2	100	100
	11	CENTRO DIGITAL FOTOGRÁFICO	COMERCIAL	1	30	30
		OFICINAS VARIAS	ADMINISTRATIVO	2,3	40	40
	12	VIVIENDA	RESIDENCIAL	4	30	30
		ALMACEN VENTA DE CELULARES	COMERCIAL	1	20	40
		BOUTIQUE	COMERCIAL	1	20	
	13	VIVIENDA	RESIDENCIAL	2,3	60	60
C	14	BANCO DEL PICHINCHA	ADMINIST. BANC.	1,2	100	100
	15	MIDUVI (MINISTERIO DE DESARROLLO URBANO Y VIVIENDA)	ADMINISTRATIVA EDIF. PUBLICA	2,3,4,5,6	85	85
		SERVIPAGOS	ADMINIST. BANC.	1	15	15
		LIBRERÍA TEXTOS RELIGIOSOS	COMERCIAL	1	10	20
	CENTRO DIGITAL FOTOGRÁFICO	COMERCIAL	1	10		
	CONSORCIO BCO. DEL PICHINCHA	ADMINIST. BANC.	1	10	10	
	16	IESS (INSTITUTO ECUATORIANO DE CREDITO EDUCATIVO Y BECAS)	ADMINISTRATIVA EDIF. PUBLICA	2	20	20
		OFICINAS VARIAS	ADMINISTRATIVA	2,3	50	50
	17	IGLESIA "LA CATEDRAL"	RELIGIOSA	1	100	100
	18	BANCO "PRODUBANCO"	ADMINIST. BANC.	1,2,3	100	100
		SERVICIO DE TELEFONIA CELULAR	COMERCIAL	1	20	50
		IMPRESA	COMERCIAL	1	15	
		BOUTIQUE	COMERCIAL	1	15	
VIVIENDA	RESIDENCIAL	2	50	50		
D	19	CONSEJO PROVINCIAL DE LOJA	ADMINIST. PUBLIC.	1,2,3,4	100	100
	20	ILUSTRE MUNICIPIO DE LOJA	ADMINIST. PUBLIC.	1,2,3,4	100	100
	21	BANCO DE MACHALA	ADMINIST. BANC.	1,2,3	100	100

TABLA 16: TIPOLOGÍA DE EDIFICACIÓN EN PLAZA CENTRAL
FUENTE: Rosa E. Medina A.

3.2. CONDICIONES ACÚSTICAS EN ESPACIOS LABORALES

Como en el tema anterior - referente a las tipologías de edificación - se llegó a determinar que el uso que adquiere mayor importancia en el sector es el administrativo, para el estudio de las condiciones de los espacios laborales se va a centrar en las instituciones que se dedican a este uso exclusivamente, tomando una muestra de cada tipo es decir:

EDIFICIOS PÚBLICO-GUBERNAMENTALES:

- Consejo Provincial
- Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda – MIDUVI
- Ministerio de Obras Públicas - MOP
- Gobernación de Loja

EDIFICIOS PRIVADOS-BANCARIOS:

- Banco Pichincha
- Banco Mutualista Pichincha
- Banco de Machala

DESPACHOS PROFESIONALES

- Cinco despachos de abogados

Para la selección de las instituciones indicadas, se lo hizo considerando los tres tipos que sobresalen en el sector y de ellos los más importantes.

3.2.1. NIVELES DE RUIDO DETECTADOS

Para poder determinar los niveles de ruido en el interior de los espacios laborales, ha sido necesario hacer la medición de los niveles de presión sonora, en

algunos espacios tanto los que están hacia la fachada como oficinas internas, pero para ello fue necesario utilizar instrumentos especializados para esa función.

a. INSTRUMENTOS UTILIZADOS

Para tomar las muestras de los niveles de ruido tanto en el exterior como en el interior de las áreas de oficina se ha utilizado dos sonómetros:

- Digital sound level meter- medidor digital de nivel de sonido de precisión EXTECH 407735, con las siguientes características: amplitud de banda de medición= 31,5 Hz. a 8 kHz., escala de medición=35 a 130 dB (Baja: 35 a 90; Alta: 75 a 130 dB); resolución= 0.1 dB; precisión= ± 2 dB dB; compensación de frecuencia= 'A' y 'C'.
- Digital sound level meter 33-2055 de Radioshack, con las siguientes características: amplitud de banda de medición=50 a 126 dB; precisión= ± 2 dB dB a 114 dB SPL; compensación de frecuencia= 'A' y 'C'.

Estos instrumentos para ser utilizados primeramente fueron calibrados en base a las especificaciones, para posteriormente proceder a realizar la toma; la calibración se la hace en ponderación "A" con la que se detectan los niveles audibles al oído humano.

La razón por la que se utilizaron dos sonómetros digitales, fue la de tomar los niveles de ruido simultáneamente, dentro y fuera de los espacios para determinar cómo influye el ruido exterior en el interior de los espacios laborales, especialmente aquellas áreas que se encuentran en contacto directo con el exterior de la plaza, y cuál es la reacción de los materiales utilizados en su construcción ante este fenómeno.

Las mediciones que se tomaron en el exterior se las realizó considerando la “Metodología para mediciones de ruidos en exteriores” de Federico Miyara, utilizando los sonómetros indicados y como accesorio un trípode para estabilizar y documentar con precisión los datos; para la medición en exteriores el sonómetro se apoyo en el trípode a una altura de 1.50 m. sobre el suelo., es importante indicar que por las características del sector, que está totalmente edificado, no hay presencia de corrientes de viento, por lo que se desechó como elemento que altere las circunstancias normales de uso de los sonómetros.

Para el registro de los datos se elaboraron formatos para organizar la información, indicando ubicación, hora, número de piso, número de muestra, materiales (espacios interiores) etc.

Para obtener los datos de los niveles de ruido reales, se recurrió a tomar consecutivamente las 3 medidas que más tiempo permanecían en la pantalla del sonómetro, para posteriormente promediar estos valores. Tanto en

las mediciones exteriores como interiores en las oficinas se llevó el mismo proceso.

A pesar de que ya existe un estudio acerca del ruido vehicular en el centro de la ciudad de Loja, por cuestiones de requerimientos en el desarrollo de este estudio que nos compete, se tomaron nuevamente muestras del ruido exterior para que sean comparadas con las del ruido interior.

Entonces, primeramente se va hacer referencia a los niveles de ruido exterior detectados para luego hacer las comparaciones respectivas.

b. NIVEL DE RUIDO EXTERIOR - NRE

En la Tabla 17 y 18 se hace referencia a los niveles de ruido exterior, para el registro de esta información fue necesario ubicarse en las intersección de las cuatro calles que rodean la plaza, las tomas se realizaron a diferentes horas y en diferentes días para determinar de una forma más efectiva la incidencia de la circulación vehicular y peatonal en el sector respecto al ruido.

NIVELES DE RUIDO EXTERIOR EN PLAZA CENTRAL DE LOJA

NRE - 1

UBICACIÓN (CALLES)	HORA	NIVELES DE RUIDO dB(A)			
		M1	M2	M3	PROM.
ESQUINA CALLES JOSÉ A. EGUIGUREN Y BOLÍVAR (BANCO MACHALA)	9:00	67,4	66,9	68,1	67,5
	9:15	67,3	66,0	63,5	65,6
	9:20	63,0	64,3	63,5	63,6
	9:25	68,2	68,9	69,8	69,0
	9:30	67,0	65,7	65,6	66,1
	9:35	62,8	63,8	62,2	62,9
	9:40	66,0	66,6	68,7	67,1
	9:45	69,9	70,1	70,0	70,0
	9:50	66,9	67,8	67,8	67,5
	9:55	69,6	69,4	68,9	69,3
	10:00	68,0	69,0	68,7	68,6
	12:00	69,5	70,3	69,2	69,7
	12:05	66,5	66,8	67,5	66,9
	12:10	69,2	68,5	68,0	68,6
12:15	69,7	67,8	68,6	68,7	
12:20	65,0	67,0	66,2	66,1	
CALLE BOLÍVAR ENTRE JOSE A. EGUIGUREN Y 10 DE AGOSTO (MUTUALISTA PICHINCHA Y DESPACHOS PROFESIONALES)	9:45	68,7	71,7	70,2	70,2
	9:50	67,9	66,8	69,9	68,2
	9:55	70,4	69,7	71,3	70,5
	10:00	78,9	72,0	74,0	75,0
	10:05	65,0	69,3	74,0	69,4
	10:10	68,4	64,3	68,0	66,9
	10:15	70,8	69,4	65,4	68,5
	10:20	70,8	70,2	70,1	70,4
10:25	70,0	71,1	69,6	70,2	
10:30	66,5	67,1	66,1	66,6	
ESQUINA CALLES 10 DE AGOSTO Y BOLÍVAR	10:40	70,6	68,8	68,9	69,4
	10:45	69,1	68,9	69	69,0
	11:00	70,0	70,1	69,8	70,0
	11:10	68,0	69,0	70,3	69,1
	11:15	70,8	70,4	70,8	70,7
	11:30	70,6	69,9	71,1	70,5
	11:35	68,0	70,6	71,2	69,9
	16:00	70,0	71,2	70,1	70,4
	16:05	69,1	67,7	68,9	68,6
	16:10	68,5	69,3	69,5	69,1
	16:15	69,6	70,0	71,3	70,3
	16:20	70,5	71,7	72,0	71,4
	16:25	69,5	68,8	69,1	69,1
	16:30	69,0	70,7	69,8	69,8
16:35	67,2	66,9	68,5	67,5	
16:40	68,9	68,3	70,1	69,1	
16:45	69,2	70,4	68,1	69,2	

TABLA 17: NIVELES DE RUIDO EXTERIOR EN PLAZA CENTRAL DE LOJA.

FUENTE: Rosa E. Medina A.

NIVELES DE RUIDO EXTERIOR EN PLAZA CENTRAL DE LOJA					
UBICACIÓN (CALLES)	HORA	NIVELES DE RUIDO dB(A)			
		M1	M2	M3	PROM.
CALLE 10 DE AGOSTO ENTRE BERNARDO VALDIVIESO Y BOLÍVAR (GOBERNACIÓN)	10:25	68,8	69,7	70,0	69,5
	10:30	70,9	71,0	69,8	70,6
	10:35	67,1	69,8	68,7	68,5
	10:40	70,7	72,1	71,3	71,4
	10:45	72,0	72,1	71,2	71,8
	10:50	71,3	70,8	72,1	71,4
	10:55	70,0	70,7	70,5	70,4
ESQUINA CALLES 10 DE AGOSTO Y BERNARDO VALDIVIESO (MIDUVI Y BANCO PICHINCHA)	10:00	74,6	72,8	70,1	72,5
	10:05	71,2	70,8	72,1	71,4
	10:10	69,0	67,2	67,5	67,9
	10:15	64,1	65,3	64,3	64,6
	10:20	69,8	68,8	70,3	69,6
	10:25	68,5	67,4	67,7	67,9
	10:30	67,0	69,3	68,0	68,1
	10:35	67,5	66,1	69,3	67,6
	10:40	68,1	67,4	67,7	67,7
	10:45	69,5	70,0	70,9	70,1
	10:50	68,4	68,1	69,0	68,5
	10:55	68,1	69,6	68,8	68,8
	11:00	68,0	68,4	69,7	68,7
	11:05	67,9	67,2	66,1	67,1
	11:10	65,4	64,2	64,0	64,5
	11:15	68,8	72,3	70,3	70,5
	11:20	68,8	68,0	68,8	68,5
	11:25	67,4	69,8	70,0	69,1
11:30	69,6	70,0	68,4	69,3	
11:35	69,9	68,8	67,2	68,6	
11:40	67,9	69,4	68,8	68,7	
11:45	68,5	65,4	69,8	67,9	
ESQUINA CALLES JOSÉ A. EGUIGUREN Y BERNARDO VALDIVIESO (CONSEJO PROVINCIAL)	9:50	71,0	73,0	74,0	72,7
	9:55	63,0	65,0	65,0	64,3
	10:00	65,2	67,3	66,8	66,4
	10:15	72	72,4	67,1	70,5
	10:30	63,2	64,1	66,2	64,5
	11:00	69,8	70,3	67,5	69,2
	17:00	68,1	70,8	69,7	69,5
	17:05	68,5	67,7	68,1	68,1
	17:10	70,1	69,9	69,5	69,8
	17:15	69,1	67,7	67,2	68,0
	17:20	72,2	71,1	70,8	71,4
	17:25	70,5	70,1	70,2	70,3
	17:30	69,2	71,4	70,8	70,5
	17:35	67,3	67,7	67,5	67,5
	17:40	66,8	67,3	67,4	67,2
	17:45	68,9	70,9	68,7	69,5
	17:50	70,9	70	71,7	70,9
17:55	70,6	70,1	70,2	70,3	
18:00	68,1	70,8	69,5	69,5	

TABLA 18: NIVELES DE RUIDO EXTERIOR EN PLAZA CENTRAL DE LOJA.
FUENTE: Rosa E. Medina A.

En base a los datos anteriores obtenidos y según la Tabla 19, se puede decir que los niveles de ruido en el sector alcanzan los **69,1 dB(A)**, considerando las horas hábiles en las que laboran los empleados en las instituciones, en las jornadas de la mañana y tarde. Los niveles de ruido mínimos y máximos detectados oscilan entre **63 y 75 dB(A)**.

Las fuentes de ruido producen diferentes niveles, unos más altos que otros, se van a detectar los más altos, en los horarios que empiezan a funcionar las instalaciones, ello sucede de 08:00-13:00 y 15:00-18:00; en los lapsos de 13:00-13:30 y 18:00-19:00 se agrava más el problema por el tránsito vehicular,

ya sea de las mismas personas que laboran en el sector o por las que necesariamente deben pasar por allí. Mientras que los períodos comprendidos entre las 13H30-15H00 y a partir de las 19H00 el sector recupera aparentemente su tranquilidad, ya que disminuye en un 50% los sonidos provenientes del exterior, y se consiguen ambientes pasivos y mucho más cómodos en términos acústicos.

Los niveles se pueden alterar por otras circunstancias como las festividades de la ciudad, que se desarrollan en el sector a lo largo del año, y otros eventos que se dan en la noche. Ello principalmente afecta a las edificaciones de uso residencial, que comparten el espacio con el resto de usos.

RESUMEN NIVELES DE RUIDO EXTERIOR			
UBICACIÓN (CALLES)	NIVELES DE RUIDO dB(A)		
	INFERIOR	SUPERIOR	PROMEDIO
ESQUINA CALLES JOSÉ A. EGUIGUREN Y BOLÍVAR	62,9	70,0	67,3
CALLE BOLÍVAR ENTRE JOSE A. EGUIGUREN Y 10 DE AGOSTO	66,6	75,0	69,6
ESQUINA CALLES 10 DE AGOSTO Y BOLÍVAR	67,5	71,4	69,6
CALLE 10 DE AGOSTO ENTRE BERNARDO VALDIVIESO Y BOLÍVAR	68,5	71,8	70,5
ESQUINA CALLES 10 DE AGOSTO Y BERNARDO VALDIVIESO	64,5	72,5	68,5
ESQUINA CALLES JOSÉ A. EGUIGUREN Y BERNARDO V.	64,3	72,7	68,9
NIVEL DE RUIDO EXTERIOR			69,1

TABLA 19: NIVELES DE RUIDO EXTERIOR EN PLAZA CENTRAL DE LOJA.

FUENTE: Rosa E. Medina A.

c. NIVEL DE RUIDO INTERIOR - NRI

Una vez determinado el nivel de ruido exterior, se van a determinar los niveles de ruido en el interior de las oficinas; para la recolección de dicha información se consideraron la ubicación de las oficinas especialmente las que se encuentran en contacto con las fachadas perimetrales de las edificaciones, como ya se lo había indicado anteriormente.

Sin embargo para poder hacer comparaciones y detectar las fuentes de ruido que interfieren en los espacios laborales, también se han tomado muestras en oficinas internas que no están en contacto con las fachadas, pues en este caso más que tener influencia del ruido exterior interviene el ruido de las personas.

En las Tablas 20, 21 y 22, se indican los diferentes decibeles detectados en cada una de las instituciones que pertenecen al grupo de análisis.

Es importante indicar que la muestra de los edificios seleccionados para la medición de los niveles de ruido en áreas de oficina, se lo hizo considerando además de su tipología el material utilizado en su construcción, en la información recabada se va a ser referencia a la influencia de éste en la determinación de las características acústicas de la edificación.

De forma general los niveles de ruido según la tabla 23, se puede observar que el más alto nivel de ruido interior lo alcanza el edificio del Consejo Provincial con 61,4 db(A), seguido por la Mutualista Pichincha 60,7 db(A) y el Banco Pichincha 60,0 db(A) y en un nivel más bajo la Gobernación con 59,8 db(A) y el Banco de Machala 59,5 db(A); las instituciones del MIDUVI, MOP y despachos profesionales tienen niveles más bajos: 56 y 57 db(A).

Las mediciones de ruido se las realizó considerando la ubicación de cada oficina dentro del edificio, pues es importante destacarlo ya que ello incide en su comportamiento, así una oficina puede estar ubicada en una planta baja o en una alta y además puede ser interna o estar en contacto con la fachada, considerando estas posibilidades (tabla 23), se pueden hacer las siguientes deducciones:

- En el caso de la **ubicación** de una oficina según el **número de piso** que ocupa, el mayor nivel de ruido se lo detecta en la planta baja con valores que van de 60,3 db(A) a 62,3 db(A) y en el resto de niveles de piso el ruido decrece.
- En el caso de la **ubicación** de una oficina de acuerdo al **contacto** (fachada) o **no contacto** (interna), los niveles de ruido mayores se los detecta tanto en oficinas internas como en las que dan

NIVELES DE RUIDO INTERIOR EN ESPACIOS LABORALES							
PISO	UBICAC.	ESPACIO	HORA	NIVELES RUIDO dB(A)			
				M1	M2	M3	PROM.
NRI - 1							
CONSEJO PROVINCIAL DE LOJA							
P.B.	FACHADA	SALA DE EXPOSICIONES	9:53	60	67	64	63,7
P.B.	FACHADA	MUSEO MATILDE HIDALGO	9:56	59	58	62	59,7
1 P.A.	FACHADA	JEFATURA CONSTRUCCIÓN	10:00	57	60	57	58,0
1 P.A.	INTERIOR	SECRETARÍA	10:03	65	62	60	62,3
1 P.A.	INTERIOR	DEP. MOVILIZACIÓN	10:05	60	63	61	61,3
1 P.A.	INTERIOR	CORREDOR CENTRAL	10:07	64	63	64	63,7
1 P.A.	INTERIOR	RECURSOS MATERIALES	10:10	58	58	57	57,7
1 P.A.	FACHADA	DIRECCIÓN VIALIDAD	10:15	60	59	62	60,3
2 P.A.	INTERIOR	SECRETARÍA PREFECTO	10:20	64	65	63	64,0
2 P.A.	INTERIOR	DEP. FINANCIERO	10:21	60	63	61	61,3
2 P.A.	FACHADA	DEP. CONTABILIDAD	10:23	60	64	58	60,7
2 P.A.	INTERIOR	HALL CENTRAL	10:25	63	61	63	62,3
3 P.A.	FACHADA	PROMOCIÓN COMUNITARIA	10:28	62	62	61	61,7
3 P.A.	FACHADA	ORDENAM. TERRITORIAL	10:35	63	60	61	61,3
3 P.A.	FACHADA	DEP. PLANIFICACIÓN	10:59	60	57	60	59,0
3 P.A.	INTERIOR	HALL CENTRAL	11:01	63	63	64	63,3
MINISTERIO DE DESARROLLO URBANO Y VIVIENDA - MIDUVI							
P.B.	FACHADA	HALL	11:11	61	60	61	60,7
1 P.A.	INTERIOR	OFICINA	11:03	56	57	57	56,7
1 P.A.	INTERIOR	CORREDOR	11:05	54	54	54	54,0
1 P.A.	INTERIOR	HALL	11:06	60	58	59	59,0
1 P.A.	INTERIOR	OFICINA	11:08	58	56	56	56,7
1 P.A.	INTERIOR	CORREDOR	11:09	58	57	57	57,3
2 P.A.	FACHADA	GESTIÓN ADMINISTRATIVA	10:01	55	54	54	54,3
2 P.A.	INTERIOR	CORREDOR	10:04	58	60	58	58,7
2 P.A.	INTERIOR	OFICINA	10:09	55	56	54	55,0
2 P.A.	FACHADA	OFICINA	10:11	55	57	55	55,7
2 P.A.	FACHADA	OFICINA	10:13	55	57	58	56,7
2 P.A.	INTERIOR	OFICINA	10:18	53	53	55	53,7
3 P.A.	FACHADA	UNIDAD T.: AGUA Y SANEAM.	10:22	53	52	52	52,3
3 P.A.	INTERIOR	CORREDOR	10:24	61	62	60	61,0
3 P.A.	FACHADA	UNIDAD T.: - VIVIENDA	10:26	56	54	55	55,0
3 P.A.	INTERIOR	OFICINA	10:27	53	54	53	53,3
3 P.A.	FACHADA	DESCANSO ESCALERA	10:30	55	54	54	54,3
MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS - MOP							
4 P.A.	INTERIOR	CORREDOR	10:32	55	56	57	56,0
4 P.A.	FACHADA	OFICINA	10:35	58	56	54	56,0
4 P.A.	FACHADA	OFICINA	10:37	61	63	61	61,7
4 P.A.	FACHADA	HALL	10:39	62	61	58	60,3
5 P.A.	FACHADA	OFICINA	10:43	52	54	53	53,0
5 P.A.	FACHADA	OFICINA	10:45	62	62	62	62,0
5 P.A.	INTERIOR	OFICINA	10:53	50	51	55	52,0
5 P.A.	FACHADA	OFICINA	10:56	55	54	56	55,0
5 P.A.	FACHADA	DESCANSO ESCALERA	11:00	56	54	55	55,0

TABLA 20: NIVELES DE RUIDO INTERIOR EN ESPACIOS LABORALES
FUENTE: Rosa E. Medina A.

