



**MAESTRÍA EN SEGURIDAD Y SALUD
OCUPACIONAL**

Diseño De Un Cerramiento Acústico Para Disminuir El Ruido En Una Planta Metal Mecánica Mediante El Uso De Paneles Fonoabsorbentes.

Propuesta de artículo presentado como requisito para la obtención del título:

Magíster en Seguridad y Salud Ocupacional

Por los estudiantes:

Jorge Jossué Préntice Jarrín.

Fabián Gerardo Campoverde Bravo.

Bajo la dirección de:

Juan Jara Costales.

Universidad Espíritu Santo
Maestría en Seguridad y Salud Ocupacional
Samborondón - Ecuador
Julio de 2019

Diseño De Un Cerramiento Acústico Para Disminuir El Ruido En Una Planta Metal Mecánica Mediante El Uso De Paneles Fonoabsorbentes.

Design of an Acoustic Enclosure to Decrease Noise in a Mechanical Metal Plant by the Use of Sound-Absorbing Panels.

Jorge Jossué Príncipe Jarrín.¹

Fabián Gerardo Campoverde Bravo.²

Juan Jara Costales.³

Resumen

Uno de los peligros laborales es la pérdida de la capacidad de oír, la hipoacusia ocupacional es una enfermedad irreversible que se debe a la exposición del trabajador a niveles altos de ruido por periodos extensos de tiempo. Si bien es cierto, localmente existe una norma que regula los niveles de exposición del trabajador a niveles de ruido, en la práctica, los niveles de ruido que se generan en los procesos de producción de ciertas industrias o fábricas son altos e incluso superan lo que indica la norma. Ante esta problemática existen diversas acciones a tomar para disminuir el riesgo de hipoacusia ocupacional: eliminación de las fuentes de ruido, control del ruido en el medio de transmisión, medidas colectivas de control y equipos de protección individual. Para el caso del presente estudio, se ha tomado la opción de controlar el medio de la transmisión del ruido, el objetivo es diseñar un aislamiento acústico para un área específica de una fábrica metalmecánica cuyos niveles de ruido sobre pasa el valor mínimo que indica la norma, de esta forma se aislará el ruido que generan sus máquinas al resto de áreas de la fábrica para que los valores de exposición al ruido se mantengan controlados y dentro de los valores que indica la norma. Para este cometido, se tiene por parte de la empresa una sonometría del año 2015 de todas las áreas de la fábrica, en el mismo podremos encontrar que el área de Corte es donde mayor nivel de exposición existe ya que en esta área se encuentran la mayoría de las máquinas que forman parte de los distintos procesos de producción. El diseño del aislamiento acústico será mediante un cerramiento acústico usando paneles fonoabsorbentes, con este diseño se pretende disminuir el ruido al interior del cerramiento acústico y aislarlo hacia el exterior para que no contamine el resto de áreas como sucede actualmente. Tomando en cuenta lo antes indicado, se recomienda para casos de las industrias en cuyos procesos sea imposible eliminar el ruido en la fuente, tomar como opción el diseño y construcción de cerramientos acústicos de esta forma se controla el medio de transmisión teniendo resultados favorables en el control de ruido y a la vez se protege al trabajador de potenciales enfermedades profesionales – ocupacionales vinculadas a la exposición de niveles altos de ruido.

Palabras clave:

Ruido, Ruido Industrial, Hipoacusia, Paneles Fonoabsorbentes.

¹ Estudiante de Maestría en Seguridad y Salud Ocupacional, Universidad Espíritu Santo – Ecuador. E-mail jprentice@uees.edu.ec.

² Estudiante de Maestría en Seguridad y Salud Ocupacional, Universidad Espíritu Santo – Ecuador. E-mail fcampoverdeb@uees.edu.ec

³ Magíster Seguridad Salud Ambiente. Profesor de la Maestría en Seguridad y Salud Ocupacional Universidad Espíritu Santo- Ecuador.

Abstract

One of the occupational hazards is the loss of the ability to hear, occupational hearing loss is an irreversible disease that is due to worker exposure to high levels of noise for extended periods of time. While it is true, locally there is a standard that regulates the levels of exposure of the worker to noise levels, in practice, the noise levels that become the production processes of certain industries or factories are high and even exceed which indicates the norm. Given this problem there are several actions to reduce the risk of occupational hearing loss: the control of noise sources, the control of noise in the transmission medium, collective control measures and personal protective equipment. For the case of the present study, the option of controlling the noise transmission medium has been taken, the objective is the acoustic insulation for the specific area of a metalworking factory, the noise levels on the minimum value indicated by the standard of this shape is isolated The noise that originates. The machines. The rest of the areas. Factory. For this purpose, it is a part of the company a sonometry of 2015 of all the areas of the factory, at the same time we can find the area of Court is where is the highest level of exposure since in this area is located Most of the machines that are part of the different production processes. The design of the acoustic insulation will result in an acoustic enclosure through acoustic panels, this design will reduce the noise inside the acoustic enclosure and the insulation towards the outside so as not to contaminate the rest of the areas as it happens at present. Take into account the aforementioned, it is recommended for cases of industries in the processes that noise can be eliminated at the source, such as the design and construction of acoustic enclosures in this way the means of transmission is controlled having favorable results in the noise control and at the same time protects the worker from potential occupational - occupational diseases linked to the exposure of high noise levels.

Key words

Noise, Industrial Noise, Hearing Loss, Sound-Absorbing Panels.

1 INTRODUCCIÓN.

En la vida cotidiana enfrentamos diferentes agentes que producen sonidos que pueden ser agradables o no para nuestro oído: el viento, el trinar de los pájaros, los animales domésticos, el transporte público, los aviones, una impresora, el encendido de un compresor, el corte de una cizalla, el arranque de un motor, etc.

Según el diccionario de la Real Academia Española, el ruido es un sonido inarticulado, por lo general desagradable; que por su característica genera molestias en la persona que lo escucha (Real Academia Española, 2017). Si bien es cierto, toda evolución vino acompañada de mejoras, en el caso de la evolución industrial estas mejoras fueron la reducción de los tiempos de producción, automatización de procesos, maquinaria especializada en cada área, etc., esta evolución también trajo aspectos negativos como ruido de origen industrial, contaminación, accidentes, crecimiento demográfico, migración, etc.

Se tiene conocimiento que la exposición al ruido se relaciona con diferentes síntomas como: falta de atención, dolor de cabeza, estrés, insomnio, mal humor, alteraciones en el sistema nervioso, lo que genera que el trabajador no descansa y no pueda recuperar fuerzas para desarrollar su jornada laboral. (González, Sierra, Martínez, Muraira, & Catalina, 2010)

Cifras de la misma OMS estiman que 360 millones de personas en el mundo viven con hipoacusia que les genera algún tipo de discapacidad (hipoacusia en rango moderado), siendo el 91% de estos casos en adultos y 56% en hombres. Esto representa el 5.3% de la

población mundial. (Díaz, Goycoolea, & Cardemil, 2016)

El ruido se lo puede clasificar en: estable que es aquel que no presenta una variación mayor a 5 dB(A) entre las mediciones de los valores máximos y mínimos durante un tiempo de observación de un minuto, no estable a diferencia del anterior este presenta una variación mayor a 5dBA entre las mediciones con el mismo tiempo de observación y como característica adicional este ruido se manifiesta de forma cíclica, ruido aleatorio aquel que presenta una variación mayor o igual a 5dBA durante el mismo tiempo de observación entre los valores máximos y mínimos y se presenta de forma variable en el tiempo y ruido de impacto que tiene como característica que la presión sonora (decibel) se reduce rápidamente en tiempo y su duración es menor a un segundo. (Cristian Andrés Peralta Yáñez., 2012)

El ruido industrial constituye un contaminante de gran interés que puede influir de forma negativa en la salud de los obreros expuestos al mismo en su centro laboral, por lo que muchos especialistas han dedicado su tiempo al estudio de las afectaciones auditivas condicionadas por la exposición del ambiente ruidoso por largos años sin el uso adecuado de los medios de protección. (Hernández Díaz & González Méndez, 2007)

La enfermedad más común generada por la exposición al ruido es la hipoacusia inducida, que es la disminución de la capacidad auditiva que representa una condición prevalente en la población, afecta alrededor de 360 millones de personas en todo el mundo, determinando

distintos niveles de discapacidad que van desde el aspecto físico hasta lo social y psicológico. (Telégrafo., 2018)

La más grave de las consecuencias por la exposición al ruido es la sordera, se conoce que un tercio de la población mundial y el 75% de los habitantes de ciudades industrializadas padecen algún grado de sordera o pérdida de la audición causados por sonidos de alta intensidad. La Organización Panamericana de la Salud refiere una prevalencia promedio de hipoacusia del 17 % para América Latina, en trabajadores con jornadas de 8 horas diarias, durante 5 días a la semana con una exposición que varía entre 10 a 15 años. según (Medina, Velásquez, Vargas, Henao, & Vásquez, 2014b)

Guayaquil concentra el 18.77% de las empresas a nivel nacional, lo que significa que en esta ciudad existen 165.963 empresas generando ingresos económicos a 804.495 afiliados, (Tabulados del Directorio de Empresas Y Establecimientos., 2017) todas estas empresas de una u otra forma generan niveles altos de exposición sonora durante el funcionamiento de las máquinas, equipos de oficina, acondicionadores de aire, y en especial las maquinas en industrias que a lo largo de sus líneas de producción tienen altos niveles de ruido que afectan a los trabajadores que manipulan dichas máquinas.

TABLICON S.A. es una fábrica líder a nivel nacional en la construcción de tableros eléctricos, que consta de cinco procesos definidos como: corte, soldadura, pintura, ensamble eléctrico y despacho. En esta fábrica se realizó una sonometría en el año 2015 y

entre los valores más altos obtenidos tenemos: Punzonadora P3 un valor medido de 98.63dB(A) con un tiempo (Ti) de exposición máxima de 1.2085 horas y dosis de 6.6192%; Punzonadora P1 un valor medido de 95.2dB(A) con un tiempo (Ti) de exposición máxima de 1.9453 horas y dosis de 4.1124%; Dobladora D7 se obtiene un valor medido de 91.2 dB(A) con un tiempo (Ti) de exposición máxima de 3.38 horas y dosis de 2.3619%. (“Estudio de Presión Sonora Tablicon.,” 2015)

Los valores antes indicados y otros más del proceso en el área Corte, sobrepasa el valor máximo que indica la norma local de 85dB(A) con un tiempo máximo de exposición de 8 horas y una dosis de 1%. (Reglamento De Seguridad Y Salud De Los Trabajadores Y Mejoramiento Del Medio Ambiente De Trabajo, 1986). Si comparamos ambos valores de dosis, el de la norma y de la sonometría, comprobamos que el valor de dosis de la sonometría en Tabicón supera por mucho el valor mínimo permitido, de tal manera que es importante y necesario buscar mecanismos para controlar y disminuir los niveles de ruido en esa área y que los trabajadores este menos expuestos.

En el proceso de Corte laboran 7 personas con jornadas de al menos 8 horas diarias de lunes a viernes y los días sábados hasta las 12:00, en este proceso se realizará el análisis del presente documento. En el proceso de corte, existen las máquinas que se indican en la Tabla 1, las cuales están instaladas en un área de 400 metros cuadrados, sin contar con división física entre ellas.

Tabla 1

Máquinas en el Proceso de Corte.

Marca.	Tipo de Máquina.	Modelo.	Cant. Maq.
Durmazlar.	Cortadora.	Hydraulic Shear VS3006	2
Durmazlar.	Dobladora.	AD-R-25100	4
Durmazlar.	Dobladora.	HAP-30120	1
Durmazlar.	Dobladora.	HAP-2560	1
Durmazlar.	Punzonadora.	TP-123	3

Elaborado por El Autor.

De las máquinas indicadas en la Tabla 1, las *Cortadoras* y las *Punzonadoras* producen ruido de Impacto, una máquina Punzonadora (**Figura No 1**) es aquella que cumple con la función de corte o perforado y son utilizadas para el mecanizado de distintos metales, para esto utiliza herramientas especiales llamados punzones que realiza el corte en el área seleccionada de tal manera que realiza agujeros en la plancha metálica obteniendo la figura o silueta previamente seleccionada. La Cortadora o cizalla para metal ejecutan cortes rectos porque posee dos cuchillas que se deslizan entre si hacia arriba y abajo o lo contrario, la fuerza de este aplastamiento sumado al filo que tengan las cuchillas permiten generar un corte sin dejar rastros. La dobladora hidráulica basa su funcionamiento en una uña metálica que baja al ser accionada por el operario. Esta acción por ser neumática es muy silenciosa en comparación con el resto de máquinas.

Tomemos en cuenta que la sonometría indicada en líneas anteriores fue realizada cuando estaban funcionando todas las máquinas de la Tabla 1. En la práctica, según nos indica el Jefe

del Área de Corte, la totalidad de las máquinas de la Tabla 1 funcionan en promedio el 60% a la vez al día, siendo las Punzonadoras y Cortadoras las que funcionan en mayor tiempo porque estas máquinas son las que inician el proceso de producción de tableros y electro canales.

Figura No. 1

Máquina Punzonadora TP-123



Fuente: (“DURMA TP123,” 2019)

Cabe indicar que TABLICON tiene 34 trabajadores entre personal de planta y administrativo, los cuales se ven afectados con la exposición de los niveles altos de ruido que se generan en el Área de Corte, ya que para ingresar a la planta necesariamente deben pasar por el área en mención.

En vista de lo antes indicado, es importante analizar los efectos del ruido en los trabajadores expuestos, sus repercusiones en su actividad laboral y proponer soluciones de mejora que permitan controlar o atenuar los niveles de ruido en dicha área, usando divisiones construidas con material acústico.

Se conoce como Acústica a la rama de la física que estudia al sonido desde su generación, transmisión, recepción, absorción, detección y

control. Los paneles acústicos tienen la propiedad de aislar o encapsular el sonido para que no sea transmitido a un área o lugar en especial. (Composan, 2017)

El estudio de las barreras acústicas comenzó en los Estados Unidos con el auge de los vehículos a motor y ferrocarriles en los años 70, el concepto del funcionamiento de una barrera acústica en teoría es muy simple, es reflejar parte de la onda sonora que incide y difractar aquella que la barrera no alcance a totalizar en su área de construcción, por eso un parámetro básico para la efectividad de una barrera acústica es su área de construcción. La barrera acústica es una estructura colocada entre la fuente y receptor que genera una zona donde la fuente no es percibida. Generalmente a esta zona se la conoce como sombra acústica. (García Quintero, 2003)

2 OBJETIVOS.

2.1 Objetivo general.

Diseñar un aislamiento acústico en el área de Corte para la máquina Punzonadora para evitar que el ruido que genera dicha máquina contamine el resto del área.

2.2 Objetivos específicos.

Proponer medidas que permitan controlar o atenuar los niveles de ruido en la fuente mediante el diseño de un aislamiento acústico en el área de Corte.

Identificar la/las máquinas que aportan con mayor nivel de ruido en el área de Corte para dirigir medidas para aislarlo del resto de áreas.

Proponer medidas complementarias que

permitan al trabajador mejorar su puesto de trabajo al disminuir la percepción del ruido.

3 MARCO TEÓRICO.

En las industrias debido a sus altos nivel de ruido y ante la presencia de máquinas donde es imposible eliminar la fuente de ruido porque es inherente a su funcionamiento, la siguiente opción para disminuirlo es aislar la fuente del ruido. En el caso de no ser esta opción viable por el tamaño o forma de la fuente de ruido, la siguiente opción es proteger al receptor. (Felicísimo Ayo Calvo, 2013). Otra opción en el caso de no ser viable aislar la fuente de ruido, previo a proteger el receptor, es modificar el medio de transmisión del ruido. Es decir, colocar barreras físicas entre la máquina que genera el ruido y el receptor, estas pueden ser cortinas o mallas acústicas, instalación de accesorios acústicos alrededor de la máquina, etc.