NIVELES DE RUIDO INTERIOR EN ESPACIOS LABORALES							
PISO	UBICAC.	ESPACIO	HORA	NIVELES RUIDO dB(A)			
				M1	M2	M3	PROM.
BANCO PICHINCHA							
P.B.	FACHADA	ZONA ATENCIÓN PÚBLICO	11:21	61	60	61	60,7
P.B.	FACHADA	ZONA ATENCIÓN PÚBLICO	11:23	60	60	60	60,0
P.B.	FACHADA	ZONA ATENCIÓN PÚBLICO	11:25	59	62	61	60,7
P.B.	INTERIOR	AREA DE CAJERAS	11:28	61	62	61	61,3
P.A.	INTERIOR	CORREDOR	11:32	62	63	63	62,7
P.A.	FACHADA	COUNTER ATENC. PÚBLICO	11:33	57	58	57	57,3
P.A.	FACHADA	COUNTER ATENC. PÚBLICO	11:34	58	57	57	57,3
P.A.	FACHADA	COUNTER ATENC. PÚBLICO	11:35	59	60	59	59,3
P.A.	INTERIOR	CORREDOR	11:40	62	63	63	62,7
P.A.	INTERIOR	OFICINA	11:42	56	58	58	57,3
P.A.	INTERIOR	SALA DE ESPERA	11:44	59	58	59	58,7
BANCO DE MACHALA							
P.B.	FACHADA	ZONA ATENCIÓN PÚBLICO	9:21	61	63	62	62,0
P.B.	INTERIOR	COUNTER ADMINISTRATIVO	9:28	61	61	61	61,0
P.B.	INTERIOR	COUNTER ADMINISTRATIVO	9:29	54	54	55	54,3
P.A.	FACHADA	SERVICIOS BANCARIOS	9:24	66	67	65	66,0
P.A.	INTERIOR	AREA DE CAJERAS	9:26	61	61	62	61,3
P.A.	INTERIOR	SALA DE ESPERA	9:30	55	54	55	54,7
P.A.	INTERIOR	DEP. INVERSIONES	9:31	59	60	60	59,7
P.A.	INTERIOR	DEP. TARJETA VISA	9:32	52	52	52	52,0
P.A.	INTERIOR	CORREDOR	9:34	54	54	55	54,3
P.A.	FACHADA	GERENCIA	9:36	58	57	56	57,0
P.A.	FACHADA	ATENCIÓN AL PÚBLICO	9:40	62	62	62	62,0
P.B.	FACHADA	*ZONA ATENCIÓN PÚBLICO	12:06	65	66	67	66,0
P.A.	INTERIOR	*AREA DE CAJERAS	12:08	63	65	66	64,7
P.A.	FACHADA	*SERVICIOS BANCARIOS	12:09	64	63	65	64,0
P.B.	INTERIOR	*COUNTER ADMINISTRAT.	12:11	60	62	62	61,3
P.B.	INTERIOR	*COUNTER ADMINISTRAT.	12:12	57	58	57	57,3
P.A.	INTERIOR	*SALA DE ESPERA	12:13	53	54	53	53,3
P.A.	INTERIOR	*DEP. INVERSIONES	12:15	65	65	64	64,7
P.A.	INTERIOR	*CORREDOR	12:16	56	55	56	55,7
P.A.	INTERIOR	*DEP. TARJETA VISA	12:18	52	51	52	51,7
MUTUALISTA PICHINCHA							
P.B.	INTERIOR	OFICIAL DE NEGOCIOS	9:51	57	59	55	57,0
P.B.	INTERIOR	OFICIAL DE NEGOCIOS	9:52	55	56	54	55,0
P.B.	INTERIOR	ZONA ATENCIÓN PÚBLICO	9:54	62	59	60	60,3
P.B.	INTERIOR	OF. ATENCIÓN AL PÚBLICO	9:58	60	61	62	61,0
P.B.	INTERIOR	OF. ATENCIÓN AL PÚBLICO	10:00	60	60	64	61,3
P.B.	INTERIOR	AREA DE CAJERAS	10:07	66	65	68	66,3
P.A.	INTERIOR	SALA DE ESPERA	9:45	64	62	63	63,0
P.A.	INTERIOR	GERENCIA	9:47	63	62	64	63,0
P.A.	INTERIOR	SECRETARÍA	10:09	54	55	55	54,7

* Se registra otra medición pero en diferente hora

TABLA 21: NIVELES DE RUIDO INTERIOR EN ESPACIOS LABORALES
FUENTE: Rosa E. Medina A.

NIVELES DE RUIDO INTERIOR EN ESPACIOS LABORALES							
PISO	UBICAC.	ESPACIO	HORA	NIVELES RUIDO dB(A)			
				M1	M2	M3	PROM.
GOBERNACIÓN DE LOJA							
P.B.	INTERIOR	CORREDOR	10:45	60	59	61	60,0
P.B.	INTERIOR	INTENDENCIA DE POLICIA	10:48	57	58	59	58,0
P.B.	INTERIOR	COMISARIA MUJER Y FAM.	10:50	67	65	67	66,3
P.B.	FACHADA	DEP. PASAPORTES	10:52	66	65	66	65,7
P.B.	FACHADA	COMISARIA NACIONAL POL.	10:54	61	62	61	61,3
P.A.	INTERIOR	SECRETARÍA GENERAL	10:23	60	59	59	59,3
P.A.	INTERIOR	SALA DE ESPERA	10:25	54	53	55	54,0
P.A.	INTERIOR	CORREDOR	10:27	58	61	61	60,0
P.A.	FACHADA	DESPACHO GOBERNACIÓN	10:35	57	58	58	57,7
P.A.	INTERIOR	DEP. FINANCIERO	10:40	57	56	57	56,7
P.A.	INTERIOR	CORREDOR	10:41	61	60	61	60,7
P.A.	INTERIOR	DESPACHO JEF. POLITICA	10:43	53	52	53	52,7
DESPACHOS PROFESIONALES							
EDIFICIO 1							
2 P.A.	FACHADA	AB. XIMENA GALVEZ	9:53	57	58	57	57,3
2 P.A.	FACHADA	AB. MAURICIO MORA	9:58	54	55	55	54,7
EDIFICIO 2							
2 P.A.	FACHADA	AB. MARCO OCHOA	10:05	53	54	53	53,3
EDIFICIO 4							
2 P.A.	FACHADA	DR. CARLOS VALDIVIESO	10:18	54	53	53	53,3
2 P.A.	FACHADA	DR. PABLO OJEDA	10:22	63	62	63	62,7
2 P.A.	FACHADA	DR. PABLO OJEDA	10:26	61	60	59	60,0
2 P.A.	FACHADA	DR. PABLO OJEDA	10:27	60	59	59	59,3
EDIFICIO 6							
2 P.A.	FACHADA	DR. JOSÉ SARMIENTO A.	10:38	61	61	60	60,7
2 P.A.	FACHADA	DR. JOSÉ SARMIENTO A.	10:41	62	62	63	62,3
2 P.A.	FACHADA	DR. JORGE BARRAZUETA	11:05	52	53	53	52,7
EDIFICIO 11							
2 P.A.	FACHADA	CONSEJO DE TRÁNSITO	16:35	55	54	55	54,7

TABLA 22: NIVELES DE RUIDO INTERIOR EN ESPACIOS LABORALES
FUENTE: Rosa E. Medina A.

a la fachada; en el primer caso (interior) el más alto nivel lo alcanza el Consejo Provincial con 62,0 dB(A) seguido por el Banco Pichincha 60,5 y la Mutualista Pichincha 60,2 dB(A), en el segundo caso (fachada) el nivel más alto lo alcanza el Banco de Machala 62,8 dB(A) seguido por la Gobernación con 61,6 dB(A).

Con estos datos registrados y por los niveles obtenidos se puede decir que no necesariamente se da el proceso de inmisión del ruido exterior en interiores sino que también influye el ruido de las personas y de su propia actividad.

RESUMEN NIVELES DE RUIDO INTERIOR					
INSTITUCIÓN	POR PISOS		POR UBICACIÓN		PROMEDIO
	No. PISO	N. RUIDO	TIPO	N. RUIDO	
CONSEJO PROVINCIAL	P.B.	61,7	FACHADA	60,5	61,4
	1 P.A.	60,6			
	2 P.A.	62,1	INTERIOR	62,0	
	3 P.A.	61,3			
MINISTERIO DE DESARROLLO - MIDUVI	P.B.	60,7	FACHADA	55,6	57,1
	1 P.A.	56,7	INTERIOR	56,5	
	2 P.A.	55,7			
	3 P.A.	55,2			
MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS - MOP	4 P.A.	58,5	FACHADA	57,6	57,0
	5 P.A.	55,4	INTERIOR	54,0	
BANCO PICHINCHA	P.B.	60,7	FACHADA	59,2	60,0
	P.A.	59,3	INTERIOR	60,5	
BANCO DE MACHALA	P.B.	60,3	FACHADA	62,8	59,5
	P.A.	58,6	INTERIOR	57,6	
MUTUALISTA PICHINCHA	P.B.	61,1	INTERIOR	60,2	60,7
	P.A.	60,2			
GOBERNACIÓN	P.B.	62,3	FACHADA	61,6	59,8
	P.A.	57,3	INTERIOR	58,6	
DESPACHOS PROFESIONALES	2 P.A.	56,3	FACHADA	56,3	56,3

TABLA 23 RESUMEN DE NIVELES DE RUIDO INTERIOR EN ESPACIOS LABORALES
FUENTE: Rosa E. Medina A.

d. NIVELES DE RUIDO INTERIOR -NRI y NIVELES DE RUIDO EXTERIOR - NRE

En los puntos anteriores ya se han analizado por separado los niveles de ruido exterior y los niveles de ruido interior, ahora se van a realizar las comparaciones entre estos dos niveles de ruido, es decir que en una determinada hora se midieron simultáneamente los niveles de ruido exterior y los niveles de ruido interior de las oficinas en cada institución.

La intención del registro de los datos de esta forma es la de conocer cómo se comportan los espacios al interior en relación con los ruidos del exterior, y determinar si existe relación entre ellos y si influyen o no. Junto a la medición de los niveles, fue importante también observar las condiciones tanto fuera como dentro, ya que las circunstancias no son las mismas en todos los casos, es decir se manejan algunas variables que se deben analizar estos casos, entre ellas están:

- Ubicación de la oficina: número de piso, contacto fachada.
- Hora de la jornada
- Materiales utilizados en la construcción: paredes
- Área que ocupa la oficina

A continuación en las tablas 24, 25 y 26, se detallan los niveles de ruido, en donde se indica primeramente la institución, la ubicación, el espacio, la hora en la que se hizo la medición, los niveles interiores y exteriores y al final una comparación de ambos ruidos. Como es lógico el ruido exterior es superior al interior, la comparación que se realiza en la columna final de las tablas corresponde a la diferencia del nivel de ruido exterior y el nivel de ruido interior, que en unos casos es mayor y en otros menor.

68

En la tabla 27 se puede observar claramente esta diferencia en los niveles de ruido, se ha establecido una relación entre la diferencia de ruido que se da entre las oficinas que están y no están en contacto con la fachada, al respecto se puede evidenciar que no hay una relación constante, ya que en algunas instituciones los valores de la diferencia NRE-NRI de los espacios en contacto con la fachada son menores que la diferencia NRE-NRI de los espacios interiores y en otras instituciones los valores son mayores; en el primer caso los valores oscilan entre 4,6 y 11,2 y en el segundo caso están entre 10,9 y 12,7; las instituciones en cuyos espacios interiores alcanzan diferencias menores, éstas oscilan entre 7,9 y 10,2 dB(A).

Prácticamente se puede decir que en un cincuenta por ciento se detectan niveles menores en las oficinas que dan a la fachada y en el otro cincuenta por ciento niveles menores en las oficinas interiores.

Los promedios de las diferencias entre los niveles de ruido exterior-interior en el caso de las oficinas que están en contacto con la fachada alcanza un desfase de 9,6 dB(A) y en el caso de las oficinas interiores alcanza 10,1 dB(B), la diferencia entre ambos no llega a 1 dB(A), es de 0,5 dB(A), es decir llegan casi a diferencias iguales, por lo tanto se puede decir que influye tanto el ruido exterior por proceso de inmisión en los espacios internos como el ruido generado por las personas que trabajan y utilizan los servicios de las diferentes instituciones.

Sin embargo es importante destacar el valor de la diferencia entre el ruido exterior e interior del Banco de Machala, que es de 4,6 dBA, es decir que es fácilmente detectable la transmisión de ruido exterior hacia el interior, considerando que el edificio se encuentra en una esquina y que a nivel de planta baja se utiliza como material envolvente el vidrio.

NIVELES DE RUIDO EXTERIOR - INTERIOR EN ESPACIOS LABORALES													
PISO	UBICAC.	ESPACIO	HORA	NRI/NRE - 1									NRE-NRI
				INTERIOR				EXTERIOR				NRE-NRI	
				NIV. RUIDO dB(A)				NIV. RUIDO dB(A)					
M1	M2	M3	PR.	M1	M2	M3	PR.						
CONSEJO PROVINCIAL DE LOJA													
P.B.	FACHADA	SALA DE EXPOSICIONES	9:53	60	67	64	63,7	71	73	74	72,7	9,0	
P.B.	FACHADA	MUSEO MATILDE HIDALGO	9:56	59	58	62	59,7	63	65	65	64,3	4,7	
1 P.A.	FACHADA	JEFATURA CONSTRUCCIÓN	10:00	57	60	57	58,0	67	66	67	66,7	8,7	
1 P.A.	INTERIOR	SECRETARÍA	10:03	65	62	60	62,3	70	71	71	70,7	8,3	
1 P.A.	INTERIOR	DEP. MOVILIZACIÓN	10:05	60	63	61	61,3	68	67	68	67,7	6,3	
1 P.A.	INTERIOR	CORREDOR CENTRAL	10:07	64	63	64	63,7	71	72	71	71,3	7,7	
1 P.A.	INTERIOR	RECURSOS MATERIALES	10:10	58	58	57	57,7	70	69	70	69,7	12,0	
1 P.A.	FACHADA	DIRECCIÓN VIALIDAD	10:15	60	59	62	60,3	72	72	70	71,3	11,0	
2 P.A.	INTERIOR	SECRETARÍA PREFECTO	10:20	64	65	63	64,0	69	70	69	69,3	5,3	
2 P.A.	INTERIOR	DEP. FINANCIERO	10:21	60	63	61	61,3	68	69	69	68,7	7,3	
2 P.A.	FACHADA	DEP. CONTABILIDAD	10:23	60	64	58	60,7	70	69	70	69,7	9,0	
2 P.A.	INTERIOR	HALL CENTRAL	10:25	63	61	63	62,3	68	70	69	69,0	6,7	
3 P.A.	FACHADA	PROMOCIÓN COMUNITARIA	10:28	62	62	61	61,7	63	64	66	64,3	2,7	
3 P.A.	FACHADA	ORDENAM. TERRITORIAL	10:35	63	60	61	61,3	67	66	66	66,3	5,0	
3 P.A.	FACHADA	DEP. PLANIFICACIÓN	10:59	60	57	60	59,0	69	68	69	68,7	9,7	
3 P.A.	INTERIOR	HALL CENTRAL	11:01	63	63	64	63,3	70	70	68	69,3	6,0	
MINISTERIO DE DESARROLLO URBANO Y VIVIENDA - MIDUVI													
P.B.	FACHADA	HALL	11:11	61	60	61	60,7	68	70	69	69,0	8,3	
1 P.A.	INTERIOR	OFICINA	11:03	56	57	57	56,7	67	70	69	68,7	12,0	
1 P.A.	INTERIOR	CORREDOR	11:05	54	54	54	54,0	68	67	66	67,0	13,0	
1 P.A.	INTERIOR	HALL	11:06	60	58	59	59,0	66	67	67	66,7	7,7	
1 P.A.	INTERIOR	OFICINA	11:08	58	56	56	56,7	65	66	65	65,3	8,7	
1 P.A.	INTERIOR	CORREDOR	11:09	58	57	57	57,3	65	64	64	64,3	7,0	
2 P.A.	FACHADA	GESTIÓN ADMINISTRATIVA	10:01	55	54	54	54,3	75	73	70	72,7	18,3	
2 P.A.	INTERIOR	CORREDOR	10:04	58	60	58	58,7	71	71	72	71,3	12,7	
2 P.A.	INTERIOR	OFICINA	10:09	55	56	54	55,0	69	67	68	68,0	13,0	
2 P.A.	FACHADA	OFICINA	10:11	55	57	55	55,7	64	67	67	66,0	10,3	
2 P.A.	FACHADA	OFICINA	10:13	55	57	58	56,7	64	65	64	64,3	7,7	
2 P.A.	INTERIOR	OFICINA	10:18	53	53	55	53,7	64	63	63	63,3	9,7	
3 P.A.	FACHADA	UNIDAD T.: AGUA Y SANEAM.	10:22	53	52	52	52,3	70	69	70	69,7	17,3	
3 P.A.	INTERIOR	CORREDOR	10:24	61	62	60	61,0	64	64	67	65,0	4,0	
3 P.A.	FACHADA	UNIDAD T.: - VIVIENDA	10:26	56	54	55	55,0	69	67	68	68,0	13,0	
3 P.A.	INTERIOR	OFICINA	10:27	53	54	53	53,3	67	67	68	67,3	14,0	
3 P.A.	FACHADA	DESCANSO ESCALERA	10:30	55	54	54	54,3	67	69	68	68,0	13,7	
MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS - MOP													
4 P.A.	INTERIOR	CORREDOR	10:32	55	56	57	56,0	70	72	72	71,3	15,3	
4 P.A.	FACHADA	OFICINA	10:35	58	56	54	56,0	68	66	69	67,7	11,7	
4 P.A.	FACHADA	OFICINA	10:37	61	63	61	61,7	68	69	68	68,3	6,7	
4 P.A.	FACHADA	HALL	10:39	62	61	58	60,3	68	67	68	67,7	7,3	
5 P.A.	FACHADA	OFICINA	10:43	52	54	53	53,0	68	70	69	69,0	16,0	
5 P.A.	FACHADA	OFICINA	10:45	62	62	62	62,0	70	70	71	70,3	8,3	
5 P.A.	INTERIOR	OFICINA	10:53	50	51	55	52,0	68	69	70	69,0	17,0	
5 P.A.	FACHADA	OFICINA	10:56	55	54	56	55,0	68	70	69	69,0	14,0	
5 P.A.	FACHADA	DESCANSO ESCALERA	11:00	56	54	55	55,0	68	68	70	68,7	13,7	

TABLA 24: NIVELES DE RUIDO EXTERIOR - INTERIOR EN ESPACIOS LABORALES
FUENTE: Rosa E. Medina A.