Para esto es necesario que el comprador de una máquina solicite previo a la compra la Declaración de Emisiones de Ruido (DER), este será el punto de inicio para conocer el impacto sonoro que tendrá esta máquina en el lugar de su funcionamiento, con el fin de generar las medidas para que el impacto sonoro en la industria no sea elevado. (Rodr, 2008)

En Chile, durante los últimos años, el incremento de barreras acústicas a lo largo de las vías de penetración y circunvalación de las grandes ciudades ha sufrido un incremento importante, cuyo motivo se debe a la concienciación por parte de los ciudadanos y de las administraciones, que la contaminación por ruido de tráfico es uno de los agentes

contaminantes que causan un gran deterioro en la calidad de vida. (F. Pfretzschner, J.; Simon, 1997)

3.1. Paneles Fonoabsorbentes Industriales.

En la industrial, el crecimiento sin la debida coordinación en la ampliación de sus instalaciones trae de la mano inconvenientes como: espacios reducidos para personal y/o maquinaria, instalaciones precarias para funcionamiento de máquinas, sobre población de ciertas áreas y en otro exceso de espacios sin productividad, área no aptas para el funcionamiento de ciertas maquinas, etc.

En un entorno industrial los niveles de ruido son muy altos, una de las posibles causas son sus paredes y techos acústicamente reflectantes, adicional al ruido generado por las máquinas se debe añadir el sonido reflectante que se genera por las numerosas reflexiones del sonido.

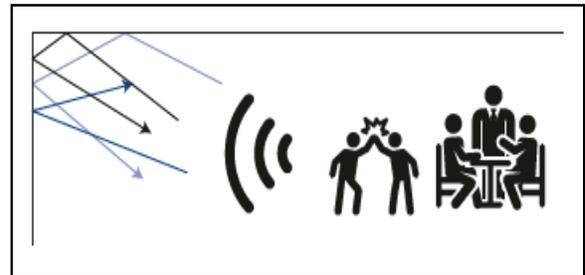
Una de las opciones para disminuir los niveles de ruido en el entorno industrial es la instalación de paneles fonoabsorbentes, estos consisten en incorporar en las paredes laterales donde se encuentra la fuente de ruido (Para este caso la fuente de ruido es la máquina Punzonadora), materiales que por su característica física (Porosidad y elasticidad) absorben parte del sonido que en ellas incide produciendo de esta forma la reducción de la reverberación; esto reduce el nivel de presión sonora en el área y a la vez disminuye la exposición del trabajador al ruido.

Se entiende por reverberación acústica al fenómeno que se genera en un recinto cuando

un frente de onda o campo directo incide sobre una superficie sea esta una pared, techo o suelo; el conjunto de esas reflexiones se denomina campo reverberante. **(Figura No. 2)**

Figura No. 2

Reverberación.



Autor: Isover Saint Gobain, 2018

La solución con paneles fonoabsorbentes busca una reducción colectiva del ruido y de manera especial la energía aportada por los “focos” alejados. Esta solución permite reducir significativamente la exposición del trabajador al ruido, instalar paneles fonoabsorbentes reduce el número de cerramientos necesarios para la maquinaria y de esta forma se altera en menor medida el área de producción habitual.

Una propiedad de los paneles fonoabsorbentes es que el material absorbente del sonido es de lana mineral, **(Figura No. 3)** estas cuando son diseñadas para el sector industrial contribuyen a la protección frente al ruido. Las características acústicas de las lanas minerales son: rigidez al flujo de aire, rigidez mecánica y absorción acústica. (Isover Saint Gobain, 2018)

3.2. Cerramientos y Cabinas Acústicas, Aspectos Técnicos.

Cerramiento acústico es una estructura que cubre o envuelve la fuente de ruido (Máquina), para proteger el entorno de la emisión sonora de la misma.

Figura No. 3

Plancha de Lana de Roca Rígida.



Fuente: (AE Acústica del Ecuador., 2019)

Una cabina acústica es un recinto diseñado especialmente para aislar a las personas (Por ejemplo, operarios de máquinas) del ruido ambiental, esta consiste en una estructura completamente envolvente.

Las cabinas o cerramientos acústicos se pueden construir de dos tipos: fijas y auto portantes y para estos existen diversos tipos de fabricación. Las cabinas fijas pueden ser construidas bajo dos formatos, panel sándwich y paneles desmontables.

Las cabinas auto portantes se construyen de tres tipos: Panel sándwich, panel desmontable y paneles de bandejas.

Para la construcción de cabinas o cerramientos acústicos, es necesario tomar en cuenta las condiciones físicas del lugar donde se la pretende instalar: accesos, obra civil, espacios, dimensiones y ubicación de la máquina, sistemas de ventilación y aspectos estéticos y/o físicos.

3.1 Generalidades.

La intensidad de las distintas actividades o fuentes sonoras se mide en decibeles (dB). La escala de medición sonora va desde 0 dB, que indica el umbral mínimo de percepción acústica, hasta el límite peligroso establecido en 160 dB por la OMS (Organización Mundial de la Salud). A nivel internacional se establece que un nivel de ruido entre 45 y 55 dB resulta molesto y desagradable. Estar expuesto a valores superiores a 85 y 120 dB puede causar la pérdida gradual, irreversible y permanente de la capacidad auditiva. (Morales, 2006). Para el medio local está fijado como límite máximo de presión sonora el de 85dB(A) medidos en el lugar donde habitualmente el trabajador mantiene la cabeza, en un tiempo máximo de exposición de 8 horas continuas.

Tabla 2

Los sonidos y sus valores

Lugar	Decibeles
Naturaleza	20 dB
Reloj despertador	30 dB
Conversación el alta voz	70 dB
Camión	90dB
Máquina perforadora neumática.	110 dB
Avión	125 dB
Prensa Neumática	66.5 dB

Elaborado por El autor

Tabla 3

El impacto físico

Decibeles.	Efecto.
30	Dificultad en conciliar el sueño. Pérdida de calidad de sueño.
40	Dificultad en la comunicación verbal.
45	Probable interrupción del sueño.
50	Malestar diurno moderado.
55	Malestar diurno fuerte.
65	Comunicación verbal extremadamente difícil.
75	Pérdida del oído a largo plazo.
110-140	Pérdida del oído a corto plazo.

Fuente: (Morales, 2006)

3.2 Causas de la exposición al ruido.

El entorno acústico industrial influye en tres aspectos importantes en el área de trabajo: confort acústico, salud y seguridad. El confort acústico trata sobre la comodidad en que se encuentra el trabajador con los niveles de ruido que existen en su área de trabajo, la salud sobre el riesgo de sordera y la seguridad sobre la capacidad a escuchar alarmas o sonidos de emergencia y de comunicarse con el resto de personal.

Los altos niveles de ruido ambiental son una causa frecuente de pérdida auditiva en las sociedades desarrolladas. Cuando esta exposición al ruido se asocia a actividades recreacionales o no relacionadas a la actividad laboral, la pérdida auditiva se conoce como Socioacusia. Por el contrario, cuando estos altos índices de ruido ambiental están presentes en los lugares de trabajo, se puede denominar el déficit auditivo como hipoacusia laboral. (Alonso Díaz, 2014)

Al ser innumerables las variables que inciden en el daño auditivo producto del ruido ocupacional, el cual variará dependiendo de la etapa en la vida laboral de cada trabajador, el tema del Ruido Ocupacional se torna complejo, no debiendo quedar sólo confinado en la evaluación de éste en los sitios de trabajo. Por este motivo, debe ser abordado desde una óptica global, macro, donde se consideren distintas acciones a seguir que engloben la evaluación, prevención, protección, seguimiento, determinación de la pérdida auditiva y, finalmente, la indemnización producto de esta enfermedad profesional. (Sánchez Valenzuela & Albornoz Villagra, 2006)

3.3 Enfermedades debido a la exposición al ruido.

La clasificación según el grado de pérdida se refiere a la ubicación de la capacidad auditiva dentro de los diferentes rangos de audición, definiéndose de la manera siguiente:

- Audición normal: 0-20 dB.
- Hipoacusia leve: 20-40 dB.
- Hipoacusia moderada: 40-60 dB.
- Hipoacusia severa: 60-80 dB.
- Hipoacusia profunda: 80 dB y más.

Se denomina traumatismo acústico al deterioro de la audición producido por la exposición a ruido. Este traumatismo se presenta como enfermedad profesional en individuos que ejercen ocupaciones en un medio en el que se mantiene de forma prolongada un ruido superior a 80 dB, conocido como Traumatismo Acústico

Crónico. La hipoacusia sensorio neural producida por ruido no tiene tratamiento alguno, es decir, una vez instalada no hay posibilidad de remisión. El esfuerzo debe dirigirse a la prevención, mediante la aplicación de medidas adecuadas. La profilaxis se basa en control audio métrico periódico junto con medidas de protecciones individuales y colectivas. (Otárola, Merino Francisco Otárola, Zapata Francisco, Finkelstein, 2006)

3.4 Definiciones.

De acuerdo a (Medina et al., 2014b) los trastornos que se generan por los niveles altos de ruido son:

Hipoacusia: Es la incapacidad total o parcial para escuchar sonidos en uno o ambos oídos. La hipoacusia es la disminución del nivel de audición por encima de lo que se considera normal, medida en decibeles (dB). Se promedia con frecuencias de 500,1000 y 2000 Hz; para salud ocupacional hasta 3000Hz y para el abordaje del paciente con pérdida auditiva inducida por ruido es importante la descripción de las frecuencias de los niveles desde 500 hasta 8000Hz, esto con el fin de precisar la severidad de la hipoacusia para las frecuencias agudas, que son las primeras en comprometerse.

Hipoacusia conductiva: Es la disminución de la capacidad auditiva por alteración a nivel del oído externo o del oído medio que impide la normal conducción del sonido al oído interno. Puede ser causada por cerumen, restos celulares y cuerpos extraños; la tumefacción del revestimiento del propio conducto; la atresia o

estenosis y los tumores del conducto; las perforaciones de la membrana timpánica, la alteración de la cadena de huesecillos como se observa en la necrosis de la apófisis larga del yunque en las causas de traumatismo o infección; la otosclerosis y los cuadros de acumulación de líquido, la cicatrización o tumores en el oído medio.

Hipoacusia neurosensorial: Disminución de la capacidad auditiva por la alteración a nivel del oído interno, del octavo par craneal o de las vías auditivas centrales. Las alteraciones más frecuentes se relacionan con las modificaciones en la sensibilidad coclear. (Medina, Velásquez, Vargas, Henao, & Vásquez, 2014a)

Hipoacusia mixta: Disminución de la capacidad auditiva por una mezcla de alteraciones de tipo conductivo y neurosensorial en el mismo oído, que se deben a entidades patológicas que afectan simultáneamente el oído medio e interno, como la otosclerosis de los ósculos y la cóclea, los traumatismos craneales, la otitis media crónica, el colesteatoma, los tumores del oído medio y algunas malformaciones del oído interno.

Hipoacusia ocupacional: Es un daño del oído interno por ruido o vibraciones debido a ciertos tipos de ocupaciones. (Medina et al., 2014b)

Hipoacusia Neurosensorial Profesional: Es la pérdida auditiva provocada por daño auditivo inducido por ruido laboral generalmente bilateral y simétrica, con caída tanto de la vía aérea como de la vía ósea inicialmente en la

frecuencia de 4.000 Hertzios, luego en todas las frecuencias del lenguaje hablado y posteriormente en todas las frecuencias auditivas. (Sandra., 2003)

Hipoacusia inducida por ruido (HIR): La HIR se define como la disminución de la capacidad auditiva de uno o ambos oídos, parcial o total, permanente y acumulativa, de tipo neurosensorial que se origina gradualmente, durante y como resultado de la exposición a niveles perjudiciales de ruido en el ambiente laboral, de tipo continuo o intermitente de intensidad relativamente alta (> 85 dB SPL) durante un periodo grande de tiempo, debiendo diferenciarse del Trauma acústico, el cual es considerado más como un accidente, más que una verdadera enfermedad profesional. La sigla SPL en inglés Sound Pressure Level, o Nivel de Presión Sonora, y es una medida de la intensidad acústica. O, dicho de otro modo, la intensidad de un sonido que depende de la presión del aire que crea la onda sonora. (Medina et al., 2014)

Existen diferentes métodos diagnósticos efectivos para hacer una detección temprana de la hipoacusia y así tomar una conducta adecuada para disminuir la progresión de la misma enfermedad, a pesar de esto hay evidencia que confirma que el daño generado por los diferentes nexos, es irreversible. Por lo tanto, el mejor tratamiento en estos casos es la adecuada prevención en estos trabajadores. (Medina et al., 2014b)

Como referencia en una empresa de 164 trabajadores, el 53% de los trabajadores manifestó una audición normal, mientras que la disminución auditiva tuvo lugar en un 47% de los trabajadores, de los cuales un 25.01% presentó disminución auditiva leve. Las zonas de trabajo presentaron niveles de ruido en un rango de 83 a 102 decibeles. El contar con más edad y mayor antigüedad no influyó en la disminución de la capacidad auditiva. Se sugiere ampliar el estudio con más antecedentes personales y datos extra-laborales que permitan conocer mejor a la población. (González et al., 2010)

Considerar que según (Manuel & García, 2016) la hipoacusia es una patología de exposición crónica y al momento que se presentan síntomas o alteraciones auditivas evidentes, ya existe un daño considerable el mismo que pudo ser evitado con medidas de prevención específicas.

En el caso de que se haya detectado una hipoacusia en un trabajador, el tratamiento de la misma se puede dividir en programas de rehabilitación auditiva, programas de consejería y educación y en dispositivos de ayuda auditiva, dentro de los que se incluyen los audífonos o dispositivos de asistencia auditiva y los implantes cocleares. (Díaz et al., 2016)

4 METODOLOGÍA.

El tipo de investigación se basa en algunos métodos que den como resultado el control de los niveles de ruido, por medio del uso de paneles acústicos en el área de Corte de la

Planta Tabicón S.A., con la finalidad de mejorar los aspectos de calidad ambiental y ambiente laboral.

Para esta metodología contamos con información existente en dicha planta como sonometrías, fichas médicas, catálogos de máquinas, datos obtenidos mediante consultas al personal que labora en el área de Corte y con personal de SSO.

4.1. Método descriptivo.

Por medio de este método deseamos conocer las condiciones en las cuales laboran el personal de Tabicón S.A., las mismas que nos permitan conocer si su puesto de trabajo está expuesto a niveles altos de ruido específicamente en el personal del área de Corte.

Para determinar si dicha área y sus trabajadores están expuestos a niveles altos de ruido nos apoyamos en la sonometría realizada en esta área en el año 2015.

Una vez determinado este dato, se diseñará una cabina para las máquinas Punzonadoras la misma que permita aislar el ruido que genera esta máquina al resto del área de Corte y de la Planta Tablicon. Adicionalmente se propondrán medidas complementarias, para que sumadas a la cabina acústica propuesta, puedan ser aplicadas en esta área para disminuir los niveles de ruido.

El estudio realizado es de tipo descriptivo y retrospectivo; de manera que se utiliza una investigación de campo generada previamente, esta investigación fue con datos generados de

forma directa en la misma planta. Se llevaron a cabo las mediciones del nivel de ruido en el ambiente de trabajo, equipos y herramientas, (Sonometrías). Esta investigación tiene los siguientes pasos:

Paso 1.- Recopilación de información como: fichas médicas, informes de sonometrías, identificación del área de trabajo, identificación de máquinas que generan más ruido.

Paso 2.- Análisis de la información indicada en el Paso 1: niveles de ruido, comparación de valores con normativa local, etc.

Paso 3.- Ubicación de áreas críticas en el área de Corte según los valores obtenidos y comparados con la norma local.