NIVELES DE RUIDO EXTERIOR - INTERIOR EN ESPACIOS LABORALES												
PIS O	UBICAC.	ESPACIO	HORA	NRI/NRE - 2								NRE- NRI
				INTERIOR				EXTERIOR				
				NIV. RUIDO dB(A)				NIV. RUIDO dB(A)				
M 1	M 2	M 3	PR.	M 1	M 2	M 3	PR.					
BANCO PICHINCHA												
P.B.	INTERIOR	ZONA ATENCIÓN PÚBLICO	11:21	61	60	61	60,7	69	68	69	68,7	8,0
P.B.	INTERIOR	ZONA ATENCIÓN PÚBLICO	11:23	60	60	60	60,0	67	67	65	66,3	6,3
P.B.	INTERIOR	ZONA ATENCIÓN PÚBLICO	11:25	59	62	61	60,7	66	68	71	68,3	7,7
P.B.	INTERIOR	AREA DE CAJERAS	11:28	61	62	61	61,3	67	70	70	69,0	7,7
1 P.A.	INTERIOR	CORREDOR	11:32	62	63	63	62,7	70	70	69	69,7	7,0
1 P.A.	FACHADA	COUNTER ATENC. PÚBLICO	11:33	57	58	57	57,3	70	69	69	69,3	12,0
1 P.A.	FACHADA	COUNTER ATENC. PÚBLICO	11:34	58	57	57	57,3	69	69	68	68,7	11,3
1 P.A.	FACHADA	COUNTER ATENC. PÚBLICO	11:35	59	60	59	59,3	70	69	67	68,7	9,3
1 P.A.	INTERIOR	CORREDOR	11:40	62	63	63	62,7	68	69	69	68,7	6,0
1 P.A.	INTERIOR	OFICINA	11:42	56	58	58	57,3	68	68	69	68,3	11,0
1 P.A.	INTERIOR	SALA DE ESPERA	11:44	59	58	59	58,7	69	67	69	68,3	9,7
BANCO DE MACHALA												
P.B.	FACHADA	ZONA ATENCIÓN PÚBLICO	9:21	61	63	62	62,0	63	64	64	63,7	1,7
P.A.	FACHADA	SERVICIOS BANCARIOS	9:24	66	67	65	66,0	68	69	70	69,0	3,0
P.A.	INTERIOR	AREA DE CAJERAS	9:26	61	61	62	61,3	63	63	65	63,7	2,3
P.B.	INTERIOR	COUNTER ADMINISTRATIVO	9:28	61	61	61	61,0	66	65	66	65,7	4,7
P.B.	INTERIOR	COUNTER ADMINISTRATIVO	9:29	54	54	55	54,3	63	63	63	63,0	8,7
P.A.	INTERIOR	SALA DE ESPERA	9:30	55	54	55	54,7	67	66	66	66,3	11,7
P.A.	INTERIOR	DEP. INVERSIONES	9:31	59	60	60	59,7	65	67	67	66,3	6,7
P.A.	INTERIOR	DEP. TARJETA VISA	9:32	52	52	52	52,0	62	62	64	62,7	10,7
P.A.	INTERIOR	CORREDOR	9:34	54	54	55	54,3	63	64	62	63,0	8,7
P.A.	FACHADA	GERENCIA	9:36	58	57	56	57,0	67	66	66	66,3	9,3
P.A.	FACHADA	ATENCIÓN AL PÚBLICO	9:40	62	62	62	62,0	66	67	69	67,3	5,3
P.B.	FACHADA	*ZONA ATENCIÓN PÚBLICO	12:06	65	66	67	66,0	70	70	69	69,7	3,7
P.A.	INTERIOR	*AREA DE CAJERAS	12:08	63	65	66	64,7	67	67	68	67,3	2,7
P.A.	FACHADA	*SERVICIOS BANCARIOS	12:09	64	63	65	64,0	69	69	68	68,7	4,7
P.B.	INTERIOR	*COUNTER ADMINISTRAT.	12:11	60	62	62	61,3	66	67	67	66,7	5,3
P.B.	INTERIOR	*COUNTER ADMINISTRAT.	12:12	57	58	57	57,3	67	67	67	67,0	9,7
P.A.	INTERIOR	*SALA DE ESPERA	12:13	53	54	53	53,3	69	68	67	68,0	14,7
P.A.	INTERIOR	*DEP. INVERSIONES	12:15	65	65	64	64,7	70	68	69	69,0	4,3
P.A.	INTERIOR	*CORREDOR	12:16	56	55	56	55,7	72	71	70	71,0	15,3
P.A.	INTERIOR	*DEP. TARJETA VISA	12:18	52	51	52	51,7	65	67	66	66,0	14,3
MUTUALISTA PICHINCHA												
P.A.	INTERIOR	SALA DE ESPERA	9:45	64	62	63	63,0	69	72	70	70,3	7,3
P.A.	INTERIOR	GERENCIA	9:47	63	62	64	63,0	70	70	70	70,0	7,0
P.B.	INTERIOR	OFICIAL DE NEGOCIOS	9:51	57	59	55	57,0	68	67	70	68,3	11,3
P.B.	INTERIOR	OFICIAL DE NEGOCIOS	9:52	55	56	54	55,0	71	70	71	70,7	15,7
P.B.	INTERIOR	ZONA ATENCIÓN PÚBLICO	9:54	62	59	60	60,3	70	70	71	70,3	10,0
P.B.	INTERIOR	OF. ATENCIÓN AL PÚBLICO	9:58	60	61	62	61,0	79	72	74	75,0	14,0
P.B.	INTERIOR	OF. ATENCIÓN AL PÚBLICO	10:00	60	60	64	61,3	65	69	69	67,7	6,3
P.A.	INTERIOR	SECRETARÍA	10:09	54	55	55	54,7	66	64	68	66,0	11,3
P.B.	INTERIOR	AREA DE CAJERAS	10:07	66	65	68	66,3	65	69	74	69,3	3,0

* Se registra otra medición pero en diferente hora

TABLA 25: NIVELES DE RUIDO EXTERIOR - INTERIOR EN ESPACIOS LABORALES

FUENTE: Rosa E. Medina A.

NIVELES DE RUIDO EXTERIOR - INTERIOR EN ESPACIOS LABORALES												
PISO	UBICAC.	ESPACIO	HORA	NRI/NRE - 3								NRE-NRI
				INTERIOR				EXTERIOR				
				NIV. RUIDO dB(A)				NIV. RUIDO dB(A)				
M1	M2	M3	PR.	M1	M2	M3	PR.					
GOBERNACION DE LOJA												
P.A.	INTERIOR	SECRETARIA GENERAL	10:23	60	59	59	59,3	69	70	70	69,7	10,3
P.A.	INTERIOR	SALA DE ESPERA	10:25	54	53	55	54,0	69	68	69	68,7	14,7
P.A.	INTERIOR	CORREDOR	10:27	58	61	61	60,0	71	71	70	70,7	10,7
P.A.	FACHADA	DESPACHO GOBERNACIÓN	10:35	57	58	58	57,7	67	70	69	68,7	11,0
P.A.	INTERIOR	DEP. FINANCIERO	10:40	57	56	57	56,7	69	72	70	70,3	13,7
P.A.	INTERIOR	CORREDOR	10:41	61	60	61	60,7	71	72	71	71,3	10,7
P.A.	INTERIOR	DESPACHO JEF. POLITICA	10:43	53	52	53	52,7	74	74	72	73,3	20,7
P.B.	INTERIOR	CORREDOR	10:45	60	59	61	60,0	72	72	71	71,7	11,7
P.B.	INTERIOR	INTENDENCIA DE POLICIA	10:48	57	58	59	58,0	71	71	72	71,3	13,3
P.B.	INTERIOR	COMISARIA MUJER Y FAM.	10:50	67	65	67	66,3	71	70	72	71,0	4,7
P.B.	FACHADA	DEP. PASAPORTES	10:52	66	65	66	65,7	72	73	73	72,7	7,0
P.B.	FACHADA	COMISARIA NACIONAL POL.	10:54	61	62	61	61,3	70	71	71	70,7	9,3
DESPACHOS PROFESIONALES												
EDIFICIO 1												
2 P.A.	FACHADA	AB. XIMENA GALVEZ	9:53	57	58	57	57,3	67	68	68	67,7	10,3
2 P.A.	FACHADA	AB. MAURICIO MORA	9:58	54	55	55	54,7	70	69	69	69,3	14,7
EDIFICIO 2												
2 P.A.	FACHADA	AB. MARCO OCHOA	10:05	53	54	53	53,3	66	66	65	65,7	12,3
EDIFICIO 4												
2 P.A.	FACHADA	DR. CARLOS VALDIVIESO	10:18	54	53	53	53,3	68	69	68	68,3	15,0
2 P.A.	FACHADA	DR. PABLO OJEDA	10:22	63	62	63	62,7	71	70	70	70,3	7,7
2 P.A.	FACHADA	DR. PABLO OJEDA	10:26	61	60	59	60,0	68	69	68	68,3	8,3
2 P.A.	FACHADA	DR. PABLO OJEDA	10:27	60	59	59	59,3	70	68	68	68,7	9,3
EDIFICIO 6												
2 P.A.	FACHADA	DR. JOSÉ SARMIENTO A.	10:38	61	61	60	60,7	71	69	69	69,7	9,0
2 P.A.	FACHADA	DR. JOSÉ SARMIENTO A.	10:41	62	62	63	62,3	70	69	68	69,0	6,7
2 P.A.	FACHADA	DR. JORGE BARRAZUETA	11:05	52	53	53	52,7	68	69	70	69,0	16,3
EDIFICIO 11												
2 P.A.	FACHADA	CONSEJO DE TRÁNSITO	16:35	55	54	55	54,7	67	67	69	67,7	13,0

TABLA 26: NIVELES DE RUIDO EXTERIOR - INTERIOR EN ESPACIOS LABORALES
FUENTE: Rosa E. Medina A.

RESUMEN NIVELES DE RUIDO EXTERIOR - INTERIOR			
INSTITUCIÓN	UBICACIÓN	PROM.	NRE-
			NRI
CONSEJO PROVINCIAL	FACHADA		7,5
	INTERIOR		7,5
MINISTERIO DE DESARROLLO - MIDUVI	FACHADA		12,7
	INTERIOR		10,2
MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS - MOP	FACHADA		11,1
	INTERIOR		16,2
BANCO PICHINCHA	FACHADA		10,9
	INTERIOR		7,9
BANCO DE MACHALA	FACHADA		4,6
	INTERIOR		7,3
MUTUALISTA PICHINCHA	INTERIOR		9,6
GOBERNACIÓN	FACHADA		9,1
	INTERIOR		12,3
DESPACHOS PROF.	FACHADA		11,2
DIFERENCIA RUIDO - FACHADA			9,6
DIFERENCIA RUIDO - INTERIOR			10,1

TABLA 27: RESUMEN DE NIVELES DE RUIDO EXTERIOR-INTERIOR
FUENTE: Rosa E. Medina A.

3.2.2. MATERIALES Y TÉCNICAS UTILIZADAS EN LAS EDIFICACIONES

Para poder realizar la valoración o la determinación del comportamiento acústico de las áreas de oficina es necesario saber cuáles son los materiales que conforman las diferentes superficies componentes y las técnicas utilizadas en su conformación en el proceso constructivo, pues cada material se comporta distinto en cuanto a absorción acústica, algunos son mas absorbentes que otros y es importante la forma de disponerlos y conjugarlos con otros para optimizarlos acústicamente.

El área de estudio corresponde al sector central, el cual a partir del año de 1548 con la Fundación de Loja se convirtió en el núcleo generador de la ciudad. El sector se caracteriza porque alberga el área de primer orden que corresponde al Centro Histórico, de esta forma se encuentran algunas edificaciones que conservan sus materiales y sistemas constructivos tradicionales; de las instituciones en estudio el Consejo Provincial y la Gobernación, con algunas otras edificaciones alrededor de la plaza en las que se encuentran despachos profesionales mantienen materiales y técnicas constructivas de aquella época.

Es por ello que en las edificaciones seleccionadas podemos encontrar estructuras de concreto armado, bahareque, tapial o el sistema mixto con revestimiento de cal.

En la tabla 28, se indican cuales son los materiales y técnicas constructivas utilizadas en las edificaciones analizadas.

Como se puede apreciar en la tabla en las edificaciones estudiadas, las técnicas utilizadas son el concreto u hormigón armado, el bahareque y el tapial, en algunas edificaciones se han hecho modificaciones posteriores a la construcción por lo que es muy común en la zona central de la ciudad encontrar paredes de tapial o bahareque con paredes de ladrillo.

Para entender cuáles son los materiales y sistemas utilizados en estas construcciones se va a indicar a continuación cada uno de ellos:

a. MATERIALES Y ELEMENTOS

- ADOBE



MATERIALES Y ACABADOS DE EDIFICACIONES ADMINISTRATIVAS										
ELEMENTO	MATERIALES Y/O ACABADOS		INSTITUCIONES							
			CONSEJO PROVINCIAL	MINISTERIO DE DESARR. MIDUVI	MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS MOP	BANCO PICHINCHA	BANCO DE MACHALA	MUTUALISTA PICHINCHA	GOBERNACIÓN	DESPACHOS PROFES.
ESTRUCTURA	COL./VIGAS	HORMIGON ARMADO		X	X	X	X	X		
		MADERA	X						X	X
		LADRILLO	X							X
	ENTREPISOS	LOSA HoAo		X	X	X	X	X		
MADERA		X						X	X	
PAREDES	MATERIAL	LADRILLO		X	X	X	X	X		X
		ADOBE	X						X	X
		TAPIAL	X						X	X
		BAHAREQUE								
	MADERA									
	ESPESOR (cm)		62-40	15	15	15	15	15	60	60
	REVESTIMIENTO	MORTERO CEMENTO		X	X	X	X	X		
MORTERO DE CAL		X						X	X	
ZÓCALO DE PLAYWOOD								X		
VANOS	PUERTAS	MADERA	X	X	X			X	X	X
		METÁLICA	X							
		VIDRIO				X	X	X		
	VENTANAS	MADERA - VIDRIO	X						X	X
		ALUMINIO - VIDRIO		X	X	X	X	X		
		MADERA								
PISOS	GRESS CERÁMICO		X						X	X
	PORCELANATO					X		X		
	MADERA: TABLÓN		X						X	X
	PIEDRA								X	X
	BALDOSA						X			
	MÁRMOL			X	X					
CIELOS RASOS	MADERA: DUELA		X						X	X
	PLACAS DE YESO (CELOTEX)		X	X	X	X	X			X
	ENLUCIDO MORTERO							X		
	EMPAÑETADO DE BARRO								X	

TABLA 28: MATERIALES Y ACABADOS DE EDIFICACIONES ADMINISTRATIVAS.
FUENTE: Rosa E. Medina A.

Los adobes se fabrican formando pequeños bloques (del tamaño de un ladrillo) de barro y paja que se dejan secar al sol durante una o dos semanas. Debido a su fácil deterioro, las construcciones deben ser protegidas con un buen revestimiento, colocadas en sobrecimientos de piedra y aleros.

FIGURA 15: PROCESO DE ELABORACIÓN DE ADOBES EN EL ECUADOR

FUENTE: Muros de adobe. De: <http://desastres.usac.edu.gt/documentos/pdf/spa/doc14388/doc14388-b.pdf>.

- **TAPIAL**

Es el sistema para la construcción de muros, compuesto por tierra y agua estabilizada. La construcción del tapial inicia con la extracción de

la tierra en el lugar de la obra y, si es necesario, su estabilización con una lechada de cal o cemento. Después se dispone un encofrado de madera rígido, donde se vierte el material para su posterior apisonado manual.



FIGURA 16: PISON DE DOS CABEZAS EMPLEADO EN EL APISONAMIENTO DE TAPIAL.

FUENTE: Muros antisísmicos de tapial. De: <http://desastres.usac.edu.gt/documentos/pdf/spa/doc14388/doc14388-b.pdf>.

- **EL BAHAREQUE**

Consiste en paredes armadas de madera, carrizo amarrado, empañetado de barro y cubierta de paja.



FIGURA 17: PARED DE BAHAREQUE
FUENTE: Muros de Bahareque. De: <http://desastres.usac.edu.gt/documentos/pdf/spa/doc14388/doc14388-c.pdf>.

FIGURA 18: DETALLE ARMADO DE PARED DE BAHAREQUE Y PISO
FUENTE: Nuestra Arquitectura - Historia de la arquitectura lojana desde la colonia hasta 1950³⁵

³⁵ **SILVA**, Alexandra; **MORENO**, Betty. Nuestra Arquitectura - Historia de la arquitectura lojana desde la colonia hasta 1950.

b. SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

SISTEMA CONSTRUCTIVO TRADICIONAL

Se conoce como técnica constructiva tradicional, al empleo de materiales como adobe, tapial y bahareque. Con estructura de madera en su interior.

El proceso se desarrolla:

Cimientos.- Son construidos con piedra de canto rodado, unida con mortero de cal y arena, en ocasiones se utilizaba barro y paja.

Sobrecimientos.- Sirven para proteger los muros de la humedad, eran construidos con el mismo material de los cimientos, en algunos casos llegaban hasta 1,50 de altura al exterior.

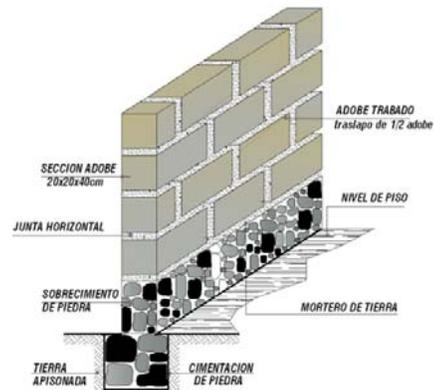


FIGURA 19: DETALLE ARMADO DE PARED DE BAHAREQUE Y PISO

FUENTE: Nuestra Arquitectura - Historia de la arquitectura lojana desde la colonia hasta 1950³⁶

Muros.- Son los muros portantes hechos en tapial, que tienen un

³⁶ Ibidem

espesor entre 60-90cm., aproximadamente.

Paredes.- Son hechas de adobe o tapial, y en ocasiones se construyen las divisiones en bahareque.

Pilares.- Son hechos en madera con base de piedra, en la parte superior se rematan con una montera, que estabiliza el elemento entre el pilar y la viga.

Cubierta.- Consiste en una estructura de madera, sobre la que se coloca teja o paja, previo a haber construido una cama de carrizo, uniéndose a la teja con una capa de barro. La cubierta tiene dos aguas, facilitando la evacuación de las aguas lluvias.

Pintura.- Se recurre al uso de tierras de diferente pigmentación.

Revestimientos.- El revestimiento de las paredes se los realiza de la siguiente manera:

- Un revoque de barro y paja, llamado embarrado.
- Posteriormente se realiza el empañetado, utilizando arcilla azul y desechos orgánicos de caballo.
- Para darle el acabado final se coloca una lechada de cal y pintura conocido como encalado.

Escaleras.- Generalmente son escaleras de claustro, ubicadas en una esquina de la edificación.

Puertas y ventanas.- Se construyen con marcos de madera y vidrio.

SISTEMA CONSTRUCTIVO MIXTO

“El sistema mixto consistía en:

- Cimientos de piedra,
- Paredes frontales de ladrillo y cal (cal y canto)
- Paredes laterales de tapial
- Paredes intermedias de adobe, con algunas de bahareque.

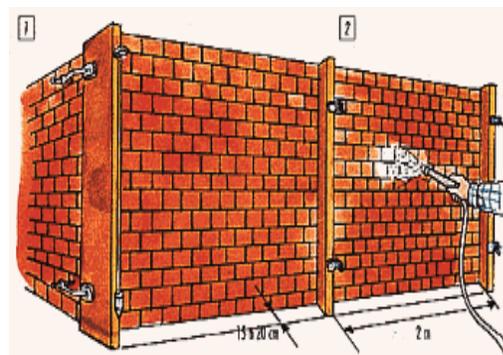


FIGURA 20: PARED CONSTRUIDA CON LADRILLO Y MORTERO DE CAL

FUENTE: Nuestra Arquitectura - Historia de la arquitectura lojana desde la colonia hasta 1950.³⁷

Los morteros de cal son aquellos que están fabricados con cal viva, arena y agua. Este tipo de morteros no se caracterizan por su gran resistencia, sino por su plasticidad, color, y porque se trabaja con facilidad, es por esta razón que se empleaba en fachadas de gran detalle y decoración³⁸.

De las edificaciones analizadas, el Consejo Provincial está construido con este sistema, las paredes frontales están hechas a base de ladrillo, mientras que algunas de las internas son de tapial.

³⁷ Ibidem

³⁸ Ibidem

HORMIGÓN O CONCRETO ARMADO

Este sistema constructivo surge a partir del año 1960, cuando recién en la ciudad empezó a posicionarse la arquitectura moderna, traía consigo la última tecnología el hormigón armado como sistema constructivo. Actualmente se utiliza para la construcción de la mayoría de los proyectos en la ciudad.

Por ello construcciones nuevas que se realizaron posteriormente a esa época en el Centro Histórico fueron construidas con hormigón. De esta forma los edificios de los Bancos: Pichincha, de Machala y Mutualista Pichincha junto al edificio del MIDUVI y MOP, han sido construidos con este sistema.

Básicamente el proceso es el siguiente:

Cimentación y estructura.- Se inicia con la construcción de plintos, cimientos, cadenas, columnas, vigas, muros y losa de hormigón. Que según el elemento se utiliza hormigón ciclópeo, armado o simple, compuestos por cemento, agregado grueso y agregado fino (en dosificaciones reglamentadas) y el hierro.

Elementos	Cemento	Arena lavada	Grava
Bases	1 parte	2 partes	2 $\frac{1}{2}$ partes
Columnas y Vigas	1 parte	2 partes	2 partes
Pisos	1 parte	2 partes	3 partes
Dinteles	1 parte	2 partes	3 partes

TABLA 29: DOSIFICACIONES DE AGREGADOS EN LA CONSTRUCCIÓN.
FUENTE:³⁹

³⁹ Ibidem

Paredes.- Principalmente se componen de ladrillo o bloque unidos con mortero de cemento.

FIGURA 21: PARED CONSTRUIDA CON LADRILLO Y MORTERO
FUENTE: www.google.com

Los acabados que se dan posteriormente a estas superficies consisten en el enlucido con mortero de cemento, luego se da el acabado liso puliendo o empastando la superficie y finalmente se aplica la pintura. Las paredes después de este proceso alcanzan un espesor de 15 cm.

Los vanos: puertas y ventanas.- se los hace de varios materiales y su uso depende del tipo de espacio, se encuentran puertas de madera, vidrio y metal. Las ventanas generalmente como se observa en la tabla 20 son de madera-vidrio y aluminio-vidrio.



FIGURA 22: ACABADOS DE PAREDES
FUENTE: www.google.com

78

Pisos.- Se funde el piso con piedra, malla y hormigón simple, y los acabados sobre esta superficie es diversa, en el caso de las instituciones administrativas dependiendo de las características de la edificaciones, se encuentra gress cerámico, porcelanato, mármol, baldosa y madera principalmente.

Cubierta.- Las edificaciones son rematadas con losas planas de cubierta accesible o inaccesible o por cubiertas inclinadas de teja, o planchas de duratecho, eternit (asbesto), etc.

3.2.3. INFLUENCIA DEL RUIDO EN EL PERSONAL

Para determinar las condiciones acústicas de los espacios laborales de las instituciones administrativas del centro de la ciudad de Loja, en primera instancia ha sido necesario el registro físico de los niveles de ruido tanto exterior como interior en las áreas de trabajo, si bien es una información determinante en la valoración acústica, sin embargo la otra parte importante para complementar esta valoración, son las condiciones percibidas por las personas en estos ambientes respecto al ruido.

En el segundo capítulo ya se había indicado la relevancia del tema de la calidad de vida que se debe propender en los espacios arquitectónicos creados para el hombre, y para ello se debe considerar la ergonomía del diseño que lleve a crear esas condiciones favorables para que las personas se desenvuelvan en ese entorno. Es por esta razón que se recurrió a la aplicación de una encuesta a los empleados de cada una de las instituciones en estudio para conocer si hay o no influencia del ruido en sus actividades.