Paso 4.- Generación de soluciones de ingeniería las mismas que proponen diseños que finalmente disminuirán los niveles de ruido en el área. Entre estas soluciones se propondrá el diseño de cabinas construidas de paneles acústicos para encapsular el ruido para que no se transmita al área de pasillos o área común.

5. DESARROLLO.

En el caso de Tablicon S.A. las paredes del área de corte son de cemento, con tratamiento de empaste y acabado final de pintura, estas al ser lisas y rígidas, el ruido que se genera en el área por el funcionamiento de las máquinas se replican en las paredes aumentando el campo reverberante. Se diseñará para esta área un cerramiento acústico para la máquina Punzonadora que es la que mayor nivel de ruido "aporta" en el área Corte, cabe indicar que en esta área el espacio físico ya está totalmente

ocupado con las máquinas detalladas en la Tabla 1. Es decir, no existe opción para el ingreso de nuevas máquinas, pero si para el cambio de máquinas obsoletas por unas de nueva tecnología por lo tanto al momento de diseñar el cerramiento acústico se debe tomar en cuenta la posibilidad de desmontar al menos una parte del cerramiento para el movimiento de maquinaria.

En cuanto al sistema de ventilación, esta área cuenta con sistema aire acondicionado central, que mantiene la temperatura en un rango de 20 a 24 grados centígrados, cuenta también con cortinas o barreras de aire para evitar que se contamine esta área con temperaturas altas.

En base a lo antes indicado, consideramos que el cerramiento acústico ideal para esta área es con paneles desmontables, ya que en el caso de un futuro se desee ingresar nueva maquinaria o la re-organización de las máquinas de dicha área exista la posibilidad de desmontar los paneles sin afectar la estructura que los soporta.

Los cerramientos con sistema de paneles desmontables se fabrican mediante una estructura de soporte de tubos, formando un pórtico para el soporte lateral. Las guías inferiores y superiores se fabrican con plancha metálica formando perfiles en forma de U con el ancho de los paneles acústicos a usar. Sobre estas estructuras metálicas se montan los paneles acústicos desmontables, que se unen entre si y a la estructura mediante uniones que facilitan el montaje y desmontaje del cerramiento. En las uniones se pueden usar cierres rápidos o uniones macho – hembra para

disminuir el tiempo de montaje y desmontaje de los paneles.

Los paneles acústicos se construyen mediante un bastidor de plancha metálica galvanizada que servirá para el anclaje y soporte de las dos caras del panel, esta es igualmente construidas con plancha galvanizada de al menos 1.5mm de espesor. La cara exterior del cerramiento es lisa y con un acabado y textura acorde al resto del área en cuestión, la cara interior debe ser perforada al menos el 33% del área total de esta cara del panel. Entre estas dos caras se coloca la lana mineral formando de esta forma el panel acústico. **Ver Figura No. 4**

Las prestaciones acústicas de estos paneles, dependerá de la separación de las caras de plancha metálica y del espesor de la lana mineral en su interior. Estos paneles se fabrican a la medida del aislamiento necesario, siendo los valores típicos de aislamiento 30 – 45 dB.

En el techo del área de corte, actualmente se tiene planchas de cielo raso; estas al ser rígidas y lisas aumentan el campo reverberante generado por las máquinas. Se recomienda desmontar este techo e instalar el mismo formato de los paneles anteriormente descritos con lanas minerales y plancha metálica con cara inferior micro perforada y cara superior lisa, estos paneles pueden ser montados sobre las vigas metálicas existentes y que sujetan el actual cielo raso. **Ver Plano No. 1**

En las paredes del área de Corte, que por el diseño civil de la planta Tablicon S.A., no pueden ser demolidas se recomienda usar espumas acústicas instaladas directamente sobre las paredes; estas ayudaran al

cerramiento y al techo acústico a disminuir los niveles de ruido que se generan en esta área.

Ver Plano No. 2

Para el diseño propuesto se espera un Índice de Reducción Sonora (Rw) de 36 dB, tomando en cuenta que se usa un panel de Barrera Acústica Fonoabsorbente micro perforado una cara 8 centímetros de lana de roca 120kg/m³.

6 CONCLUSIONES.

Elegir y diseñar las barreras o cabinas acústicas desde un punto de vista técnico, tomando consideraciones en el sitio que se desea instalar como espacios físicos, pasillos, operarios de máquinas, ventilación, salidas de emergencia, depósitos de materiales, etc. Lo antes detallado se encierra en el contexto que no se diseñó con el tiempo debido la instalación de máquinas que previa a la compra se sabía que durante su funcionamiento iban a generar altos niveles de ruido.

Organizar e instalar las máquinas de tal forma que permitan su normal funcionamiento y que los niveles de ruido generados por estas no superen lo indicado por la norma local, en la práctica y por el desconocimiento de las empresas en temas de control de niveles de ruido la ubicación de las máquinas se limita solo al espacio físico necesario sin tomar en cuenta otras consideraciones importantes.

Implementar un cerramiento acústico en el área de Corte es indispensable para controlar los niveles de ruido, con esto

evitamos que el ruido contamine el exterior de la cabina y al interior los niveles de ruido mantenerlos controlados.

Considerar instalar paneles y techo acústico Ecológicos, Ignífugos, Hidrófugos, Higiénicos. Es decir, deben ser amigables con el medio ambiente, fáciles de limpiar, retardante a la llama y anti hongos.

Elaborar un mapa de ruido en las fábricas previo a su construcción civil, en base a las máquinas que van a instalar considerando los niveles de ruido que estas generarán, de tal forma que durante el diseño se aseguren espacios con niveles de ruido controlados.

7 RECOMENDACIONES.

Reorganizar las máquinas del área de Corte y separarlas entre las que por su funcionamiento generan más y menos ruido, de esta forma podemos considerar diseñar un cerramiento acústico en toda el área donde se ubican las máquinas Punzonadoras y Cortadoras.

Generar un mapa de ruido en el área de Corte, esto permitirá conocer los lugares donde existan niveles altos, medios y bajos de ruido.

Solicitar el DER de las máquinas para el caso de compras futuras, esto permitirá definir la mejor ubicación de las máquinas pensando en que los niveles de ruido del área no superen los niveles de la norma local; y en el caso de sobre pasarlos crear medidas preventivas en el trabajador para que este no tenga mayor afectación.

Construir en las paredes laterales ventanales tipo malla, las que permitirán que los ruidos generados por las máquinas salgan hacia los corredores laterales del área de Corte y se eliminen debido a la distancia. En este contexto, se recomienda colocar al exterior de las ventanas, plantas que cubran la totalidad del área de la ventana ya que estas permitirán que el ruido se disipe entre las hojas y ramas de la planta.

Implementar señales luminosas de acuerdo a las emergencias o novedades que se presenten en el área y que por los niveles de ruido no pueden ser escuchados con facilidad.

Implementar un plan de audiometrías periódicas al personal involucrado en el área de Corte, en especial a los que más tiempo han laborado en esta área; estos exámenes permitirán detectar a tiempo hipoacusias en el personal. Se recomienda para los trabajadores expuestos a un nivel superior a 85dB(A) una audiometría cada seis meses y para aquellos trabajadores expuestos entre 80 – 85dB(A) una audiometría anual.

Mantener al personal con los equipos de protección como orejeras o tapones auditivos, los mismos que deben ser escogidos de acuerdo a los niveles de ruido en el área.

Capacitar constantemente al personal en temas relacionados con los riesgos identificados en su área de trabajo como

ruido, posiciones forzadas, levantamiento de cargas, etc.

Rotar al personal del área para mantenerlos con los niveles de exposición al ruido que permite la norma local.

Instalar en futuras construcciones pisos anti vibratorios y acústicos, estos se instalan sobre una base de hormigón armado y tienen una resistencia comercial de 1000Kg/m². Para el caso de Tablicon S.A. en el área de Corte esta solución es poco viable ya que implicaría parar la producción de la planta casi en su totalidad para trasladar las máquinas al exterior del área y ejecutar obras civiles las mismas que tomarían aproximadamente 10 a 15 días; desde el punto de vista Costo vs. Beneficio no justifica dicha inversión.

8 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

AE Acústica del Ecuador., A. A. del. (2019). "ae" Acústica Ecuador, (04), 2386.

Alonso Díaz, J. A. (2014). Resultados de la aplicación del protocolo de ruido en trabajadores expuestos a un nivel de ruido continuo diario equivalente igual o superior a 85 decibelios (A). *Medicina y Seguridad Del Trabajo*, 60(234), 9–23.
<https://doi.org/10.4321/S0465-546X2014000100003>

Composan. (2017). MANUAL Aislamiento Acústico, 194. Retrieved from

- ftp://ftp.cype.net/documentaciontecnica/composan/composan_acustica.pdf
- Cristian Andrés Peralta Yáñez. (2012). *Prevalencia de la Pèrdua Auditiva en los Trabajadores Expuestos a Ruido Industrial en la Empresa Metalmecánica S.A.* Universidad Politécnica Nacional.
- Díaz, C., Goycoolea, M., & Cardemil, F. (2016). Hipoacusia: Trascendencia, Incidencia Y Prevalencia. *Revista Médica Clínica Las Condes*, 27(6), 731–739. <https://doi.org/10.1016/j.rmcl.2016.11.003>
- DURMA TP123. (2019).
- Estudio de Presión Sonora Tablicon. (2015).
- F. Pfretzschner, J.; Simon, F. (1997). Barreras Acústicas y Ruido de Tráfico. *Instituto De Acústica (Csic)*, 28(nº 3-4), 36–38. Retrieved from <http://www.uax.es/publicacion/estudio-de-la-tipologia-de-las-pantallas-acusticas-normativa-y-estado.pdf>
- Felicísimo Ayo Calvo. (2013). Ruido Emitido Por Las Maquinas, 1–11.
- García Quintero, C. (2003). Estudio de pantallas acústicas “ in situ ”., 62.
- González, B. Z., Sierra, V. P., Martínez, J. I. V., Muraira, Y. C., & Catalina, V. R. (2010). Disminución Auditiva de Trabajadores Expuestos a Ruido en una empresa Metalmecánica. *Ciência & Trabajo*, 35(April 2016), 233–236. Retrieved from <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3218435&orden=254420&info=link>
- Hernández Diaz, A., & González Méndez, B. M. (2007). Alteraciones Auditivas En Trabajadores Expuestos Al Ruido Industrial. *Med Segur Trab*, 53, 208. <https://doi.org/10.4321/S0465-546X2007000300003>
- Isover Saint Gobain. (2018). Acústica para Aplicaciones Industriales. *Saint Gobain Isover Ibérica, S.L.*
- Manuel, L., & García, T. (2016). Expuestos a Ruido Applicability of a Standardized Instrument To Evaluate the Hearing Loss Induced By Noise in Workers, 17(1), 17–23.
- Medina, Á. M., Velásquez, G. I., Vargas, L. G., Henao, L. M., & Vásquez, E. M. (2014a). Sordera ocupacional: una revisión de su etiología y estrategias de prevención. *Revista CES Salud Pública*, 4, 116–124. Retrieved from http://revistas.ces.edu.co/index.php/ces_salud_publica/article/view/2624
- Medina, Á. M., Velásquez, G. I., Vargas, L. G., Henao, L. M., & Vásquez, E. M. (2014b). Sordera ocupacional: una revisión de su etiología y estrategias de prevención (Occupational deafness: a review of its etiology and prevention strategies) [Surdez ocupacional: uma revisão das estratégias de etiologia e prevenção]. *Revista CES Salud Pública*, 4, 116–124. Retrieved from http://revistas.ces.edu.co/index.php/ces_salud_publica/article/view/2624
- Morales, C. (2006). El ruido deja en silencio al planeta. *Ciencia & Trabajo*, 8(20), A45–A49.

Otárola, Merino Francisco Otárola, Zapata

Francisco, Finkelstein, K. A. (2006). Ruido Laboral y su Impacto en Salud. *Ciencia & Trabajo | ABRIL / JUNIO 2006 |Nº20*
Www.Cienciaytrabajo.Cl | 47/51
Www.Cienciaytrabajo.Cl | 47/51, 8(May 2000), 47–51. Retrieved from <http://www.fiso-web.org/imagenes/publicaciones/archivos/2567.pdf>

Real Academia Española. (2017). Diccionario de la Lengua Española. *Real Academia Española (RAE)*. Retrieved from <http://dle.rae.es/?id=UV6hPaS>

Reglamento De Seguridad Y Salud De Los Trabajadores Y Mejoramiento Del Medio Ambiente De Trabajo. (1986). *Reglamento De Seguridad Y Salud De Los Trabajadores Del Medio Ambiente De Trabajo*. Retrieved from www.relacioneslaborable.com

Rodr, M. A. (2008). El control pasivo de ruido como elemento de la seguridad industrial, 32–41.

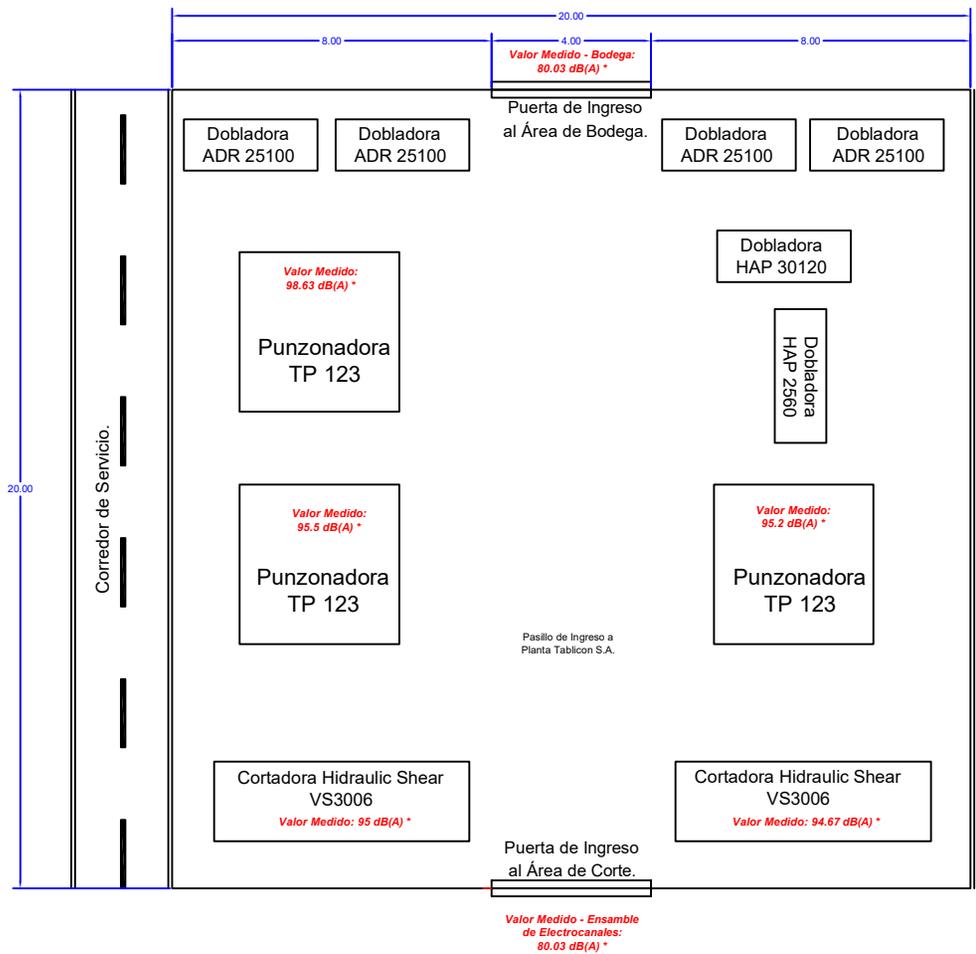
Sánchez Valenzuela, M. A., & Albornoz Villagra, C. E. (2006). Estrategia frente a la problemática del ruido ocupacional. *Cienc. Trab*, 8(20), 58–64.