Primeramente se hace referencia al estudio realizado acerca del ruido vehicular como causa de trastornos psicosomáticos en los habitantes

del centro de la ciudad de Loja, se determinó las afecciones que padece la población, especialmente aquella que se halla junto a las principales fuentes de contaminación: “las enfermedades que en la actualidad aquejan más a los encuestados producto de la exposición continua del ruido han señalado en mayor porcentaje: 67% alteraciones nerviosas; 66% dolor de cabeza; 61% estrés y el 59% molestias al oído y menor porcentaje con un 32% histeria; 23% depresión; 22% insomnio y el 14% pérdida de audición. Finalmente el 8% sostiene que no presenta ningún tipo de molestias generada por el ruido, argumentando que están acostumbrados y en algunos casos no supieron argumentar su respuesta”⁴⁰.

Esta información que se la obtuvo de una encuesta aplicada en todo el casco central de la ciudad, ayuda a tener una idea de cómo la gente se siente afectada por el ruido en diferentes aspectos y en mayor o menor grado.

En el caso de los empleados que son los directos involucrados en los espacios laborales, de las instituciones objeto de estudio, se obtuvieron datos valiosos para poder realizar una evaluación subjetiva de las molestias producidas por el ruido.

A continuación se indica cómo se desarrolló la encuesta y cuáles fueron los resultados.

⁴⁰ Hernández O., Raquel; Quizhpe R. Marjory. *El ruido vehicular como causa de trastornos psicosomáticos en los habitantes del centro de la ciudad de Loja.*

DATOS RESPECTO A LA ENCUESTA

UNIVERSO: La encuesta fue aplicada a los empleados de las 7 instituciones público-gubernamentales (Consejo Provincial, Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda – MIDUVI, Ministerio de Obras Públicas – MOP y Gobernación de Loja) y privado-bancarias (Banco Pichincha, Banco Mutualista Pichincha y Banco de Machala) y los despachos de cinco profesionales.

MUESTRA: La muestra fue tomada a un total de 129 empleados repartidos entre las diferentes instituciones.

ENCUESTA: Consistió en un banco de preguntas que se aplicó directamente a cada empleado.

SELECCIÓN: La selección se la hizo de forma aleatoria, entre personas que trabajaban en oficinas internas y en oficinas en contacto con las fachadas.

FECHA: Las encuestas se aplicaron los días 26 de diciembre de 2007 y 10 y 11 de enero 2008 en las jornadas de la mañana y tarde.

RESULTADOS DE LA ENCUESTA

1. Sexo:

Femenino	42%
Masculino	58%

2. Edad:

Menos de 20 años	2.3%
De 21 – 30 años	33,7%
De 31 – 40 años	33,7%

De 41 – 50 años 21,4%
 Mas de 50 años 8,9%

3. Empresa o Institución en donde trabaja: varias (oficinas de instituciones investigadas)

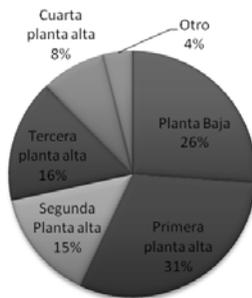
4. Horario de trabajo: mañana 08:00-13:00 y tarde 15:00-18:00



CARACTERÍSTICAS DE OFICINA

PREGUNTA 5: ¿Cuál es la ubicación de su oficina? (No. de piso)

RESPUESTA: Planta Baja (), Primera planta alta (), Segunda planta alta (), Tercera planta alta (), Cuarta planta alta (), Otro ()



En otro se indica la ubicación en un quinto piso.

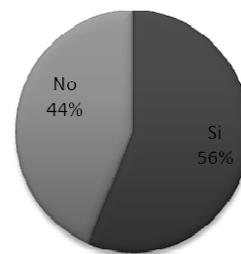
PREGUNTA 6: ¿La oficina hacia donde está orientada y/o ubicada?

RESPUESTA: Calle-contacto fachada (), Interna ()

INFORMACIÓN RESPECTO AL RUIDO

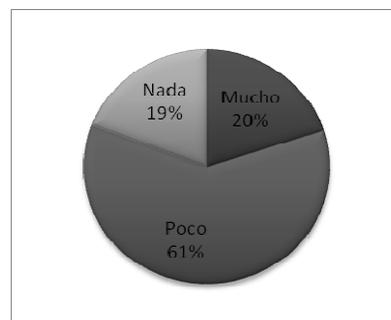
PREGUNTA 7: ¿Considera usted que trabaja en un área ruidosa?

RESPUESTA: Si (), No ()



PREGUNTA 8: ¿Le molesta el ruido que se genera en su área de trabajo?

RESPUESTA: Mucho (), Poco (), Nada ()



PREGUNTA 9: ¿De qué fuente proviene el ruido que le molesta?

RESPUESTA: De las instalaciones del edificio (), De los equipos de oficina, (), De las personas (), Del exterior (tráfico vehicular (), Otras.

Entre otras se indican: cuando hay fiestas religiosas, manifestaciones y eventos y actos públicos.

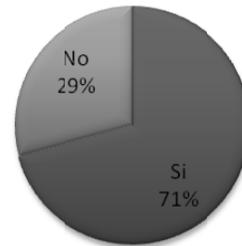


RESPUESTA: Concentración (), Comunicación oral (), Interferencia en la palabra (), Precisión (), Aprendizaje en tareas (), Otras ()



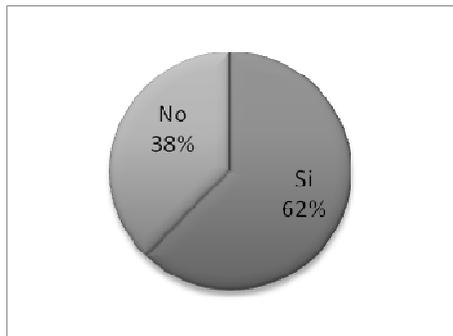
PREGUNTA 12: ¿Cree usted que se encuentra expuesto a los efectos del ruido?

RESPUESTA: Si (), No ()



PREGUNTA 10: ¿El ruido interrumpe sus actividades?

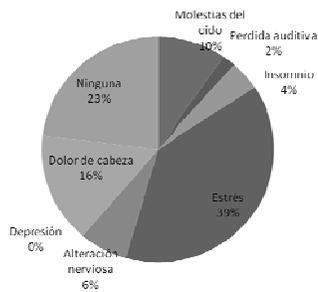
RESPUESTA: Si (), No ()



PREGUNTA 11: ¿Cuáles son estas actividades que se interrumpen a causa del ruido?

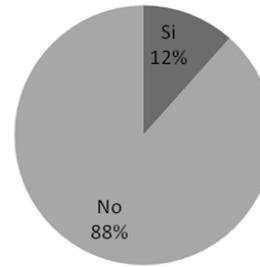
PREGUNTA 13: ¿Padece usted de algún efecto de salud provocado por el ruido?, seleccione de las siguientes opciones:

RESPUESTA: Molestias del oído (), Alteración Nerviosa (), Pérdida auditiva (), Depresión (), Insomnio (), Dolor de cabeza (), Estrés (), Ninguno ()



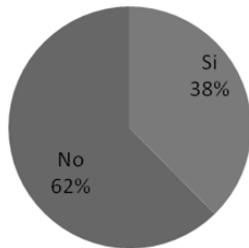
PREGUNTA 14: Por la molestia del ruido, ¿ha sido necesario que usted tome alguna medida para evitarlo?

RESPUESTA: Si (), No ()



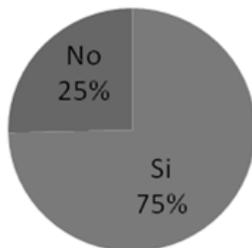
PREGUNTA 17: ¿Cree usted que es importante crear una legislación que controle la influencia del ruido en el interior de las áreas de oficina?

RESPUESTA: Si (), No ()



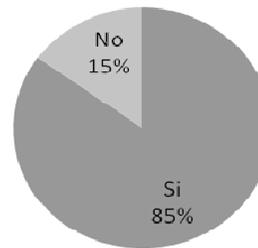
PREGUNTA 15: ¿Usted conoce y es consciente de los efectos que puede provocar el ruido en su trabajo y en su salud?

RESPUESTA: Si (), No ()



PREGUNTA 16: ¿Conoce de la existencia de una legislación que controle el ruido en el interior de las edificaciones?

RESPUESTA: Si (), No ()



Se preguntó las razones y las respuestas que dijeron que si, coinciden en decir que ello mejoraría la calidad de vida, un mejor desenvolvimiento en el trabajo, se cuidaría la salud auditiva exigiendo normas de diseño. Las personas que respondieron que no, opinan que si se debe controlar pero por parte de la misma institución.

CONCLUSIONES:

De acuerdo a los resultados obtenidos en la encuesta, se puede decir:

En primer lugar la población encuestada corresponde a un mayor porcentaje a hombres.

De las personas que trabajan en la oficina que se encuentra en contacto con la fachada un 33% considera que trabaja en un área ruidosa, mientras que un 23% piensa que no y de las personas que se ubican en las oficinas internas un 21% trabaja en un área ruidosa mientras que el 22% no, con lo que se puede ver que la respuesta es positiva en mayor porcentaje de los empleados cuyas oficinas tienen contacto con la fachada y por ende con el ruido exterior, es decir que el total de empleados que consideran que trabajan en un área ruidosa es el 56% del total de empleados que trabajan en las oficinas en contacto con las fachadas.



El nivel de la molestia de ruido oscila entre poco con 61% y mucho 20%, es decir que en un 81% si causa molestia.

La fuente de ruido que se piensa es la causante de producirlo es la del exterior del tráfico vehicular, y por el nivel del mismo si interrumpe las actividades normales de los empleados, principalmente afecta a la concentración y la comunicación-interferencia de la palabra.

Los trabajadores se sienten expuestos a los efectos del ruido,

pues les produce estrés, dolor de cabeza y en menor porcentaje molestias al oído.

Para evitar las molestias y efectos de ruido no se ha tomado ninguna medida, a pesar de estar conscientes del daño que conlleva. Se desconoce la existencia de una legislación que controle este aspecto y por ello un alto porcentaje opina que es necesario crear esta legislación.

En resumen como se puede evidenciar en los resultados de la encuesta, el problema existe y está afectando a la población que trabaja en los espacios laborales, en mayor o en menor proporción; en el caso de las personas que afirman tener molestias por el ruido y que en efecto interrumpe sus actividades se puede pensar que en realidad lo sienten o puede tratarse de una exageración, mientras que las personas que dicen no trabajar en áreas ruidosas y que por lo tanto no les afecta, es seguramente porque están acostumbrados o ya se habituaron a ese ruido, les es común ya que constantemente están sometidos a ese nivel, entonces es importante entender que la respuesta al ruido es diferente, sin embargo el problema está presente.

Para poder determinar realmente cual es el grado de afectación será necesario realizar un estudio mucho más minucioso a cargo de especialistas- médicos, que analicen a cada una de las personas y puedan emitir un resultado mucho más preciso.

3.3. DETERMINACIÓN DEL COMPORTAMIENTO ACÚSTICO

En los dos puntos anteriores que se han desarrollado en este capítulo se hace referencia a todos los aspectos que se creyeron importantes analizar para abordar la problemática en el sector de estudio.

Toda la información que arroja esta investigación y los datos tomados llevan finalmente a diagnosticar el comportamiento acústico de los espacios laborales y las condiciones en las que laboran las personas en estos espacios.

84

3.3.1. Respecto a la contaminación acústica en la ciudad de Loja

Después de analizar los datos obtenidos en un estudio anterior referente a los niveles de ruido en la ciudad y los datos registrados por cuenta propia en el sector central, se puede afirmar que en efecto la ciudad de Loja tiene una contaminación que responde a un nivel de 71dBA y en el sector de estudio se detecta un nivel de 69,1 dBA, que oscila entre 63 dBA el más bajo y 75 dBA el más alto, al respecto la Organización Mundial de la Salud (OMS) estima como cifras tope niveles de 55 decibeles durante el día, se puede decir que con respecto al promedio de 69 dBA esta rebasando 14 dBA y de 8 a 20 dBA en relación a los niveles extremos, por lo tanto se evidencia que hay una contaminación que se

ve afectada por el ruido aéreo de las fuentes exteriores, especialmente por el tráfico vehicular, afectando de esta forma negativamente al ambiente y por ende a las personas.

En lo que respecta a una normativa ecuatoriana, existe una norma técnica emitida por el Gobierno 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, en donde establece los límites de niveles permisibles de ruido ambiente para fuentes fijas y fuentes móviles, y para vibraciones, y los métodos y procedimientos para la determinación de los niveles de ruido. El objetivo es preservar la salud y bienestar de las personas, y del ambiente en general. En esta tabla de niveles máximos permitidos se hace alusión a cada uso de suelo, sin embargo no se verifica que esto se cumpla.

3.3.2. Respecto a las condiciones acústicas de los espacios laborales

a. Niveles de ruido detectados con sonómetro

En cuanto a lo que son los espacios laborales en los que se desenvuelven los empleados de las instituciones tanto público-gubernamentales como particular-bancario y despachos profesionales, se llega a determinar de forma directa con ayuda de un sonómetro un nivel

promedio de ruido ambiental interior de 59 dBA, comprendido entre 56 y 61,4 dBA como niveles más bajo y más alto respectivamente, en cuanto a estos niveles como ya se vio en el capítulo I, existen muchos estudios en donde se determinan los niveles aceptables por el oído humano, y los niveles adecuados considerando las condiciones del hombre en actividad y su comportamiento respecto a ese entorno laboral, primando de esta forma su calidad de vida. Cada autor tiene diferente criterio para ponderar estos niveles sin embargo se puede decir que hay una coincidencia y en otros casos son mínimas las fluctuaciones para determinarlos, con lo que se puede llegar a concluir que los niveles sonoros recomendados en oficinas oscilan entre 35 y 45 dBA, y las áreas de atención al público podrán alcanzar 55 dBA.

Por lo tanto comparando con los niveles obtenidos en las oficinas, caso de estudio, sobre el promedio se tiene un incremento de 24 dBA (considerando 35 dBA) y 14 dBA (considerando 45 dBA), con lo que se comprueba que en efecto las condiciones de las oficinas no son las óptimas acústicamente.

Si a estos datos se suman los niveles de ruido registrados según la ubicación (número de piso) y orientación (fachada o interna) de las oficinas en cada una de las instituciones, esta diferencia entre los niveles registrados y los recomendados

en oficinas es más alta en unos casos y más baja en otros.

Con ello se determina que el Consejo provincial alcanza un nivel de 61,4 dBA (diferencia de 26,4 y 16,4 con niveles recomendados) y los edificios del MIDUVI, MOP y despachos el nivel más bajo 56 dBA (diferencia de 21 dBA y 11 dBA con niveles recomendados), en cualquiera de los dos casos incluidos el resto de instituciones comprendidas entre estos rangos, existe una mala condición acústica, que en unos casos es más fuerte que en otros; inclusive si se desecharan los rangos de niveles recomendados para oficinas y solo consideramos el tope máximo determinado por la OMS que es de 55 dBA el problema persiste.

Además de registrar los niveles de ruido en el interior de las oficinas se tomaron simultáneamente los niveles exteriores para poder realizar una valoración estimada del proceso de inmisión o de la transmisión del ruido exterior en relación a las oficinas interiores, en donde se consideró la ubicación y orientación de las oficinas, con los datos obtenidos se puede observar que influyen en igualdad de condiciones el proceso de inmisión-transmisión aérea de ruido exterior- y el ruido de las personas por la propia actividad-transmisión estructural- en las oficinas del centro de la ciudad.

b. Niveles de ruido calculados de acuerdo a materiales componentes de edificaciones

Los materiales y técnicas de construcción utilizadas en las edificaciones difieren una de otra sobre todo las que han sido construidas con sistemas tradicionales en relación a las más recientes con hormigón armado.

En cuestiones acústicas juega un papel muy importante el material y los sistemas de conformación (en caso de ser mixto) de los diferentes elementos componentes de un espacio arquitectónico, pues ello generará o no un adecuado ambiente acústico.

En este caso, el tema de estudio se enfoca a lo que es el aislamiento acústico, como resultado de impedir la transmisión aérea del ruido hacia el interior de los espacios laborales.

Antes de continuar con el análisis, es importante indicar que existen algunos organismos internacionales que han normado el tema de la acústica tanto en lo que se refiere a ambientación acústica como a aislamiento acústico, entre ellas está la NBE-CA-88 Norma Básica de la Edificación- Condiciones Acústicas y el CTE Código Técnico de la Edificación, dedicados a regular las exigencias básicas de calidad de los edificios y sus instalaciones permitiendo dar

satisfacción a los requisitos básicos de la edificación con el fin de garantizar la seguridad de las personas, el bienestar de la sociedad, y la protección del medio ambiente. Estas entidades para facilitar el análisis de los diferentes aspectos determinan una serie de fórmulas que permiten la realización de cálculos matemáticos para llegar a conclusiones lo más cercanas a la realidad.

En base a estas formulas se analizan los materiales utilizados en la construcción de las edificaciones administrativas.

Considerando las características de las edificaciones observadas se puede deducir que las edificaciones menos afectadas son las construidas en hormigón armado y de éstas las que tienen una relación de vanos y llenos de 50-50, mientras que la más afectada por el ruido es el Consejo Provincial que está construido por el sistema tradicional mixto y una relación de vanos y llenos de 40-60, en el que el principal fenómeno que se evidencia es la transmisión aérea de ruido a través principalmente de las ventanas antes que por los muros.

c. Evaluación subjetiva de la influencia del ruido en las personas según la encuesta aplicada

Para determinar la influencia del ruido en los espacios laborales y poder realizar una evaluación

subjetiva, se recurrió a la aplicación de una encuesta como ya se había indicado anteriormente.

A pesar que las respuestas pueden ser múltiples se trató de conducir al encuestado para obtener los datos que realmente tenían relevancia para emitir los resultados de esta evaluación, con lo que fue posible conseguir información importante de la situación de estas personas frente al ruido. La intención es que esta apreciación subjetiva de los empleados se compare con los datos objetivos bien sea por los registrados in situ, como los cálculos matemáticos con la información de los materiales.

En efecto, los resultados de las encuestas arrojan que los empleados trabajan en una zona y espacio ruidoso, tienen molestias por el ruido, especialmente el proveniente del exterior (circulación vehicular), interrumpe sus actividades produciendo en mayor porcentaje efectos no clínicos como impedir la concentración y la comunicación y en menor porcentaje efectos clínicos como el estrés, dolor de cabeza y molestias del oído. La pérdida de concentración trae como consecuencia una disminución de la eficiencia en el trabajo, es decir bajo rendimiento, en particular cuando se trata de tareas de tipo intelectual, La interferencia a la palabra y a la comunicación oral es también otro efecto frecuente, que produce grandes inconvenientes.

Al respecto de los daños auditivos, en la tabla 13: Grado de hipoacusia, el umbral de audición y el déficit auditivo se determinan los rangos de daño considerando los niveles de ruido a los que se encuentra expuesta la persona: cuando el nivel de ruido oscila entre 25-40 dBA hay una dificultad de conversación y se produce una hipoacusia leve; cuando es de 40-55, la conversación es posible a 1 ó 1,5 m produciéndose una hipoacusia moderada, de esta forma comparando con los niveles interiores se está produciendo una hipoacusia moderada con tendencia a agravarse.

CAPÍTULO IV

MATERIALES Y SISTEMAS DE CONFORMACIÓN ACÚSTICA

88

Antes de pasar al último capítulo correspondiente a los parámetros y criterios de uso de materiales para el mejoramiento de las condiciones acústicas, es importante desarrollar el tema correspondiente a los materiales y sistemas acústicos que se pueden utilizar para el aislamiento del ruido.

Debido a la importancia del tema se creyó oportuno dejarlo en un capítulo separado y anterior al capítulo de propuesta.

Para conocer los materiales adecuados, primeramente se va a recurrir a una clasificación según el tipo de material.

4.1. CLASIFICACIÓN POR TIPO DE MATERIAL

Se distinguen los siguientes tipos de materiales, considerando los sistemas de conformación utilizados en la construcción de un espacio acústico:

4.1.1. Los *materiales porosos*

Se utilizan para la absorción. Son de estructura granular o fibrosa, siendo importante el espesor de la capa y la distancia de esta a la pared. El espesor del material se elige de acuerdo con el valor del coeficiente de absorción empleado, ya que si es demasiado delgado, se reduce el coeficiente de absorción a bajas frecuencias, mientras que si es muy grueso resulta muy caro. Son particularmente efectivos para atenuar las frecuencias elevadas. Los pequeños poros absorben las cortas longitudes de onda.

En un panel acústico, el incremento de su espesor aumenta la absorción principalmente a las frecuencias de 250, 500 y 1000Hz, con un efecto prácticamente despreciable fuera de este rango.

4.1.2. El diafragma

Es concebido para parar los sonidos graves para amortiguarlos (aislar). Los materiales como el isorel (cartón compactado) son eficaces para frecuencias que van hasta los 500Hz.

Se puede montar el material dejando un espacio de aire entre el mismo y la pared, aumenta la absorción a 250Hz y algo a 125Hz.. Existe también una disminución característica de absorción a 500Hz en todos los montajes con espacio de aire, pero no existe o es muy pequeño el cambio a frecuencias más altas. La mayoría de los materiales presentan cambios insignificantes en la absorción a medida que el espacio de aire se incrementa de 20 a 40 cm.

Otro método implica la suspensión de materiales dejando un espacio de aire en su interior. El aire opera en este caso como un pistón.

4.1.3. Los resonadores (ensamblaje de materiales de absorción)

Se utilizan para tratar las máximas de resonancia. Para esta técnica hay una absorción selectiva en una gama de frecuencias propia a la frecuencia de la sala.

4.1.4. Materiales para argamasa

Son materiales acústicos que se aplican en estado húmedo con paleta o pistola para formar superficies continuas de un espesor deseado. Estos materiales están compuestos de una mezcla de ingredientes secos, a los cuales se les añade un aglutinante líquido.