Sandra., D. G. y D. (2003). Sandra., Duque Gustavo y Duque. *Seguro General de Riesgos Del Trabajo.*, 26–31.

Tabulados del Directorio de Empresas Y Establecimientos. (2017). *Ecuador - Directorio de Empresas y Establecimientos 2013*. Retrieved from <http://anda.inec.gob.ec/anda/index.php/cat>

alog/345/get_microdata

Telégrafo., D. El. (2018). La discapacidad auditiva afecta a 360 millones de personas en el mundo. Retrieved from <https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/sociedad/6/la-discapacidad-auditiva-afecta-a-360-millones-de-personas-en-el-mundo>



SIMBOLOGÍA

-  Pilares Metálicos Tipo Tubo.
-  Paneles Acústicos Fonoabsorbentes 20mm de espesor de lana de vidrio, aislamiento acústico normalizado 39.8 dB(A).
-  Espumas Acústicas Instaladas en Pared, aislamiento acústico teórico 65 dB(A).
-  Ventanales Tipo Malla.
-  Área con Techo Acústico.

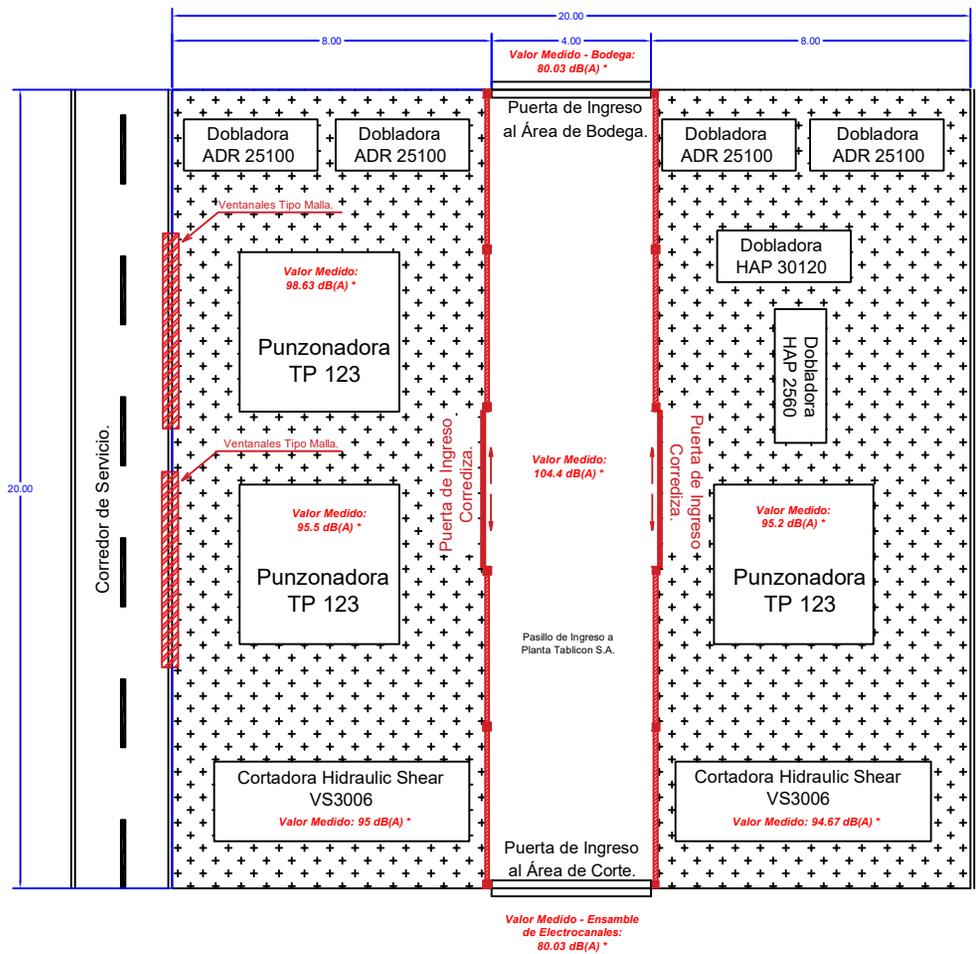
* **Valores obtenidos del Estudio de Presión Acústica Tablicon 2015.**

Diseño De Un Cerramiento Acústico Para Disminuir El Ruido En Una Planta Metal Mecánica Mediante El Uso De Paneles Fonoabsorbentes.

Nombre del Plano:
Vista de Planta Área de Corte.

Plano No. 1





SIMBOLOGÍA

-  Pilares Metálicos Tipo Tubo.
-  Paneles Acústicos Fonoabsorbentes 20mm de espesor de lana de vidrio, aislamiento acústico normalizado 39.8 dB(A).
-  Espumas Acústicas Instaladas en Pared, aislamiento acústico teórico 65 dB(A).
-  Ventanales Tipo Malla.
-  Área con Techo Acústico.

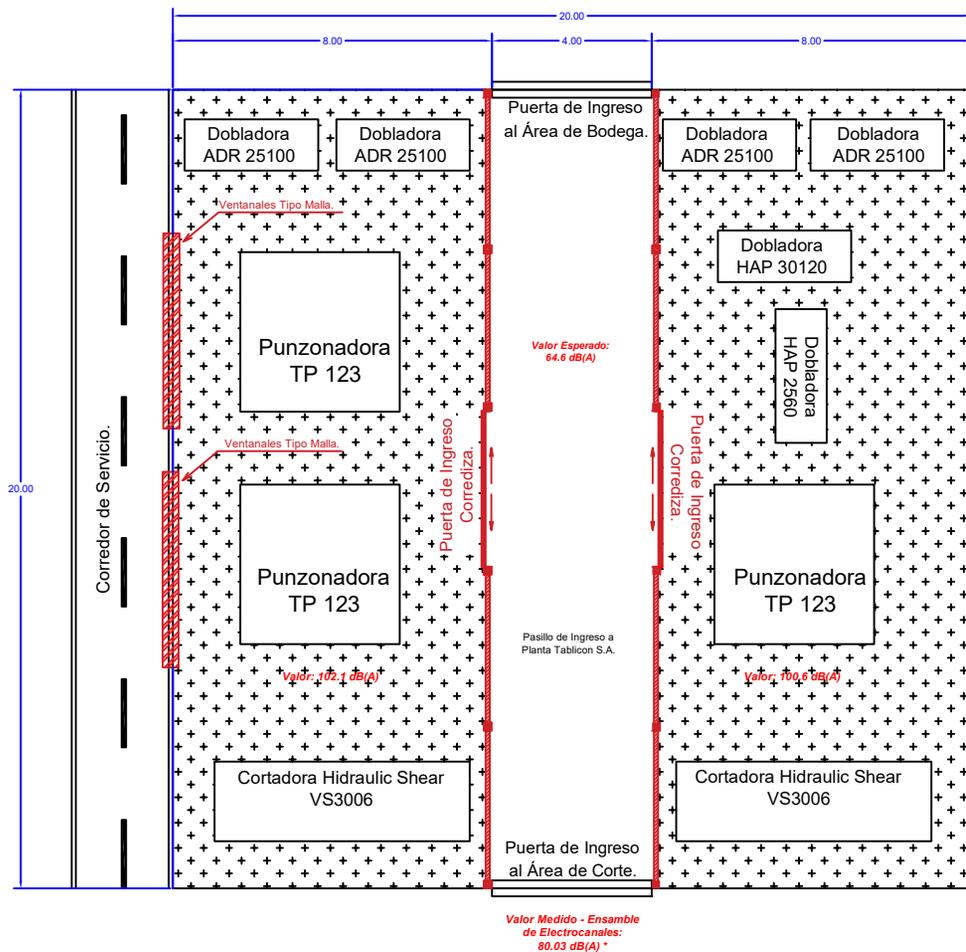
* **Valores obtenidos del Estudio de Presión Acústica Tablicon 2015.**

Diseño De Un Cerramiento Acústico Para Disminuir El Ruido En Una Planta Metal Mecánica Mediante El Uso De Paneles Fonoabsorbentes.