Los morteros acústicos se aplican normalmente a una capa de cemento o sobre cualquier otro material. La aplicación puede ser en dos o más capas, se utiliza con más frecuencia el método a pistola.

4.1.5. Sistemas de paneles *metálicos perforados*

Son aluminio o acero perforado, con un relleno de fibra mineral, siendo este relleno el elemento absorbente del sonido, de unos 3cm de espesor, con un sistema ignífugo.

El relleno se coloca en el panel durante la instalación y se mantiene separado del mismo con una rejilla, con el fin de facilitar las operaciones de limpieza conservando su absorción acústica.

El acabado de estos materiales es en esmaltes de alta calidad, que facilitan un lavado frecuente. Su aplicación más general es como techos acústicos

suspendidos, por su facilidad de montaje y de coordinación con los sistemas aire/luz.

Todos estos materiales tienen son buenos absorbentes acústicos variando sus valores en función de la forma de perforación, de la densidad y espesor del elemento absorbente, así como el espacio de aire existente detrás de él.

4.1.6. Sistemas de paneles rígidos

Tienen ventajas artísticas y de construcción frente a los materiales porosos, como son resistencias a los golpes, duración, posibilidad de pintado, barnizado.

La absorción de cada elemento del sistema se determina mediante los datos de construcción, tales como tipo de material, dimensiones del sistema, distancia a la que está colocada de la pared, forma de ensamblaje, debiendo prestar gran atención, ya que todo ello repercute en los parámetros acústicos del sistema.

Los sistemas de paneles rígidos se suelen emplear para corregir la absorción a bajas frecuencias creando un campo sonoro más difuso.

En la tabla 7, se indica el comportamiento de algunos materiales frente a la transmisión sonora. Es

importante destacar como inciden los espesores del material en las condiciones acústicas el material.

4.2. CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL – COEFICIENTE DE ABSORCIÓN

El coeficiente de absorción tiene una gran importancia para el comportamiento acústico de un ambiente, dependiendo de los coeficientes de absorción de los materiales y objetos que lo conforman.

En general, los materiales duros, como el hormigón o el mármol, son muy reflectores y por lo tanto poco absorbentes del sonido, y en cambio los materiales blandos y porosos, como la lana de vidrio, son poco reflectores y por consiguiente muy absorbentes.

Esta característica de los materiales ayuda a que se pueda elegir adecuadamente que material se debe emplear según los resultados que se quieran obtener.

En la tabla 30 y 31 se detallan los valores de absorción de varios materiales y en diferentes frecuencias, es claro como varían dichas características de un material a otro.

Material	Espesor mm.	Dens.	Centro bandas frecuencia octava Hz							
			63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Aluminio	1	2,6	8	11	10	11	17	24	25	30
Acero	1	7	3	7	15	19	25	32	37	39
Acero	1,5	13	9	13	22	28	32	38	42	41
Plomo	1,5	17	21	29	32	34	32	32	34	37
Plomo	3	34	25	31	32	28	37	43	33	39
Vidrio	3	7	11	15	15	20	23	29	26	31
Vidrio	6	14	17	11	24	29	31	26	36	39
Vidrio	10	23	19	23	25	32	31	31	40	42
Aglomerado madera	12	4	9	11	16	19	26	30	32	36
Madera sólida	50	25	14	20	22	25	31	38	43	45
Cartón yeso	10	7	10	14	21	23	30	31	36	38
Ladrillo hueco sencillo enlucido	60	75	25	31	30	29	30	39	44	49
Ladrillo hueco doble	120	94	27	30	30	32	40	46	52	56
Ladrillo medio pie macizo	150	186	36	41	35	43	51	59	64	68
Losa hormigón	100	220	31	37	36	45	51	60	62	64
Losa hormigón	300	700	37	41	45	53	60	63	67	72
Puerta ligera	45	9	9	14	17	19	18	21	26	29
Puerta acústica	60	-	35	37	40	45	50	57	59	63
Ventana simple marco aluminio	100	-	17	11	24	28	32	28	35	41
Ventana simple marco aluminio	25	63	25	27	30	30	34	44	48	54
Ventana doble 2 vidrios 9mm	-	35	19	25	30	34	40	45	54	50
Ventana doble 2 vidrios 6 y 9mm	-	44	26	35	46	57	60	56	66	72
Pared doble ladrillos sencillos	-	140	28	34	36	36	38	49	60	67
Pared doble ladrillos macizos	-	380	28	33	34	41	55	72	76	79

TABLA 30: COMPORTAMIENTO DE MATERIALES FRENTE A TRANSMISIÓN SONORA.
FUENTE: Carrión Isbert, Antoni (2001). Diseño acústico de espacios arquitectónicos.

MATERIAL	COEFICIENTE DE ABSORCIÓN ALFA A LA FRECUENCIA					
	125	250	500	1000	2000	4000
Hormigón sin pintar	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,04
Hormigón pintado	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02
Ladrillo visto sin pintar	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,05
Ladrillo visto pintado	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02
Revoque de cal y arena	0,04	0,05	0,06	0,08	0,04	0,06
Placa de yeso (Durlock) 12 mm a 10 cm	0,29	0,1	0,05	0,04	0,07	0,09
Yeso sobre metal desplegado	0,04	0,04	0,04	0,06	0,06	0,03
Mármol o azulejo	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02
Madera en paneles (a 5 cm de la pared)	0,3	0,25	0,2	0,17	0,15	0,1
Madera aglomerada en panel	0,47	0,52	0,5	0,55	0,58	0,63
Parquet	0,04	0,04	0,07	0,06	0,06	0,07
Parquet sobre asfalto	0,05	0,03	0,06	0,09	0,1	0,22
Parquet sobre listones	0,2	0,15	0,12	0,1	0,1	0,07
Alfombra de goma 0,5 cm	0,04	0,04	0,08	0,12	0,03	0,1
Alfombra de lana 1,2 kg/m ²	0,1	0,16	0,11	0,3	0,5	0,47
Alfombra de lana 2,3 kg/m ²	0,17	0,18	0,21	0,5	0,63	0,83
Cortina 338 g/m ²	0,03	0,04	0,11	0,17	0,24	0,35
Cortina 475 g/m ² fruncida al 50%	0,07	0,31	0,49	0,75	0,7	0,6
Espuma de poliuretano (Fonac) 35 mm	0,11	0,14	0,36	0,82	0,9	0,97
Espuma de poliuretano (Fonac) 50 mm	0,15	0,25	0,5	0,94	0,92	0,99
Espuma de poliuretano (Fonac) 75 mm	0,17	0,44	0,99	1,03	1	1,03
Espuma de poliuretano (Sonex) 35 mm	0,06	0,2	0,45	0,71	0,95	0,89
Espuma de poliuretano (Sonex) 50 mm	0,07	0,32	0,72	0,88	0,97	1,01
Espuma de poliuretano (Sonex) 75 mm	0,13	0,53	0,9	1,07	1,07	1
Lana de vidrio (fieltro 14 kg/m ³) 25 mm	0,15	0,25	0,4	0,5	0,65	0,7
Lana de vidrio (fieltro 14 kg/m ³) 50 mm	0,25	0,45	0,7	0,8	0,85	0,85
Lana de vidrio (panel 35 kg/m ³) 25 mm	0,2	0,4	0,8	0,9	1	1
Lana de vidrio (panel 35 kg/m ³) 50 mm	0,3	0,75	1	1	1	1
Ventana abierta	1	1	1	1	1	1
Vidrio	0,03	0,02	0,02	0,01	0,07	0,04
Panel cielorraso Spanacustic (Manville) 19 mm	-	0,80	0,71	0,86	0,68	-
Panel cielorraso Acustidom (Manville) 4 mm	-	0,72	0,61	0,68	0,79	-
Panel cielorraso Prismatic (Manville) 4 mm	-	0,7	0,61	0,7	0,78	-
Panel cielorraso Perfil (Manville) 4 mm	-	0,72	0,62	0,69	0,78	-
Panel cielorraso fisurado Auratone (USG) 5 /8"	0,34	0,36	0,71	0,85	0,68	0,64
Panel cielorraso fisurado Cortega (AWI) 5 /8"	0,31	0,32	0,51	0,72	0,74	0,77
Asiento de madera (0,8 m ² /asiento)	0,01	0,02	0,03	0,04	0,06	0,08
Asiento tapizado grueso (0,8 m ² /asiento)	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44
Personas en asiento de madera (0,8 m ² /persona)	0,34	0,39	0,44	0,54	0,56	0,56
Personas en asiento tapizado (0,8 m ² /persona)	0,53	0,51	0,51	0,56	0,56	0,59
Personas de pie (0,8 m ² /persona)	0,25	0,44	0,59	0,56	0,62	0,5

TABLA 31: COEFICIENTES DE ABSORCIÓN
FUENTE: Carrión Isbert, Antoni (2001). Diseño acústico de espacios arquitectónicos.

4.3. MATERIALES Y SISTEMAS DE AISLAMIENTO ACÚSTICO

Existen en el medio algunos **materiales** que por sus características se utilizan con fines acústicos, el tratamiento al que se acuda estará en función de las características de los espacios. El éxito dependerá de su disposición en la conformación de los elementos del espacio.

Se los puede encontrar solos o unidos a otros materiales igualmente absorbentes conformando un solo elemento que garantizan altas características acústicas.

A estos materiales se los utiliza en el tratamiento acústico de paredes, techos y pisos.

A continuación en las tablas 32, 33, y 34 se indican algunos de los materiales que por sus características se los usa con fines acústicos.

En las tablas se hace una descripción de cada material y se destacan sus características en cuanto a su uso acústico, cada uno de ellos tiene diferentes formas y formatos en el mercado para poder ser utilizados, ello dependerá de la empresa, que previo realiza ensayos termo-acústicos que se detallan en sus especificaciones, a pesar de ello, será importante recurrir a cálculos matemáticos o a pruebas de laboratorio una vez que se haya determinado la estructura completa del elemento que va a

recibir el tratamiento correspondiente.

El optar por uno de ellos estará en función de la facilidad de obtenerlo, cuestiones económicas y por los requerimientos del espacio en particular. En algunos casos será más factible utilizar uno que otro material, por lo que se deberá atender a la facilidad de obtención que muchas de las veces estará ligado a una economía más baja.

En las tablas 34, 35, 36 y 37 se indican algunos **sistemas de conformación** que se emplean para mejorar las condiciones acústicas de paredes, de cielos falsos y de pisos, en este caso se estará hablando bien sea de la utilización de un solo material en la conformación del elemento en cuestión cuya denominación sería simple o la utilización de varios materiales en la conformación de un solo elemento, en este caso se denominaría mixto; en cualquiera de los dos casos estará condicionado a los resultados que se desean obtener y por las características del medio en el que va a funcionar el espacio en particular.

En el caso de las cámaras con relleno, se utilizará un material altamente absorbente a elección según el requerimiento.

MATERIALES ACÚSTICOS PARA PAREDES, PISOS Y TECHOS

MATERIALES 1

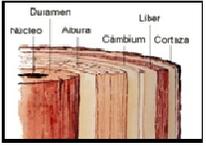
MATERIAL	DESCRIPCIÓN	CARACTERÍSTICAS
 <p>LANA DE VIDRIO</p>	<p>Producto natural, inorgánico y mineral, que gracias a su estructura elástica y fibrosa (fibras entrelazadas) presenta valores inmejorables de absorción y amortiguación acústica.</p>	<ul style="list-style-type: none"> •Acondiciona y aísla acústicamente los locales. •La absorción aumenta con el espesor y con la densidad. • Permite absorciones sonoras muy altas. • Protege a las personas de las agresiones acústicas. • Debe ser separada del ambiente acústico mediante paneles protectores. • Los paneles protectores son planchas de materiales celulósicos. • La lana de vidrio es incombustible por naturaleza y por lo tanto nunca va a ser origen de un incendio.
 <p>LANA MINERAL</p>	<p>Filtro de lana de roca volcánica, cosido a una malla de acero galvanizado por medio de hilos de acero. El bajo contenido de resina permite al producto conservar todas sus características mecánicas a altas temperaturas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> •Excelentes prestaciones de aislamiento térmico, acústico y prevención contra el fuego. •Reacción al fuego, NO – No combustible •Resistencia a altas temperaturas. • Facilidad de montaje.
 <p>POLIURETANO FLEXIBLE</p>	<p>Nombre genérico de materiales fabricados mediante una polimerización de uretano. El poliuretano flexible, es un material plástico poroso formado por una agregación de burbujas, que se presentan en forma de cuñas anecoicas, esta estructura superficial se comporta como una trampa de sonido, ya que el sonido que incide sobre la superficie de una cuña se refleja varias veces en esa cuña y en la contigua, aumentando la superficie efectiva de tres veces o más.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Material muy versátil, se pueden conseguir características muy distintas y espumas destinadas a usos muy diferentes, en piezas para el relleno interior de tabiques. • Su densidad en: libras por pié cúbico (pcf) o kilogramos por metro cúbico (kg/m3). • La firmeza del poliuretano es independiente de su densidad. • Su peso es reducido y hay ausencia de goteo en caso de incendio. • Las planchas o paneles son fácilmente ajustables a cualquier necesidad. • Resistencia al agua, agua salada, aceites, ácidos muy diluidos y soluciones alcalinas, no es afectada por hongos, bacterias y malos olores, elimina ruidos excesivos. • Se las encuentra en planchas de varios tamaños y espesores, en placas texturadas, como revestimiento a la vista en ambientes.
 <p>LA MADERA</p>	<p>Sustancia dura y resistente que constituye el tronco de los árboles y se ha utilizado durante miles de años como combustible y como material de construcción. .</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Es un recurso natural, abundante y renovable, con prácticas responsables de manejo forestal. • Sus fibras la convierten en un material absorbente, que varía de una especie a otra. • La construcción de madera manufactura y su manufactura necesita menos energía y produce menos impactos ambientales. •Se la puede utilizar de forma rústica (en estado natural) , en su estado de madera labrada (cuando tiene un trabajo manual previo) y como madera aserrada donde hay un proceso industrial con maquinaria en fábrica, obteniéndose paneles prefabricados.

TABLA 32: MATERIALES ACÚSTICOS PARA PAREDES, PISOS Y TECHOS

FUENTE: Rosa E. Medina A., de varias fuentes

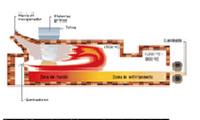
MATERIALES ACÚSTICOS PARA PAREDES, PISOS Y TECHOS		
		MATERIALES 2
MATERIAL	DESCRIPCIÓN	CARACTERÍSTICAS
	<p>Es la corteza externa que crece sobre el árbol alcornoque, es un producto natural, compuesto por células muertas y aire, que se extrae de las ramas y tronco. El corcho se retira del árbol una vez cada década. Deben pasar 45 años para que sea suave y de buena calidad.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • El corcho está formado por muchas células, adheridas unas a otras y llenas de aire, su densidad es muy baja. • El corcho tiene la particularidad de ser un excelente aislante acústico tanto para paredes y suelos como para el techo. • Es inodoro, higiénico y su combustión no es habitual. • Se fabrican paneles de corcho que se colocan como material aislante. • Se lo utiliza como revestimiento aislante, para cubrir paredes, suelos, techos, etc.
EL CORCHO		
	<p>El vidrio se fabrica a partir de una mezcla compleja de compuestos vitrificantes, como sílice o dióxido de silicio (SiO₂), fundentes, como los álcalis, y estabilizantes, como la cal. Es una sustancia amorfa porque no es ni un sólido ni un líquido, sino esta en estado vítreo. También se encuentra en la naturaleza: en la obsidiana, un material volcánico, o en las tectitas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • El vidrio fundido es maleable y se le puede dar forma mediante diversas técnicas. En frío, puede ser tallado. A bajas temperaturas es quebradizo y se rompe con fractura concoidea (en forma de concha de mar). • La densidad relativa (densidad con respecto al agua) va de 2 a 8, es decir, el vidrio puede ser más ligero que el aluminio o más pesado que el acero. • Tiene una densidad de 2500 Kg/m³, lo cual le otorga al vidrio plano un peso de 2,5 Kg/m² por cada milímetro de espesor. • El uso del vidrio en la arquitectura es imprescindible cuando se requiere establecer una delimitación entre ambientes que garantice, a la vez, condiciones de visibilidad, iluminación y aislamiento acústico. • Se puede mejorar las condiciones acústicas utilizando doble vidrio con cámara de aire.
EL VIDRIO		
	<p>Se fabrica añadiendo un agente espumante al vidrio triturado y calentando la mezcla hasta el punto de reblandecimiento. El agente espumante libera un gas que produce una multitud de pequeñas burbujas dentro del vidrio.</p>	<p>La espuma de vidrio es empleada en flotadores o como aislante.</p>
ESPUMA VIDRIO		

TABLA 33: MATERIALES ACÚSTICOS PARA PAREDES, PISOS Y TECHOS

FUENTE: Rosa E. Medina A., de varias fuentes.

MATERIALES ACÚSTICOS PARA PAREDES, PISOS Y TECHOS

MATERIALES 3

MATERIAL	DESCRIPCIÓN	CARACTERÍSTICAS
	Es un bloque de arcilla cocida, que puede ser macizo o perforado que es el conocido como ladrillo acústico o ladrillo perforado, hecho en fábrica, se caracteriza por los huecos producidos en su interior, generando una cámara que impide el paso del sonido.	La calidad final de un edificio depende en gran medida de su aislamiento acústico y éste, a su vez, de la correcta resolución de las paredes. Por lo tanto los ladrillos o tabiques acústicos utilizados en las paredes juegan un papel importante, con los que se puede alcanzar un mayor o menor grado de aislación utilizado un solo paramento o dos dejando una junta o un vacío o rellenando con otro material para subir aún más el coeficiente de absorción.
LADRILLO		
	Mineral común consistente en sulfato de calcio hidratado. Es un tipo de roca sedimentaria, formada por la precipitación de sulfato de calcio en el agua del mar. Se origina también en zonas volcánicas por la acción de ácido sulfúrico sobre minerales con contenido en calcio; también se encuentra en muchas arcillas.	Se procesan en planchas de varios tamaños (por ejemplo: 2.44 x 1.22 x 0.01 de espesor), para ser utilizadas en recubrimientos ya sean de cielos falsos o paredes, este tratamiento se lo hace complementado con fibra de vidrio para finalmente obtener resultados óptimos de aislamiento.
YESO		
	Consiste en un tejido grueso, normalmente de lana, con que se cubren los suelos. El término alfombra proviene del árabe aljumra, que significaba 'esterilla'.	<ul style="list-style-type: none"> • El tratamiento acústico de pisos se realiza con alfombras, las cuales son más efectivas si se colocan sobre o bajo alfombras porosas de fibra vegetal (arpillera, yute) o poliéster. • No sólo absorbe el sonido, sino que también atenúan los ruidos de pisadas u objetos que caen o rozan el suelo. • A igual estructura, la absorción de una alfombra aumenta con el espesor. El tipo de fibra constitutiva de una alfombra (lana, nylon) no afecta significativamente a su coeficiente de absorción.
ALFOMBRAS		
	Tela que por lo común cuelga de puertas y ventanas como adorno o para aislar de la luz y de miradas ajenas.	<ul style="list-style-type: none"> • Se aprovechan como absorbentes sonoros, especialmente cuando forman parte del diseño arquitectónico con algún fin estético o funcional. • A mayor separación de la pared, mayor efectividad en la absorción. • También es importante la porosidad, una cortina de tela gruesa, de terciopelo, etc., será muy absorbente. La absorción también aumenta con el plegado, fruncido o drapeado, es decir la relación entre el área efectivamente ocupada por la cortina y el área de la cortina estirada. Una cortina fruncida al 50% duplica su coeficiente de absorción.
CORTINADOS		

TABLA 34: MATERIALES ACÚSTICOS PARA PAREDES, PISOS Y TECHOS

FUENTE: Rosa E. Medina A., de varias fuentes.

SISTEMAS DE CONFORMACIÓN ACÚSTICA	
SIST. 1	
PAREDES	
	<p>1 PARED DE LADRILLO PERFORADO EL LADRILLO PERFORADO MEJORA LAS CONDICIONES DE AISLAMIENTO, EN ESTE CASO SE UTILIZAN DOS PAREDES DE LADRILLO</p> <p>2 ENLUCIDO MORTERO DE CEMENTO EL ENLUCIDO SE LO HACE ÚNICAMENTE EN LA CARA EXTERIOR DE LAS PAREDES, EN CONTACTO CON LOS ESPACIOS</p> <p>3 CAMÁRA DE AIRE ESPACIO DE SEPARACIÓN ENTRE PAREDES</p> <p>4 BANDA DESOLIDARIZADORA BANDA HERMÉTICA PARA EVITAR LA TRANSMISIÓN DE RUIDO</p> <p>5 LOSA</p>
<p>1 SISTEMA SIMPLE: DOS PAREDES DE LADRILLO CON CÁMARA</p>	
	<p>1 PARED DE LADRILLO PERFORADO SE UTILIZAN DOS PAREDES DE LADRILLO PERFORADO</p> <p>2 ENLUCIDO MORTERO DE CEMENTO ENLUCIDO EN CARAS EXTERIORES DE PAREDES</p> <p>3 RELLENO ACÚSTICO - MATERIAL ACÚSTICO ESTE MATERIAL ACÚSTICO PUEDE SER PANELES DE: LANA DE VIDRIO, LANA MINERAL O POLIURETANO FLEXIBLE. SE PUEDEN UTILIZAR UNO O DOS DEPENDIENDO DE LOS ESPESORES Y DE LAS CARACTERÍSTICAS QUE SE QUIERAN OBTENER</p> <p>4 BANDA DESOLIDARIZADORA BANDA HERMÉTICA PARA EVITAR LA TRANSMISIÓN DE RUIDO</p> <p>5 LOSA</p>
<p>2 SISTEMA MIXTO: DOBLE PARED DE LADRILLO CON RELLENO AISLANTE</p>	
	<p>1 PARED DE LADRILLO MACISO - PARED EXTERIOR</p> <p>2 PARED DE LADRILLO PERFORADO ENLUCIDA - PARED INTERIOR</p> <p>3 MATERIAL ACÚSTICO PANELES DE: LANA DE VIDRIO, LANA MINERAL O POLIURETANO FLEXIBLE, ESPESOR VARIABLE</p> <p>4 AISLAMIENTO PERIMETRAL</p> <p>5 AISLAMIENTO SUELO</p> <p>6 LOSA</p>
<p>3 SISTEMA MIXTO: DOBLE PARED DE LADRILLO (EXT.-INT.) CON RELLENO AISLANTE</p>	

TABLA 35: SISTEMAS DE CONFORMACIÓN ACÚSTICA PARA PAREDES.
FUENTE: Rosa E. Medina A., de Manual de Aislamiento Acústico - COMPO ACUSTIC⁴¹

⁴¹ Manual de Aislamiento Acústico - COMPOSAN. De: www.composan.com.

SISTEMAS DE CONFORMACIÓN ACÚSTICA	
SIST. 2	
PAREDES	
	<p>1 PARED DE LADRILLO MACISO - PARED EXTERIOR</p> <p>2 PLACA DE YESO - PARED INTERIOR PUEDEN SER UNO O DOS PANELES DEPENDIENDO DE LAS CARACTERÍSTICAS QUE SE QUIERAN OBTENER</p> <p>3 MATERIAL ACÚSTICO PANELES DE: LANA DE VIDRIO, LANA MINERAL O POLIURETANO FLEXIBLE, ESPESOR VARIABLE</p> <p>4 ESTRUCTURA DE ANCLAJE PANEL ACÚSTICO</p> <p>5 AISLAMIENTO PERIMETRAL</p> <p>6 AISLAMIENTO SUELO</p> <p>7 LOSA</p> <p>8 ESTRUCTURA METÁLICA</p>
<p>4 SISTEMA MIXTO: PARED DE LADRILLO (EXT.) • PLACA DE YESO (INT.) • R. AISLANTE</p>	
	<p>1 PARED DE LADRILLO PERFORADO - PARED EXTERIOR ENLUCIDO POR AMBAS CARAS</p> <p>2 PLACA DE YESO - PARED INTERIOR PUEDEN SER UNO O DOS PANELES DEPENDIENDO DE LAS CARACTERÍSTICAS QUE SE QUIERAN OBTENER</p> <p>3 MATERIAL ACÚSTICO PANELES DE: LANA DE VIDRIO, LANA MINERAL O POLIURETANO FLEXIBLE, ESPESOR VARIABLE</p> <p>4 ESTRUCTURA DE ANCLAJE PANEL ACÚSTICO</p> <p>5 BANDA DESOLIDARIZADORA</p> <p>6 LOSA</p>
<p>5 SISTEMA MIXTO: PAREDES DE LADRILLO • DOBLE PLACA DE YESO • RELLENO AISLANTE</p>	
	<p>1 PLACA DE YESO DOS PLACAS EN CARAS EXTERIORES Y UNO INTERMEDIO ENTRE PANELES DE MATERIAL ACÚSTICO</p> <p>2 MATERIAL ACÚSTICO PANELES DE: LANA DE VIDRIO, LANA MINERAL O POLIURETANO FLEXIBLE, ESPESOR VARIABLE</p> <p>3 CAMARA DE AIRE, IGUAL ESPESOR QUE PANEL</p> <p>4 ESTRUCTURA DE ANCLAJE PANEL ACÚSTICO</p> <p>5 BANDA DESOLIDARIZADORA</p> <p>6 LOSA</p>
<p>6 SISTEMA MIXTO: DOBLE PLACA DE YESO • RELLENO AISLANTE • P. YESO INTERMEDIO</p>	

TABLA 36: SISTEMAS DE CONFORMACIÓN ACÚSTICA PARA PAREDES.
FUENTE: Rosa E. Medina A., de Manual de Aislamiento Acústico - COMPO ACUSTIC⁴²

⁴² Ibidem

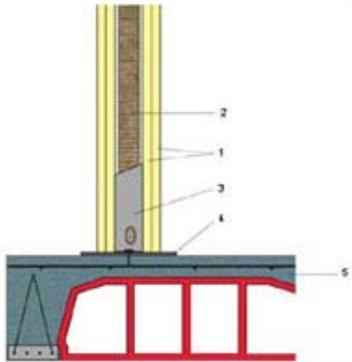
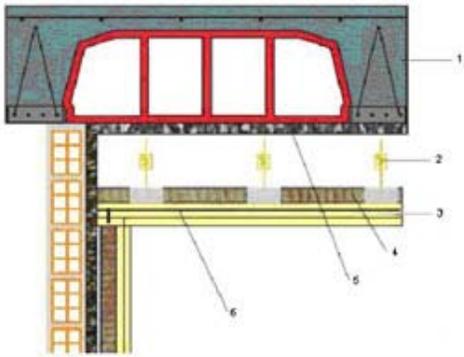
SISTEMAS DE CONFORMACIÓN ACÚSTICA	
SIST. 3	
PAREDES - TECHOS	
	<p>1 PLACA DE YESO DOS PANELES DOBLES EN CARAS EXTERIORES, PUEDE SER SÓLO UNO DEPENDIENDO DE LAS CARACTERÍSTICAS QUE SE QUIERAN OBTENER</p> <p>2 MATERIAL ACÚSTICO PANELES DE: LANA DE VIDRIO, LANA MINERAL O POLIURETANO FLEXIBLE, ESPESOR VARIABLE</p> <p>3 ESTRUCTURA DE ANCLAJE PANEL ACÚSTICO</p> <p>4 BANDA DESOLIDARIZADORA</p> <p>5 LOSA</p>
<p>7 SISTEMA MIXTO: DOBLE PLACA DE YESO + RELLENO AISLANTE</p>	
	<p>1 LOSA</p> <p>2 AMORTIGUADORES DE ACERO</p> <p>3 PLACAS DE YESO PUEDEN SER UNO, DOS O TRES PLACAS DEPENDIENDO DE LAS CARACTERÍSTICAS QUE SE QUIERAN OBTENER</p> <p>4 - 5 MATERIAL ACÚSTICO PANELES DE: LANA DE VIDRIO, LANA MINERAL O POLIURETANO FLEXIBLE, ESPESOR VARIABLE</p> <p>6 LÁMINA AISLANTE</p>
<p>8 SISTEMA MIXTO SUSPENDIDO: PLACAS DE YESO + CÁMARA DE AIRE + PANEL AISLANTE</p>	

TABLA 37: SISTEMAS DE CONFORMACIÓN ACÚSTICA PARA PAREDES.
FUENTE: Rosa E. Medina A., de Manual de Aislamiento Acústico - COMPO ACUSTIC⁴³

En los sistemas se observan las formas de fusionar diferentes materiales, tanto materiales constructivos normales como materiales acústicos. En el caso de las paredes de ladrillo, es mejor utilizar ladrillos perforados (huecos) y los materiales acústicos pueden ser cualquiera de las tablas citadas anteriormente.

Se hace referencia a los sistemas acústicos de paredes, techos y pisos, sin embargo el interés radica en el tratamiento de paredes ya que según el estudio que se ha realizado en los edificios administrativos de la ciudad de Loja el principal contaminante es el ruido exterior, lo que implica que se trabaje con las fachadas de las edificaciones, es decir con las paredes exteriores.

⁴³ Ibidem

SISTEMAS DE CONFORMACIÓN ACÚSTICA	
SIST. 4	
PISOS	
	<p>1 AISLAMIENTO PERIMETRAL</p> <p>2 PARED DE LADRILLO PERFORADO</p> <p>3 MATERIAL ACÚSTICO PANELES DE: LANA DE VIDRIO, LANA MINERAL O POLIURETANO FLEXIBLE, ESPESOR VARIABLE</p> <p>4 LAMINA ANTI-IMPACTOS</p> <p>5 TACOS ANTI-IMPACTOS</p> <p>6 LOSA DE COMPRESIÓN</p> <p>7 LOSA</p>
<p>9 SISTEMA MIXTO: LOSA COMPRESIÓN + PLACA AISLANTE SOBRE LOSA</p>	
	<p>1 PARED DE LADRILLO PERFORADO</p> <p>2 AISLAMIENTO PERIMETRAL</p> <p>3 LAMINA DE MATERIAL ACÚSTICO</p> <p>4 MATERIAL DE ACABADO DE PISO - MADERA O ALFOMBRA</p> <p>5 LOSA</p>
<p>10 SISTEMA MIXTO: MATERIAL DE PISO (MADERA - ALFOMBRA) + L. AISLANTE SI LOSA</p>	
	<p>1 PARED DE LADRILLO PERFORADO</p> <p>2 AISLAMIENTO PERIMETRAL</p> <p>3 MATERIAL ACÚSTICO PANELES DE: LANA DE VIDRIO, LANA MINERAL O POLIURETANO FLEXIBLE, ESPESOR VARIABLE</p> <p>4 LAMINA ANTI-IMPACTOS</p> <p>5 LOSA DE COMPRESIÓN</p> <p>6 LOSA</p>
<p>11 SISTEMA MIXTO: LOSA COMPRESIÓN + PLACA AISLANTE SOBRE LOSA</p>	

TABLA 38: SISTEMAS DE CONFORMACIÓN ACÚSTICA PARA PAREDES.
FUENTE: Rosa E. Medina A., de Manual de Aislamiento Acústico - COMPO ACUSTIC⁴⁴

⁴⁴ Ibidem

CAPÍTULO V

PARÁMETROS Y CRITERIOS DE USO DE MATERIALES PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS CONDICIONES ACÚSTICAS

En los apartados anteriores se ha definido el tema de estudio con todos los componentes que deben considerarse y se ha diagnosticado como influyen el ruido en las actividades de las personas involucradas en el problema llegando a valorar acústicamente los espacios laborales.

Con esta información es posible que se llegue a establecer una propuesta en donde se pueda emitir ciertos criterios y parámetros a considerar al momento de decidir cuáles son los materiales y sistemas de conformación óptimos para utilizar en la construcción de edificaciones administrativas con el fin de conseguir espacios laborales confortables en términos acústicos.

5.1. MATERIALES Y SISTEMAS DE CONFORMACIÓN ACÚSTICA IDÓNEOS

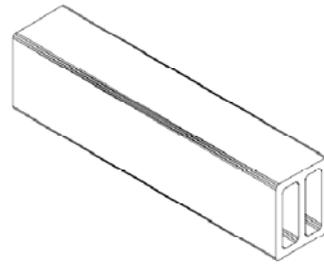
Los materiales en la acústica juegan un papel muy importante, pues deben tener las características

apropiadas y específicas para que ayuden a crear los espacios propicios para el desarrollo de las actividades, especialmente aquellas de tipo administrativo que requieren ciertas condiciones para funcionar como tal.

Como el caso de estudio se enfoca a disminuir el ruido en áreas laborales, y según los datos obtenidos en el diagnóstico, uno de los problemas es la transmisión aérea del ruido exterior hacia el interior de las oficinas, el elemento que está expuesto a este proceso son los muros y vanos de la fachada o envolvente del edificio que es la que está en contacto directo con el exterior.

Es por ello que el tipo de material o tratamiento que se vaya a utilizar en estas superficies para conseguir aislar el ruido, dependerá del material que se encuentre conformándolas, así se puede recurrir a algunas opciones tanto en materiales como en los sistemas de conformación.

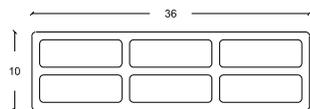
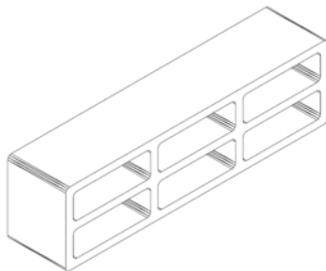
En el capítulo anterior ya se hizo referencia a los materiales que por sus características se los utiliza para conseguir condiciones acústicas determinadas. Para el caso de la ciudad de Loja, considerando los materiales que se utilizan actualmente, en el medio se encuentran algunos materiales, que unidos a adecuados sistemas de conformación de los elementos se pueden obtener espacios laborales confortables, se tienen los siguientes:



Para muros ciegos:

- Ladrillo estructural (ladrillo perforado – 6 perforaciones)

LARGO: 36 cm
ALTO: 0,08 cm
ESPESOR: 10 cm

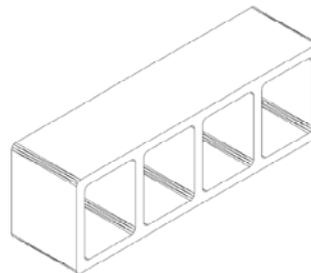
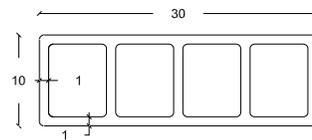


- Ladrillo perforado (2 caras vistas)

LARGO: 30 cm
ALTO: 10 cm
ESPESOR: 0,8 cm

- Ladrillo 2 y 4 caras vistas (perforado – 4 perforaciones)

LARGO: 30 cm
ALTO: 10 cm
ESPESOR: 0,8 cm



- Ladrillo mamparán grande (macizo)

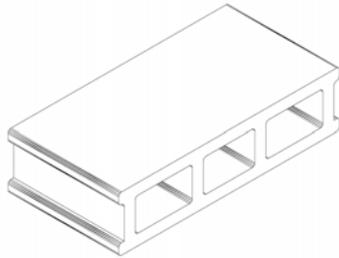
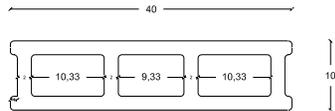
LARGO: 30 cm
ALTO: 15 cm
ESPESOR: 0,9 cm

- Ladrillo mamparán pequeño (macizo)

LARGO: 25 cm
 ALTO: 10 cm
 ESPESOR: 0,8 cm

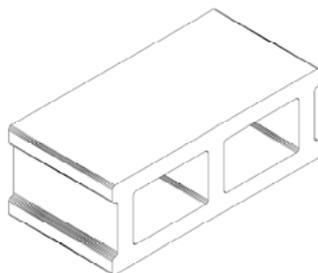
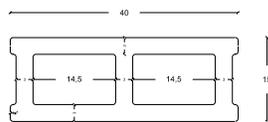
- Bloque estructural (3 perforaciones)

LARGO: 40 cm
 ALTO: 20 cm
 ESPESOR: 10 cm
 15 cm
 20 cm



- Bloque liviano (2 perforaciones)

LARGO: 40 cm
 ALTO: 20 cm
 ESPESOR: 10 cm
 15 cm
 20 cm



Para divisiones interiores:

Los mismos materiales anteriores incluyendo:

- Placas de yeso

LARGO: 2,44 m
 ANCHO: 1,22 m
 ESPESOR: 12mm

- Placas de madera, depende del tipo de acuerdo al uso, generalmente se encuentran de:

LARGO: 2,44 m
 ANCHO: 1,22 m
 ESPESOR: 12mm

Para relleno aislante:

Hay empresas que ofrecen una variedad de materiales que sirven como aislante de ruido, entre ellos se tienen, especialmente:

- Lana de vidrio, cuya presentación comercial es en rollos.

LARGO: 18,00 m
 ANCHO: 1,20 m
 ESPESOR: 30 mm; 38 mm; 0,50 mm; 0,75 mm.

- Lana mineral

DENSIDAD: 70, 80, 100 Kg/m³
 ESPESOR: (2') 50mm; (4') 100mm; (6') 150mm.

Para vanos-ventanas:

En el mercado se pueden encontrar diferentes tipos de vidrio y de varios espesores, normalmente en ventanas se utiliza vidrio claro de 4mm, y dependiendo de las características puede subir a 6, 8 o 10 mm. Las ventanas comprenden

además del vidrio marcos de madera, metal, aluminio o simplemente ninguna perfilería.

Para poder determinar cuál de estos materiales se ajusta a los requerimientos acústicos óptimos en los espacios laborales, es necesario hacer simulaciones por medio de cálculos matemáticos, de esta aplicación se pueden diseñar elementos simples o elementos compuestos, de acuerdo a las características particulares del paramento y del espacio.

5.2. PARÁMETROS PARA LA SELECCIÓN DE MATERIALES MEDIANTE CÁLCULO ACÚSTICO

104

El paso siguiente después de tener claro cuáles son los materiales de los que se dispone y de sus características físicas, dimensiones, peso, masa, etc., es necesario aplicar las fórmulas establecidas por las entidades que han estudiado el fenómeno del ruido y que definen cálculos para determinar las características requeridas. En el caso del siguiente estudio se ha recurrido al uso de las fórmulas matemáticas de la Norma Básica de la Edificación y del Código Técnico de la Edificación.

Como el estudio acústico se va a focalizar a la fachada de los edificios administrativos, los cálculos matemáticos de las condiciones acústicas que se van a centrar en los paramentos verticales es decir las paredes exteriores de las fachadas.

Para el efecto se ha desarrollado una hoja de cálculo de tal forma que se ingresen los datos según las características de los materiales a utilizar, con lo que se podrá determinar las condiciones acústicas que se obtendrán en obra.

La hoja de cálculo comprende dos partes, que son necesarias para determinar el aislamiento global a_g de la fachada:

En la **primera parte**, se realiza el cálculo de las **partes ciegas** que componen la fachada, que al mismo tiempo puede servir para calcular paredes divisorias interiores. Hay dos tipos de partes ciegas:

- **Paredes simples**, es decir monolíticas con la utilización de un solo material para la pared, cuyas características son suficientes para lograr un aislamiento acústico. En este caso para calcular el aislamiento de la pared con ese material en particular, se considerará el material de revestimiento que generalmente son revestimientos de mortero de cemento.
- **Paredes compuestas**, que se refiere a los sistemas de conformación de varias capas o materiales para conseguir las condiciones acústicas requeridas. Generalmente se van a mezclar materiales rígidos con materiales absorbentes para asegurar un adecuado aislamiento.

En el cálculo de las partes ciegas se utilizaron, como ya se había indicado antes, las fórmulas planteadas por la Norma Básica de la Edificación, considerando la Ley de Masa, en la que se establecen dos fórmulas, en función de un valor de la masa, si son materiales ligeros o si son materiales pesados:

MATERIALES LIGEROS

- (1) $16,6 \cdot \text{LOG } m + 2$, cuando:
 $m \leq 150 \text{ Kg/m}^2 \geq$

MATERIALES PESADOS

- (2) $36,5 \cdot \text{LOG } m - 41,5$, cuando:
 $m \geq 150 \text{ Kg/m}^2 \geq$

En la **segunda parte** de la hoja de cálculo, se consideran las ventanas que componen la fachada, en caso de que esta no sea completamente cerrada, de igual forma se puede utilizar para calcular paredes divisorias interiores mixtas (pared-ventana).

En este caso al igual que los materiales de las paredes se requieren también las características de las ventanas.

Para determinar el aislamiento de las ventanas se aplicaron las siguientes fórmulas:

- Ventanas de carpintería sin clasificar.
 $R \leq 12 \text{ dBA}$.
- Ventanas de carpintería Clase A-1, y cualquier tipo de acristalamiento.
 $R \leq 15 \text{ dBA}$.
- Ventanas de carpintería Clase A-2 y acristalamiento

de una o dos hojas separadas por cámara de aire.

- (3) $R = 13,3 \log e + 14,5$, en dBA

- Ventanas de carpintería Clase A-2 y acristalamiento laminar constituido por hasta 4 láminas de vidrio, de espesor no superior a 8 mm cada una, unidas por capas adhesivas plásticas de espesor superior a 0,4 mm

- (4) $R = 13,3 \log e + 17,5$, en dBA

e, espesor de vidrio 9 las consideraciones son diferentes para cada fórmula (revisar en capítulo I).

- Ventanas de carpintería Clase A-3 y acristalamiento de una o dos hojas separadas por cámara de aire.

- (5) $R = 13,3 \log e + 19,5$ en dBA

- Ventanas de carpintería Clase A-3 y acristalamiento laminar constituido por hasta 4 láminas de vidrio, de espesor no superior a 8 mm cada una, unidas por capas adhesivas plásticas de espesor superior a 0,4 mm.

- (6) $R = 13,3 \log e + 22,5$, en dBA

Otro dato para determinar el aislamiento de la fachada será las superficies tanto de las partes ciegas como de las ventanas, con lo que finalmente se obtendrá el aislamiento acústico global, que

aparece en el recuadro final de la hoja de cálculo.

Como se puede observar la hoja de cálculo acústico nos da algunas opciones, no solamente nos permite obtener el aislamiento global de una fachada sino que en el proceso se puede calcular:

- Aislamiento de diferentes materiales.
- Aislamiento de diferentes sistemas de conformación acústica.
- Aislamiento de paredes simples.
- Aislamiento de paredes compuestas, haciendo la simulación con diferentes sistemas de conformación de materiales.

106

Se debe considerar que en los dos primeros casos se pueden calcular utilizando simplemente las características de los materiales, mientras que para los dos últimos casos, incluido el cálculo del aislamiento global de la fachada, no bastan las características de los materiales sino que se requieren las características de las paredes, en cuanto a superficies, por lo que el acercamiento de los niveles de aislamiento va a estar más ajustada a las circunstancias reales.

En el estudio que se realizó a lo largo de la investigación se calculan los aislamientos de los materiales utilizados en la construcción de las edificaciones administrativas y el aislamiento de los sistemas de conformación acústica de las tablas anteriores.

Para ello fue necesario recurrir a una hoja de cálculo según las formulas establecidas por la Norma Básica de la Edificación, dichas fórmulas se aplican en base a las características de los materiales.