Nombre del Plano:
Vista de Planta Área de Corte, Valores Previos a la Implementación del Cerramiento Acústico.

Plano No. 2





Indice de Aislamiento Acústico.

$R = Lp1 - Lp2.$
 $R = 102.1 - 80$
 $R = 22.1$ (Aislamiento Acústico Mínimo)

$102.1 - 39.8 = 62.3$ dB(A)

$R = Lp1 - Lp2.$
 $R = 100.6 - 80$
 $R = 20.6$ (Aislamiento Acústico Mínimo)

$100.6 - 39.8 = 60.8$ dB(A)

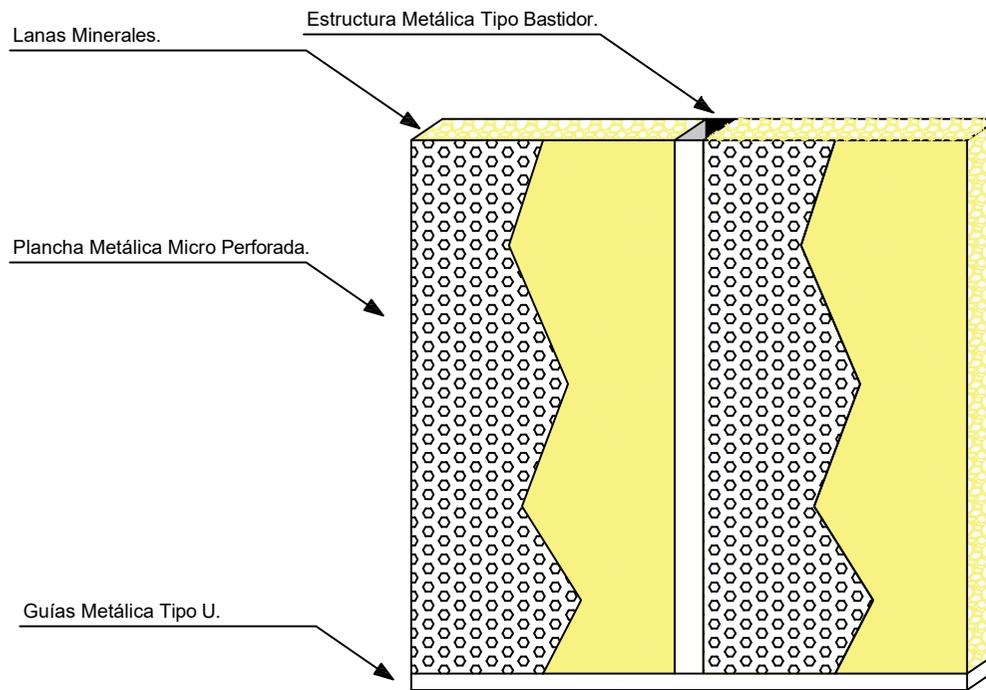
Valor esperado usando los materiales acústicos indicados en el Plano No. 2: 64.6 dB(A)

Diseño De Un Cerramiento Acústico Para Disminuir El Ruido En Una Planta Metal Mecánica Mediante El Uso De Paneles Fonoabsorbentes.

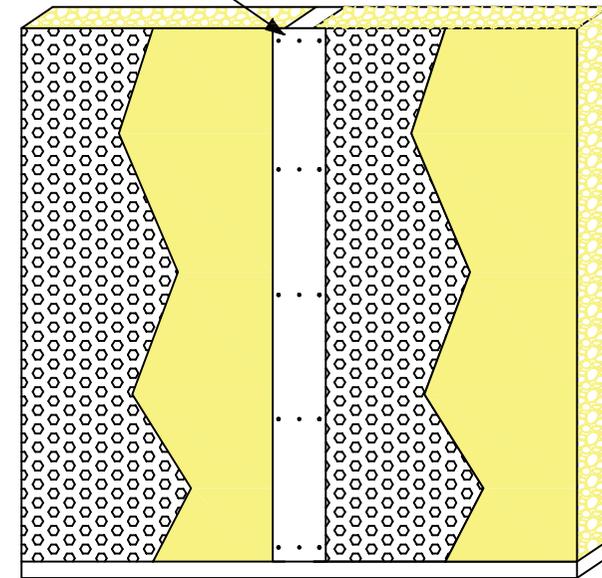
Nombre del Plano:
 Vista de Planta Área de Corte, Valores
 Luego de la Implementación del Cerramiento
 Acústico.

Plano No. 3





Uniones Metálicas Sujetadas con Tornillos Punta Perforante.

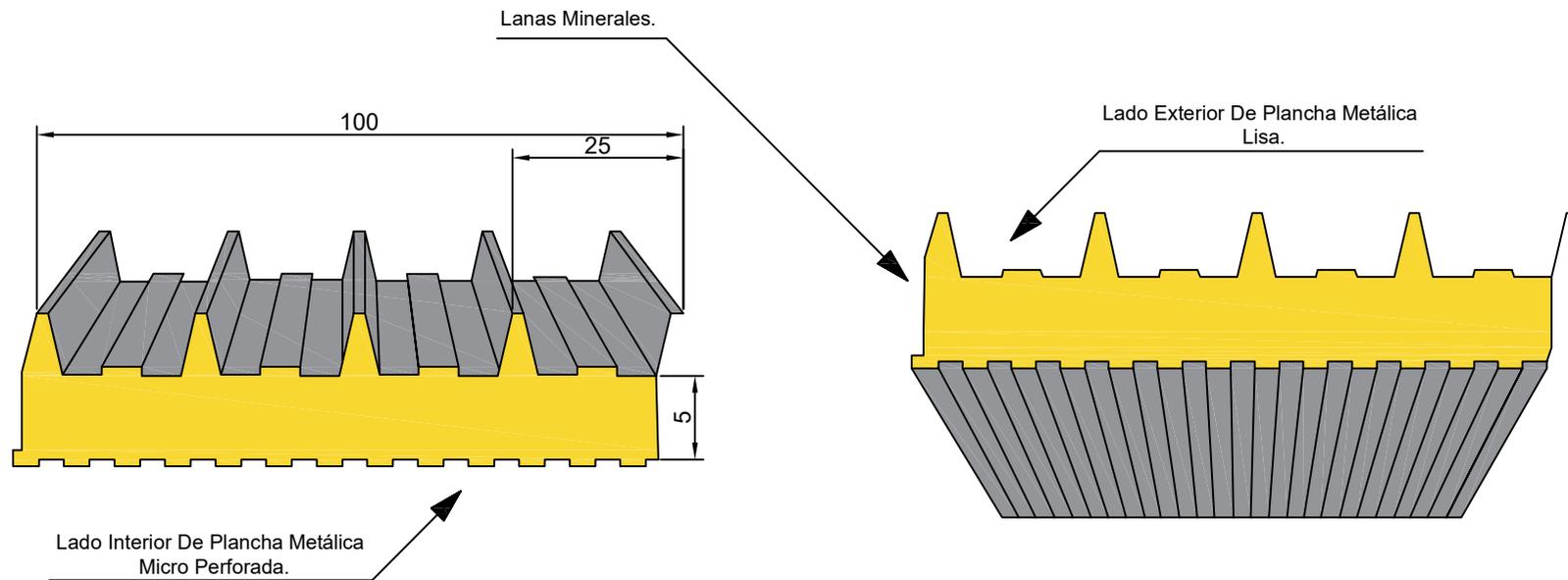


Diseño De Un Cerramiento Acústico Para Disminuir El Ruido En Una Planta Metal Mecánica Mediante El Uso De Paneles Fonoabsorbentes.

**Nombre del Plano:
Paneles Fonoabsorventes Desmontables.**

Figura No. 4

Sin Escala.



Diseño De Un Cerramiento Acústico Para Disminuir El Ruido En Una Planta Metal Mecánica Mediante El Uso De Paneles Fonoabsorbentes.

**Nombre del Plano:
Techo Acústico Fono Absorbente.**

Plano No. 1
Sin Escala.
Medidas en cm.