Esta hoja de cálculo se utiliza para determinar los aislamientos de los materiales utilizados en las edificaciones administrativas de la ciudad y para calcular los niveles de aislamientos de los sistemas de conformación acústica.

A continuación se indica la hoja de cálculo acústico para fachadas en edificios de áreas de oficina.

Explicación de hoja de cálculo:

1. Material ligero, cuya masa es menor a 150 Kg/m², en paredes simples.
2. Material de revestimiento
3. Material pesado, cuya masa es mayor a 150 Kg/m², en paredes simples.
4. Material de revestimiento
5. Material componente 1, cuya masa es menor a 150 Kg/m², en paredes compuestas.
6. Material componente 2, cuya masa es menor a 150 Kg/m², en paredes compuestas.
7. Material componente 3, cuya masa es menor a 150 Kg/m², en paredes compuestas.
8. Material componente 1, cuya masa es mayor a 150 Kg/m², en paredes compuestas.
9. Material componente 2, cuya masa es mayor a 150 Kg/m², en paredes compuestas.
10. Material componente 3, cuya masa es mayor a 150 Kg/m², en paredes compuestas.

AISLAMIENTO ACÚSTICO DE FACHADAS			
PARTES CIEGAS			
PAREDES SIMPLES			
MATERIAL	ESPESOR cm	MASA UNITARIA Kg/m ²	AISLAMIENTO ACUSTICO R dBA (1), (2)
MATERIAL LIGERO: $m \leq 150 \text{ Kg/m}^2 \geq$			
1			
2			
MATERIAL PESADO: $m \geq 150 \text{ Kg/m}^2 \geq$			
3			
4			
PAREDES COMPUESTAS			
MATERIAL LIGERO: $m \leq 150 \text{ Kg/m}^2 \geq$			
5			
6			
7			
MATERIAL PESADO: $m \geq 150 \text{ Kg/m}^2 \geq$			
8			
9			
10			
VENTANAS			
MATERIAL	e (mm)	AISLAMIENTO ACUSTICO R dBA (1), (2)	
VENTANA SEGÚN CARACTERÍSTICAS			
11			
SUPERFICIES			
SUPERFICIE PARED PARTE CIEGA			
SUPERFICIE VENTANA			
AISLAMIENTO GLOBAL			

HOJA DE CÁLCULO ACÚSTICO DE FACHADAS PARA EDIFICACIONES DE ÁREAS DE OFICINA

11. Material componente de ventana según características, para seleccionar la aplicación de la fórmula que corresponde.

Los recuadros color naranja arrojan los valores de aislamiento parcial que se deben sumar al final para obtener el valor del aislamiento global de la fachada.

CÁLCULO ACÚSTICO DE SISTEMAS CONSTRUCTIVOS EXISTENTES DE PAREDES				
MATERIALES	ESPESOR m	DENSIDAD	MASA UNITARIA Kg/m ²	AISLAMIENTO ACUSTICO R dBA (1), (2)
		Kg/m ³		
MAMPOSTERÍA DE LADRILLO				
ENLUCIDO MORTERO	0,02	1500	30	240
LADRILLO MACIZO	0,10	1800	180	
ENLUCIDO MORTERO	0,02	1500	30	
MAMPOSTERÍA DE ADOBE				
ENLUCIDO MORTERO	0,02	1500	30	380
ADOBE	0,20	1600	320	
ENLUCIDO MORTERO	0,02	1500	30	

TABLA 39: CÁLCULO DE AISLAMIENTO ACÚSTICO EN PAREDES DE EDIFICIOS
FUENTE: Rosa E. Medina A.

En esta tabla se están calculando los niveles de aislamientos de las paredes de los edificios administrativos según los materiales que se han utilizado, en este caso no hay ningún tratamiento acústico, son simplemente mamposterías con revestimiento en ambas caras.

En la siguiente tabla 40 se puede apreciar cómo oscila el aislamiento acústico de un sistema a otro, ello lo determina el tipo de material utilizado, los espesores, el número de placas y/o paneles, mientras más láminas de material absorbente se utilicen se obtiene un mayor grado de aislamiento.

Para los cálculos en el caso de la mampostería se utilizó el ladrillo perforado estructural y el ladrillo macizo pequeño, los valores cambian si se utiliza como mampuesto el bloque de hormigón y en el caso de los materiales acústicos sólo se utilizaron paneles de lana mineral de igual forma

cambia si se usan otro tipo de materiales.

De igual forma ocurre con el número de capas que se utilicen de cada material, las condiciones de aislamiento cambian.

Por lo tanto la selección de tal o cual material, el número de capas a utilizar, el sistema de conformación acústica, etc., queda a criterio de la persona que lo vaya a aplicar y a los requerimientos específicos del espacio y a sus condiciones externas.

MATERIALES Y SISTEMAS DE CONFORMACIÓN ACÚSTICA PARA ESPACIOS LABORALES

CÁLCULO DE AISLAMIENTO ACÚSTICO DE SISTEMAS DE CONFORMACIÓN ACÚSTICA					
MATERIALES	ESPESOR m	DENSIDAD	MASA UNITARIA Kg/m ²	AISLAMIENTO ACUSTICO R dBA (1), (2)	
		Kg/m ³			
1 SISTEMA SIMPLE: DOS PAREDES DE LADRILLO CON CÁMARA					
ENLUCIDO MORTERO	0,02	1500	30	290	48,4
LADRILLO PERFORADO	0,10	1150	115		
CÁMARA DE AIRE					
LADRILLO PERFORADO	0,10	1150	115		
ENLUCIDO MORTERO	0,02	1500	30		
2 SISTEMA MIXTO: DOBLE PARED DE LADRILLO CON RELLENO AISLANTE					
ENLUCIDO MORTERO	0,02	1500	30	298	48,8
LADRILLO PERFORADO	0,10	1150	115		
MATERIAL AISLANTE: LANA MINERAL	0,10	80	8		
LADRILLO PERFORADO	0,10	1150	115		
ENLUCIDO MORTERO	0,02	1500	30		
3 SISTEMA MIXTO: DOBLE PARED DE LADRILLO (EXT.-INT.) CON RELLENO AISLANTE					
ENLUCIDO MORTERO	0,02	1500	30	363	51,9
LADRILLO MACIZO	0,10	1800	180		
MATERIAL AISLANTE: LANA MINERAL	0,10	80	8		
LADRILLO PERFORADO	0,10	1150	115		
ENLUCIDO MORTERO	0,02	1500	30		
4 SISTEMA MIXTO: PARED DE LADRILLO (EXT.) + PLACA DE YESO (INT.) CON RELLENO AISLANTE					
ENLUCIDO MORTERO	0,02	1500	30	452	55,4
LADRILLO MACIZO	0,10	1800	180		
MATERIAL AISLANTE: LANA MINERAL	0,10	80	8		
PLACA DE YESO	0,13	900	117		
PLACA DE YESO	0,13	900	117		
5 SISTEMA MIXTO: PARED DE LADRILLO + PLACA DE YESO CON RELLENO AISLANTE					
ENLUCIDO MORTERO	0,02	1500	30	387	53,0
LADRILLO PERFORADO	0,10	1150	115		
MATERIAL AISLANTE: LANA MINERAL	0,10	80	8		
PLACA DE YESO	0,13	900	117		
PLACA DE YESO	0,13	900	117		
6 SISTEMA MIXTO: DOBLE PLACA DE YESO (EXT.-INT.) CON RELLENO AISLANTE					
PLACA DE YESO	0,13	900	117	601	59,9
PLACA DE YESO	0,13	900	117		
MATERIAL AISLANTE: LANA MINERAL	0,10	80	8		
PLACA DE YESO	0,13	900	117		
MATERIAL AISLANTE: LANA MINERAL	0,10	80	8		
PLACA DE YESO	0,13	900	117		
PLACA DE YESO	0,13	900	117		
7 SISTEMA MIXTO: DOBLE PLACA DE YESO CON RELLENO AISLANTE					
PLACA DE YESO	0,13	900	117	476	56,2
PLACA DE YESO	0,13	900	117		
MATERIAL AISLANTE: LANA MINERAL	0,10	80	8		
PLACA DE YESO	0,13	900	117		
PLACA DE YESO	0,13	900	117		

TABLA 40: CÁLCULO DE AISLAMIENTO ACÚSTICO DE SISTEMAS DE CONFORMACIÓN ACÚSTICA

FUENTE: Rosa E. Medina A.

5.3. CRITERIOS PARA LA IMPLANTACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LAS CONDICIONES ACÚSTICAS EN ESPACIOS LABORALES

Después de haber analizado los materiales y técnicas de conformación acústica y de tener una hoja de cálculo para determinar el aislamiento en materiales, elementos y fachadas de edificios, se pueden emitir algunos criterios generales para el mejoramiento de las condiciones acústicas en espacios laborales.

Es importante recalcar que no existen recetarios para poderlo hacer, ya que las circunstancias son distintas para cada caso, sin embargo existen parámetros generales que si se pueden considerar previamente en la planificación y en la ejecución de este tipo de espacios, con el soporte de los cálculos matemáticos que se puedan desarrollar y de estudios en laboratorios apropiados.

En algunos países se han establecido normativas muy específicas para las condiciones acústicas y en este caso es necesario acatarlas, sin embargo en el caso de que no las haya como en el caso de Ecuador es importante que se consideren esas normativas internacionales ajustándolas a nuestro medio.

Entre los criterios que se han creído importantes considerar, se tienen:

- Primeramente se debe saber, cuál es el objetivo de mejorar las condiciones acústicas de los espacios laborales, pues el principal elemento es el ser humano - el hombre - que es quien habita en esos espacios, de allí la importancia de mejorar las condiciones ambientales en la que se desarrolla, propendiendo su calidad de vida y garantizando estados de salud tanto fisiológica como mental.
- En el caso de obras nuevas de tipo administrativo, será más fácil realizar el diseño acústico en base a las características requeridas y a los condicionantes del medio, mientras que para obras existentes el procedimiento será más complicado, sin embargo es posible, la elección de dar un tratamiento acústico dependerá de las autoridades respectivas para asumir los costos que ello implicaría.
- Se deberán analizar los niveles de ruido ambiental, en el área que se va a construir un edificio de esta tipología, para poder evaluar su comportamiento frente al fenómeno de transmisión aérea, principalmente por los ruidos producidos en

el exterior, pues la intención es impedir que en su interior se sobrepasen los niveles de inmisión de ruido recomendados, teniendo en cuenta que los recintos requieren niveles distintos de exigencias acústicas según su función y las fuentes sonoras exteriores e interiores.

- Para el caso de fachadas, el aislamiento acústico global mínimo de ruido aéreo a_g exigible en los elementos constructivos en cada local de reposo se fija en 30 dBA, por lo que los materiales deberán cumplir como mínimo este valor.
- Para el diseño acústico de los elementos constructivos que conforman los recintos, se deben tener muy claros los niveles máximos permisibles para áreas de oficinas, para no rebasar esos límites.
- Para la definición de materiales de construcción, especialmente en la fachada de la edificación o su envolvente, se realizarán los cálculos correspondientes (hoja de cálculo) para determinar el aislamiento global aproximado.
- La elección de los materiales a utilizar, se la

deberá hacer minuciosamente, en base a las características de los materiales tratando de conseguir en la envolvente altas pérdidas de transmisión sonora, más que la absorción sonora, generalmente los materiales sólidos, pesados y sin porosidades son los más adecuados, además para mejorar esas condiciones se deberán utilizar elementos mixtos como dobles paredes de materiales con materiales absorbentes para aumentar el grado de aislamiento acústico.

- Para la elección del tipo de pared -simple o compuesta - a utilizar resulta más conveniente la compuesta, ya que se puede conseguir menores espesores y masas que una pared simple y mayores grados de aislamiento acústico.
- Para aumentar la eficacia acústica en las paredes compuestas se deberán utilizar hojas de diferente espesor o material, para evitar el acoplamiento de frecuencias, que el espesor de la cavidad sea proporcional a la masa del cerramiento, y que se rellene con un material absorbente acústico para atenuar la reverberación en su interior.

- Es importante tener presente que una vez que ya se conoce el aislamiento acústico del elemento, en este caso la pared exterior de un espacio o la de separación, la influencia que ejercen los elementos adyacentes es importante ya que estos vibran ante el campo acústico aéreo transmitiendo estas vibraciones al elemento separador, produciéndose de esta forma la transmisión indirecta, por lo tanto se deberán tratar de utilizar en las paredes divisorias internas materiales que atenúen este efecto.

112

- Para conseguir una mayor precisión en la determinación de los niveles de aislamiento, se deberá experimentar y realizar ensayos en laboratorios acústicos.

CONCLUSIONES

Cuando se habla de acústica la primera idea que se nos viene a la mente es un teatro o una sala de música, pero casi nunca pensamos en aquellos espacios en los que vivimos a diario, espacios laborales en los que nos desenvolvemos cotidianamente, pues no se da importancia a este tipo de espacios porque no se los vincula con el tema, sin embargo la acústica también juega un papel importante en ellos, especialmente cuando se habla de aislación de ruido.

En este sentido el ruido es un fenómeno que se puede y se debe abatir en beneficio del hombre para su bienestar y por lo tanto calidad de vida.

Después de haber desarrollado la investigación, tomando como marco de estudio para el diagnóstico el centro de la ciudad de Loja – Plaza La Catedral, se han podido obtener las siguientes conclusiones:

...en cuanto al ruido

- El centro de la ciudad de Loja, es una de las zonas con mayor afluencia tanto peatonal como vehicular, ya

que actualmente se ha convertido en un centro de gestión, comercio e intercambio, que alberga las instituciones tanto gubernamentales como privadas más importantes de la ciudad.

- La función principal que se da en las instituciones tanto gubernamentales como privadas es la administrativa en un 50%, misma que se desarrolla en áreas de oficinas que se constituyen en espacios laborales en donde las personas permanecen 8 horas diarias, es decir el 50% del tiempo que están despiertas.
- Se ha evidenciado que existe contaminación por ruido exterior, a nivel general en la ciudad de Loja considerando toda el área de primer orden es de 71 dbA, en el sector de análisis (Plaza Central) alcanza los 69,1 dbA en horas hábiles, fluctuando entre 63 y 75 dbA.
- Los espacios laborales han sido resueltos

arquitectónicamente en base a consideraciones generales de tipo funcional que corresponde a áreas de oficinas, sin tomar en cuenta los ambientes creados respecto a la ergonomía del diseño, es decir aquellas condiciones que se crean para que el ser humano se desenvuelva de forma adecuada.

- Se ha llegado a determinar que no ha habido ningún tipo de tratamiento especial, ni estudio previo para las condiciones acústicas creadas para los empleados, pues los profesionales involucrados en la construcción no realizan ningún estudio previo de las condiciones a las que se van a exponer a las personas en los espacios arquitectónicos, especialmente lo concerniente al ruido.
- Con las tomas realizadas en el interior de las oficinas de algunas instituciones se ha llegado a determinar un nivel de ruido que va entre 56 dbA el más bajo y 61 dbA el más alto, las oficinas más afectadas por el ruido son las que se encuentran a nivel de planta baja que va entre 60,3 y 62,3 dbA, mientras que en los pisos altos el nivel de ruido decrece.
- Las fuentes que intervienen en la generación de ruido en el interior de las oficinas corresponden al del exterior (ruido vehicular) y el de los

propios empleados desarrollando las diferentes actividades.

- Al decir que una de las fuentes de ruido es el exterior, se puede afirmar que se produce el proceso de inmisión, el ruido exterior penetra a través de las paredes y vanos, hacia el interior de las oficinas.

...en cuanto a efectos del ruido

- La valoración subjetiva del ruido realizada con ayuda de las encuestas indica que el ruido genera molestias a los empleados, interrumpiendo sus actividades laborales especialmente la concentración y la comunicación, produce, estrés, dolores de cabeza y en menor porcentaje molestias al oído.
- La valoración del ruido según los niveles detectados en el interior de las oficinas indica que hay influencia del ruido en sus actividades y hay afectación al oído, pues cuando se exponen a niveles superiores a 55 dbA que en el caso del sector de estudio oscila entre 56 y 61 dbA, se está produciendo una hipoacusia moderada con tendencia a agravarse.
- De esta forma los efectos negativos del ruido inciden en los empleados, reflejándose en las actividades propias laborales y en su salud.

...en cuanto a materiales

- Es posible crear espacios laborales confortables en términos acústicos, siempre y cuando se realice una adecuada planificación inicial empleando metodologías por medio de cálculos o estudios de laboratorio para conseguir resultados idóneos en beneficio principalmente del ser humano.
- Para dicho tratamiento se utilizan materiales adecuados, de los cuales se conoce su comportamiento acústico, según características determinadas mediante ensayos y que están establecidos en tablas.
- Existen algunas opciones de sistemas de conformación, cuya aplicación depende puntualmente del espacio que se esté diseñando o estudiando para darle un tratamiento acústico.
- Se han planteado criterios de diseño para el mejoramiento de las condiciones acústicas de espacios laborales en áreas céntricas de la ciudad o en zonas ruidosas, con lo que se puede conseguir el mejoramiento de las condiciones de habitabilidad en estos espacios.
- Las hojas de cálculo acústico sirven como una herramienta importante para la determinación de características que se van a tener con los materiales y sistemas utilizados ya en obra, según las condiciones y lo que se quiera obtener.
- Los materiales de aplicación en la ciudad por su uso frecuente en la construcción y facilidad de obtención para mamposterías, que son los elementos que principalmente influyen en el paso del ruido exterior hacia el interior son el ladrillo y el bloque, recurriendo a su conformación mediante el uso de dobles paredes con una junta rellena de material absorbente como la lana de vidrio.
- La utilización tanto de materiales como de sistemas de conformación ayudan a la creación de ambientes laborales donde se garantiza el desarrollo normal y confortable de sus actividades.
- Para el tratamiento de aislamiento acústico en una edificación administrativa, se deberá planificar desde un inicio, así se utilizarán los materiales y sistemas adecuados; de igual forma se pueden estudiar el caso de los edificios construidos, para cambiar las condiciones no favorables, sabiendo que el tratamiento será distinto y los costes serán superiores.

...en cuanto a normativas

- Existen normativas internacionales de control acústico, que se consideran para el diseño de los ambientes de acuerdo a su género.
- Es importante determinar una normativa acústica para las diferentes posibilidades dentro de la rama, a las que deban acogerse todas las personas involucradas en el campo de la construcción, siendo muy rigurosos en el cumplimiento de esta normativa con estándares establecidos internacionalmente.
- Para el establecimiento de la normativa en el Ecuador y en la ciudad de Loja, se puede tomar como herramienta de referencia la Norma Básica de la Edificación o el Código Técnico de la Edificación.

sistemas de conformación, es la utilización de un laboratorio acústico en donde se puedan desarrollar ensayos y simulaciones con los materiales, sistemas y dimensionamiento para valorar su condición acústica, sin embargo los cálculos con formulas se aproximan mucho al comportamiento real de los materiales en obra.

Actualmente se habla mucho de la calidad, sin embargo no se puede hablar de una calidad total si no se tienen todos sus componentes, es por ello necesario propender a una calidad acústica, que solo se lo podrá conseguir si se trabaja en el proyecto acústico desde su inicio y controlando el nivel de ruido ambiental de la ciudad.

...en cuanto a condicionantes

- Se tuvo una debilidad en el desarrollo de la investigación, esta fue la inexistencia de un laboratorio acústico para ensayos, por lo que la propuesta alcanza hasta cálculos matemáticos con la aplicación de fórmulas
- La forma de obtener datos más precisos y cercanos a la realidad del comportamiento de los materiales y los

RECOMENDACIONES

De acuerdo a las conclusiones obtenidas, se realizan algunas recomendaciones importantes considerar:

- En la primera fase de control del ruido interviene la población, por lo tanto se debe iniciar por hacer conciencia en la población y las autoridades pertinentes para que entiendan que la contaminación por ruido es un problema todavía controlable pero con tendencia a agravarse en unos cuantos años, si no se hace algo para detenerlo.
- Es posible que las autoridades tomen como política de Estado, el mitigar el problema con campañas de concienciación y de educación medio ambiental, para que todos contribuyan y exijan la disminución de los niveles de ruido.
- Incentivar a que todas las personas formen parte de la solución de este problema, evitando generar sonidos ruidosos innecesarios, para procurar una convivencia sana. Todas las personas son capaces, desde cualquier sector en el que se encuentren, sin límites de edad, los niños, los jóvenes constituyen un puntal fuerte en el que apoyarse e inculcar una cultura del silencio.
- Que los profesionales arquitectos al momento de diseñar no solo piensen en la función de los espacios, sino también en los ambientes que se crean una vez que empiezan a utilizarse por las personas. Entender la totalidad de los espacios y diseñarlos para el contexto en el que están inmersos, pensar en la calidad de vida que se está generando para esos individuos.
- Es necesario que los conocimientos del área acústica sean difundidos en el Plan de Estudio de la Escuela de Arquitectura, para que sean los profesionales en formación quienes consideren posteriormente en sus diseños este componente importante de la arquitectura.

- Para que se pueda intervenir en el campo del diseño con la utilización de los materiales adecuados, es indispensable la dotación de un laboratorio acústico, en donde se realicen ensayos para determinar el comportamiento acústico de cada uno de los materiales, pues estos resultados serán más cercanos a la realidad.
- Es importante que se consideren para el diseño de edificaciones administrativas los parámetros de diseño desarrollados en el capítulo anterior, para dar el tratamiento acústico adecuado.
- Considerar el tema del proyecto de investigación como la base de donde se generen muchos otros temas de interés dentro del área.
- Se recomienda tomar las consideraciones acústicas debidas para la construcción de nuevas edificaciones.

INDICE DE FIGURAS Y TABLAS

FIGURAS

FIGURA 1	Espectro del Sonido	15
FIGURA 2	Refracción de las ondas sonoras	16
FIGURA 3	Área de audición humana y lugares que ocupan en la misma la música y la palabra	18
FIGURA 4	Curvas de ponderación	20
FIGURA 5	Curvas nr (noise rating) de valuación de ruido	21
FIGURA 6	Relaciones entre sonoridad y molestias con los factores que afectan a la respuesta subjetiva al ruido	27
FIGURA 7	Mapa de calles del centro de la ciudad de Loja	49
FIGURA 8	Mapa de ruido: valores de presión sonora en calles principales en el horario de 07H00 a 09H00	48
FIGURA 9	Mapa de ruido: valores de presión sonora en calles principales en el horario de 11H30 a 13H30	49
FIGURA 10	Mapa de ruido: valores de presión sonora en calles principales en el horario de 17H30 a 19H30	50
FIGURA 11	Mapa de ruido: valores de presión sonora en calles secundarias en el horario de 07H00 a 09H00	50
FIGURA 12	Mapa de ruido: valores de presión sonora en calles secundarias en el horario de 11H30 a 13H30	51
FIGURA 13	Mapa de ruido: valores de presión sonora en calles secundarias en el horario de 11H30 a 13H30	52
FIGURA 14	Área De Estudio - Plaza Central	55
FIGURA 15	proceso de elaboración de adobes en el ecuador	74
FIGURA 16	Pisón de dos cabezas empleado en el apisonamiento de tapial	74
FIGURA 17	Pared de bahareque	75
FIGURA 18	Detalle armado de pared de bahareque y piso	75
FIGURA 19	Detalle armado de pared de bahareque y piso	75
FIGURA 20	Pared construida con ladrillo y mortero de cal	76
FIGURA 21	Pared construida con ladrillo y mortero	77
FIGURA 22	Acabados de paredes	78

TABLAS

TABLA 1	Valores recomendados del índice NR para diferentes locales	21
TABLA 2	Tiempo de tolerancia de niveles de ruido	22
TABLA 3	Niveles sonoros recomendados para diferentes espacios	23
TABLA 4	Pérdida de transmisión de diversos materiales en función de la frecuencia, clase de transmisión sonora (según varias fuentes)	29
TABLA 5	Valores de aislamiento de materiales	30
TABLA 6	Valores de aislamiento de materiales	31
TABLA 7	Valores de aislamiento de materiales	31
TABLA 8	Clases de carpintería	33
TABLA 9	Valores de aislamiento de ventanas	35
TABLA 10	Valores de aislamiento de puertas	36
TABLA 11	Control de ruidos	37
TABLA 12	Pérdida de transmisión de sonido en materiales	37
TABLA 13	Grado de hipoacusia, el umbral de audición y el déficit auditivo	38
TABLA 14	Nivel de presión sonora en calles principales y secundarias, en horarios de estudio: 07:00-09:00; 11:30-13:30; 17:30-19:30	48
TABLA 15	Resumen de porcentajes tipología de edificación	56
TABLA 16	Tipología de edificación en plaza central	57
TABLA 17	Niveles de ruido exterior en plaza central de Loja	60
TABLA 18	Niveles de ruido exterior en plaza central de Loja	62
TABLA 19	Niveles de ruido exterior en plaza central de Loja	62
TABLA 20	Niveles de ruido interior en espacios laborales	64
TABLA 21	Niveles de ruido interior en espacios laborales	65
TABLA 22	Niveles de ruido interior en espacios laborales	66
TABLA 23	Resumen de niveles de ruido interior en espacios laborales	67
TABLA 24	Niveles de ruido exterior - interior en espacios laborales	69
TABLA 25	Niveles de ruido exterior - interior en espacios laborales	70
TABLA 26	Niveles de ruido exterior - interior en espacios laborales	71
TABLA 27	Resumen de niveles de ruido exterior-interior	71
TABLA 28	Materiales y acabados de edificaciones administrativas	73
TABLA 29	Dosificación[on de agregados en la construcción	77
TABLA 30	Comportamiento de materiales frente a transmisión sonora	91
TABLA 31	Coeficientes de absorción	92
TABLA 32	Materiales acústicos para paredes, pisos y techos	94
TABLA 33	Materiales acústicos para paredes, pisos y techos	95
TABLA 34	Materiales acústicos para paredes, pisos y techos	96
TABLA 35	Sistemas de conformación acústica para paredes (SIST. 1)	97
TABLA 36	Sistemas de conformación acústica para paredes (SIST. 2)	98
TABLA 37	Sistemas de conformación acústica para paredes (SIST. 3)	99
TABLA 38	Sistemas de conformación acústica para paredes (SIST. 4)	100
TABLA 39	Cálculo de aislamiento acústico en paredes de edificios	108
TABLA 40	Cálculo de aislamiento acústico de sistemas de conformación	109
TABLA 41	Comportamiento de materiales en cuanto a absorción y reducción del ruido	129
TABLA 42	Tiempos de Reverberación	129

FUENTES DE CONSULTA

LIBROS:

- **ARIZMENDI**, Luis Jesús (1980). *Tratado Fundamental de Acústica en la edificación*. España: Imprenta Popular, 210 p.
- **CARRIÓN I.**, Antoni (2001). *Diseño acústico de espacios arquitectónicos*. Barcelona: Alfaomega, 433p.
- **FLORES**, Cecilia (2001). *Ergonomía para el Diseño*. México DF.: Editorial Designio S.A., Primera Edición, 241 p.
- **HOLAHAN**, Charles J. (2007). *Psicología Ambiental*. México D.F.: Editorial Limusa, 467 p.
- **MEISSER**, Mathías (1973). *Acústica de los edificios*. Barcelona: Editores asociados, 253 p.
- **MERRITT**, Frederick S. *Enciclopedia de la construcción. Arquitectura e ingeniería Vol. 5*. España: Océano. 1099p.
- **MIYARA**, Federico (1995). *Contaminación Acústica Urbana en Rosario*. Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Rosario.

121

TESIS:

- **SAAD**, Eduardo Eljure M. Arq. (México: 1996). *Acústica Arquitectónica*.
- **GERMÁN**, G. Miriam (México: 2005). *Control del Ruido en Salas de Espera de Unidades Médicas del sector Social*.
- **HERNÁNDEZ O.** Raquel V.; **QUIZHPE R.** Marjory C. (Ecuador: 2007). *El ruido vehicular como causa de trastornos psicosomáticos en los habitantes del centro de la ciudad de Loja*.

ARTÍCULOS EN INTERNET:

- ACÚSTICA ARQUITECTÓNICA (17 de marzo 2007) .
DE: <http://www.ehu.es/acustica/espanol/salas/acares/acares.html>).
- ACÚSTICA. El Edificio & Manuel M. Monroy. Editori@l de Construcción (17 de marzo 2007).
DE: http://editorial.cda.ulpgc.es/ambiente/7_acustica/index.htm.
- AISLACIÓN TÉRMICA Y ACÚSTICA EN EDIFICIOS (20 de marzo 2007).
De: <http://html.rincondelvago.com/aislacion-termica-y-acustica-en-edificios.html>.
- AISLAMIENTO ACÚSTICO. (17 de marzo 2007).
De:<http://www.ingenieroambiental.com>
- CALIDAD DE VIDA (20 de febrero 2007).
De:<http://www.monografias.com>.
- **CLEMENTE I.**, Ana. *Acústica Arquitectónica* (17 de marzo 2007).
DE:www.Acustica_arquitectonica/Acustica_arquitectonica.html.
- **COMPOSAN** - Manual Aislamiento acústico – (12 de diciembre 2007).
De:<http://www.comosan.es/recursos/doc/Publicaciones/Manuales>.
- CONTROL DE RUIDO. PREVENCIÓN – Boletín de Seguridad y Salud Laboral No. 9 - Septiembre 2004 (20 de febrero 2007).
De: <http://hl35.dinaser.com>.
- Disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo. REAL DECRETO 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.
De:<http://www.mtas.es/insht/legislation/RD/lugares.htm#anexo3>.
- **DOMÍNGUEZ** Rodino Eloy Flores; **SÁNCHEZ** González Jesús María. *Contaminación Acústica*, Huelva 1998 (18 de marzo 2007).
DE, 1998: jesusma@caymasa.es
- EFECTOS DEL RUIDO (20 de febrero 2007).
De: www.terra.com.
- **HERNÁNDEZ C.**, Ana. *Medicina Laboral. Confort acústico: el ruido en oficinas. CENTRO NACIONAL DE CONDICIONES DE TRABAJO* (3 de abril 2007).
DE: http://www.estrucplan.com.mx/boletines/009/ML_ruido.asp.

- **KOGAN M.**, Pablo. *Análisis de la Influencia de la Ponderación “A” para Evaluar Efectos del Ruido en el Ser Humano*. Tesis presentada para optar al grado académico de Licenciado en Acústica y al Título Profesional de Ingeniero Acústico. Universidad Austral de Chile. Valdivia-Chile 2004 (3 de abril 2007).
DE: <http://www.fceia.unr.edu.ar/acustica/biblio/kogan.pdf>.
- **MAGGIOLO**, Daniel. Combate del Ruido. INGENIERÍA ACÚSTICA Y ACÚSTICA ARQUITECTÓNICA. Apuntes de acústica musical.
De: <http://www.eumus.edu.uy/docentes/maggiolo/acuapu/ing.html>.
- Manuales de acústica (12 de diciembre 2007).
De: [http://www.isover.net/asesoria/manuales de acústica](http://www.isover.net/asesoria/manuales%20de%20acústica)
- Microsoft. Encarta 2008. 1993-2007 Microsoft Corporation.
- **MIYARA**, Federico. Mediciones de ruido en exteriores. (12 de diciembre 2007).
DE: <http://www.eie.fceia.unr.edu.ar/acustuca/biblio/exterior.pdf>.
- MUROS DE ADOBE, MUROS DE BAHAREQUE, MUROS ANTISÍSMICOS DE TAPIAL (20 de marzo 2007).
De:<http://desastres.usac.edu.gt/documentos/pdf>
- NORMA BÁSICA DE LA EDIFICACIÓN. CONDICIONES ACÚSTICAS EN LOS EDIFICIOS (20 de enero 2008).
DE: <http://www.isover.net/asesoria/manuales/nbeca88/anexo3.pdf>.
- Riesgos de lugares y espacios de trabajo (20 de febrero 2007).
De: http://fete.ugt.org/PRL/portal_preventivo/riesgos
- WIKIPEDIA, la enciclopedia libre(4 de febrero de 2008).
De: <http://es.wikipedia.org>

ANEXOS

CONCEPTOS FUNDAMENTALES, DEFICIONES, NOTACIONES Y UNIDADES

Para poder entender el contexto del campo acústico y específicamente el ruido, es necesario tener muy claras las definiciones de algunos conceptos importantes:

124

RUIDO DE FONDO

Es aquel ruido que prevalece en ausencia del ruido generado por la fuente objeto de evaluación.

VIBRACIÓN

Una oscilación en que la cantidad es un parámetro que define el movimiento de un sistema mecánico, y la cual puede ser el desplazamiento, la velocidad y la aceleración.

ONDA ACÚSTICA AÉREA

Es una vibración del aire caracterizada por una sucesión periódica en el tiempo y en el espacio de expansiones y compresiones.

PRESIÓN ACÚSTICA

Símbolo: P

Unidad: Pascal Pa (1 Pa = 1 N/m²).

Es la diferencia entre la presión total instantánea en un punto determinado, en presencia de una onda acústica, y la presión estática en el mismo punto.

FRECUENCIA

Símbolo: f

Unidad: Herzio Hz.

Es el número de pulsaciones de una onda acústica senoidal ocurridas en un tiempo de un segundo. Es equivalente al inverso del período.

FRECUENCIAS PREFERENTES

Son las indicadas en la Norma UNE 74.002-78, entre 100 Hz y 5.000 Hz.

Para bandas de octava son: 125, 250,

500, 1.000, 2.000 y 4.000 Hz. Para tercios de octava son: 100, 125, 160, 200, 250, 315, 400, 500, 630, 800,

1.000, 1.250, 1.600, 2.000, 2.500, 3.150, 4000 y 5.000 Hz.

FRECUENCIA FUNDAMENTAL

Es la frecuencia de la onda senoidal, componente de una onda acústica compleja, cuya presión acústica, frente a las restantes ondas componentes, es máxima.

SONIDO

Es la sensación auditiva producida por una onda acústica. Cualquier sonido complejo puede considerarse como resultado de la adición de varios sonidos producidos por ondas senoidales simultáneas.

ARMÓNICO

Recibe el nombre de sonido armónico, de otro dado, el que tiene una frecuencia múltiplo de la frecuencia de éste. Todo sonido complejo puede considerarse como adición de un sonido fundamental, caracterizado por la frecuencia fundamental, y diversos sonidos armónicos.

OCTAVA

Es el intervalo de frecuencias comprendido entre una frecuencia determinada y otra igual al doble de la anterior.

RUIDO

Es una mezcla compleja de sonidos con frecuencias fundamentales diferentes. En un sentido amplio, puede considerarse ruido cualquier sonido que interfiere en alguna actividad humana.

ESPECTRO DE FRECUENCIAS

Es una representación de la distribución de energía de un ruido en función de sus frecuencias componentes.

RUIDOS BLANCO Y ROSA

Son ruidos utilizados para efectuar las medidas normalizadas. Se denomina ruido blanco al que contiene todas las frecuencias con la misma intensidad. Su espectro en tercios de octava es una recta de pendiente 3 dB/octava. Si el espectro, en tercios de octava, es un valor constante, se denomina ruido rosa.

POTENCIA ACÚSTICA

Símbolo: W

Unidad: Watio W.

Es la energía emitida en la unidad de tiempo por una fuente determinada.

INTENSIDAD ACÚSTICA

Símbolo: L

Unidad: W/m².

Es la energía que atraviesa, en la unidad de tiempo, la unidad de superficie perpendicular a la dirección de propagación de las ondas.

NIVEL DE PRESIÓN ACÚSTICA

Símbolo: LP

Unidad: Decibelio dB.

Se define mediante la expresión siguiente:

$$L_p = 20 \log \frac{P}{P_0}$$

donde:

P es la presión acústica considerada, en Pa.

P_0 es la presión acústica de referencia que se establece en $2 \cdot 10^{-5}$ Pa.

NIVEL DE INTENSIDAD ACÚSTICA

Símbolo: L_i

Unidad: Decibelio dB.

Se define mediante la expresión siguiente:

$$L_i = 10 \log \frac{I}{I_0}$$

donde:

I es la intensidad acústica considerada, en W/m^2 .

I_0 es la intensidad acústica de referencia, que se establece en 10^{-12} W/m^2 .

NIVEL DE POTENCIA ACÚSTICA

Símbolo: L_W

Unidad: Decibelio dB.

Se define mediante la expresión siguiente:

$$L_W = 10 \log \frac{W}{W_0}$$

donde:

W es la potencia acústica considerada, en W .

W_0 es la potencia acústica de referencia, que se establece en 10^{-12} W .

COMPOSICIÓN DE NIVELES

Cuando los distintos niveles L_i a componer proceden de fuentes no coherentes, caso habitual en los ruidos complejos, el nivel resultante viene dado por la siguiente expresión:

$$L = 10 \log (\sum 10^{(L_i/10)}) [4]$$

donde:

L es el nivel de intensidad o presión acústica del componente i en dB.

TONO

Es una caracterización subjetiva del sonido o ruido que determina su posición en la escala musical. Esta caracterización depende de la frecuencia del sonido, así como de su intensidad y forma de onda.

TIMBRE

Es una caracterización subjetiva del sonido que permite distinguir varios sonidos del mismo tono producidos por fuentes distintas. Depende de la intensidad de los distintos armónicos que componen el sonido.

SONORIDAD

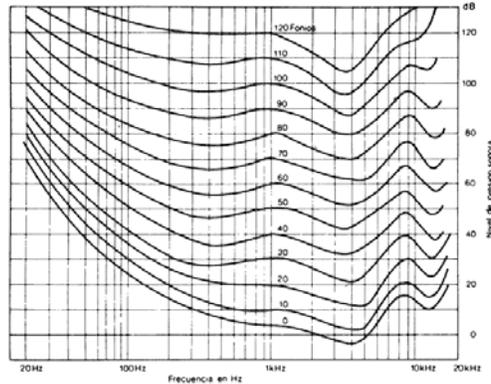
Es una caracterización subjetiva del sonido que representa la sensación sonora producida por el mismo a un oyente. Depende fundamentalmente de la intensidad y frecuencia del sonido.

NIVEL DE SONORIDAD

Se dice que el nivel de sonoridad de un sonido o de un ruido es de n fonios cuando, a juicio de un oyente normal, la sonoridad, en escucha binaural, producida el sonido o ruido es equivalente a la de un sonido puro de 1.000 Hz continuo, que incide frente al oyente en forma de onda plana libre, progresiva y cuyo nivel de presión acústica es n dB superior a la presión de referencia P_0 .

A continuación se representan las curvas de igual sonoridad para

tonos puros que constituyen la base para la Elaboración de las curvas de ponderación.



Curvas isofónicas de igual sonoridad para tonos puros

Escala ponderada A de niveles. Decibelio A

Escala de medida de niveles que se establece mediante el empleo de la curva de ponderación A representada, tomada de la Norma UNE 21.314/75, para compensar las diferencias de sensibilidad que el oído humano tiene para las distintas frecuencias dentro del campo auditivo.

Se utiliza como unidad el decibelio A, dBA.

En el margen de frecuencias de aplicación de esta Norma, la curva de ponderación A viene definida por los siguientes valores:

Frecuencia en Hz

100, 125, 160, 200, 250 315, 400, 500, 630, 800.

Ponderación en dBA

-19, 1 -16, 1 -13, 4 -10, 9 -8, 6 -6, 6 -4, 8 -3, 2 -1, 0 -0, 8

Frecuencia en Hz

1.000 1.250 1.600 2.000 2.500 3.150 4.000 5.000

Ponderación en dBA

0 0,6 1,0 1,2 1,3 1,2 1,0 0,5

COEFICIENTE DE ABSORCIÓN

Símbolo: α

Es la relación entre la energía acústica absorbida por un material y la energía acústica incidente sobre dicho material, por unidad de superficie.

ABSORCIÓN

Símbolo: A

Unidad: m²

Es la magnitud que cuantifica la energía extraída del campo acústico cuando la onda sonora atraviesa un medio determinado o en el choque de la misma con las superficies límites del recinto.

Puede calcularse mediante las siguientes expresiones:

$A_f = \alpha_f \cdot S$ [5]

$A = \alpha_m \cdot S$ [6]

donde:

A_f es la absorción para la frecuencia f en m².

A es la absorción media en m².

α_f es el coeficiente de absorción del material para la frecuencia f.

α_m es el coeficiente medio de absorción del material.

S es la superficie del material, en m².

ABSORBENTE	ESPESOR (pulg.)	DENSIDAD (lb/pie ³)	COEFICIENTE DE REDUCCIÓN DE RUIDO
Paneles de fibra de vidrio o minerales	1/2 - 4	1/2 - 6	0.45 - 0.95
Losetas, paneles o tablas moldeadas	1/2 - 1 1/8	8 - 25	0.45 - 0.90
Repelladas (porosas)	3/8 - 3/4	20 - 30	0.25 - 0.40
Fibras y aglutinantes rociados	3/8 - 1 1/8	15 - 30	0.25 - 0.75
Espumas,	1/2 - 2	1 - 3	0.35 - 0.90

plásticos de celda abierta, elastómeros, etc.						
Alfombras	Varia con ondulaciones, textura, respaldo, bajoalfombras, etc.			0.30 - 0.60		
Cortinas	Varia con pliegues, textura, peso, tejido abierto			0.10 - 0.60		
Absorbente	Coeficiente de absorción por pie ² de área de piso a diferentes frecuencias, Hz					
	125	250	500	1000	2000	4000
Auditorio sentado	0.60	0.75	0.85	0.95	0.95	0.85
Butacas vacías con vestidura de tela	0.50	0.65	0.80	0.90	0.80	0.70

TABLA 41: COMPORTAMIENTO DE MATERIALES EN CUANTO A ABSORCIÓN Y REDUCCIÓN DEL RUIDO

REVERBERACIÓN

Es el fenómeno de persistencia del sonido en un punto determinado del interior de un recinto, debido a reflexiones sucesivas en los cerramientos del mismo.

TIEMPO DE REVERBERACIÓN

Símbolo: T

Unidad: segundo s.

Es el tiempo en el que la presión acústica se reduce a la milésima parte de su valor inicial (tiempo que tarda en reducirse el nivel de presión en 60 dB) una vez cesada la emisión de la fuente sonora.

En general es función de la frecuencia.

Puede calcularse con cierta aproximación, mediante la siguiente expresión:

$$T = 0,163 \frac{V}{A}$$

donde:

V es el volumen del local, en m³.

A es la absorción del local, en m².

Tipo de edificio	Local	Tiempo de reverberación (s)
Residencial (público y privado)	Zonas de estancia	≤ 1
	Dormitorios	≤ 1
	Servicios	≤ 1
	Zonas comunes	≤ 1,5
Administrativo y de oficinas	Despachos	≤ 1
	Oficinas	≤ 1
	Zonas comunes	≤ 1,5
Sanitario	Zonas de estancia	0,8 ≤ T ≤ 1,5
	Dormitorios	≤ 1
	Zonas comunes	1,5 ≤ T ≤ 2
Docente	Aulas	0,8 ≤ T ≤ 1,5
	Salas de lectura	0,8 ≤ T ≤ 1,5
	Zonas comunes	1,5 ≤ T ≤ 2

TABLA 42: TIEMPOS DE REVERBERACIÓN (NBE-CA-82)