



**FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGROPECUARIAS.**

**DISEÑO DE UNA MÁQUINA GENERADORA DE RUIDO DE IMPACTO PARA  
EVALUACIÓN DE AISLAMIENTO ACÚSTICO EN PARTICIONES.**

**Trabajo de titulación presentado en conformidad a los requisitos  
Establecidos para optar por el título de  
Ingeniero en Sonido y Acústica.**

**Profesor Guía  
Ing. Christiam Garzón MSc.**

**Autor  
Alexis Wladimir Vinueza Quiñonez.**

**Año  
2010**

### **DECLARACIÓN DEL PROFESOR GUÍA**

Declaro haber dirigido este trabajo a través de reuniones periódicas con el estudiante, orientando sus conocimientos para un adecuado desarrollo del tema escogido, y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación.

.....

Ing. Christiam Garzón MSc.

C. I. 171364462-1

### **DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE**

Declaro que este trabajo es original, de mi autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes.

.....

Alexis Wladimir Vinueza Quiñonez

C.I. 172175187-1

## **AGRADECIMIENTO**

Quiero agradecer a Dios, a mi madre por siempre estar apoyándome y motivándome a cumplir mis metas, a mis profesores por compartir sus conocimientos conmigo y guiarme durante esta etapa. Quiero agradecer también de manera muy especial al Ing. Fernando Ramírez por brindarme la ayuda necesaria para la realización de este trabajo.

**DEDICATORIA**

A la persona que siempre ha estado presente y que con su amor incondicional ha sabido guiarme en este camino, mi madre.

## RESUMEN

En el mundo cada vez se incrementan más los problemas ocasionados por la contaminación acústica, a medida que el problema avanza se hace evidente la falta de nuevas herramientas que permitan controlar estos problemas, la utilización de herramientas especializadas permite enfocar a los problemas más graves y de esta manera proporcionar soluciones efectivas.

Una máquina generadora de ruido de impactos es una de las herramientas que permiten identificar problemas asociados con el ruido, principalmente se la usa para evaluar el aislamiento en particiones tal como el suelo-techo.

Durante el desarrollo de este trabajo se analizará a la norma ISO 140-7, esta es una norma internacional que se enfoca en el aislamiento acústico en los edificios y en los elementos de construcción. Esta norma proporcionará muchas características que debe cumplir una máquina generadora de ruido de impacto para que las mediciones realizadas empleando esta herramienta sean de notable precisión.

En torno a las especificaciones redactadas en la norma ISO 140-7 se proporcionará un diseño de una máquina generadora de ruido de impactos que cumpla con los requerimientos mencionados.

Para finalizar se hará un análisis de las ventajas y desventajas que presenta el diseño propuesto para, de esta manera, identificar cuan factible es su implementación.

## ABSTRACT

The problems caused by acoustic contamination in the world are increasing, as the problem advances the lack of new tools that allow to control these problems becomes evident, the use of specialized tools allows the focus on the most serious problems and this way providing effective solutions.

An impact noise generator is one of the tools that allows the identification of problems associated with noise, is mainly used it to evaluate the isolation in partitions such as ground-ceiling.

During the development of this work the ISO 140-7 norm would be analyzed, this is an international norm that focuses in the sound insulation in buildings and the elements of construction. This norm will provide many characteristics that the impact noise generator must fulfill so that the measurements made using this tool would be of remarkable precision.

On the specifications written on the ISO 140-7 norm a design of an impact noise generator will be provided that fulfills the mentioned requirements.

At the end an analysis will be made of the advantages and disadvantages that the design proposed in order to identify how feasible is its implementation.

# ÍNDICE

<b>Capítulo 1. Introducción. ....</b>	<b>1</b>
1.1 Formulación del problema. ....	1
1.2 Objetivos. ....	2
1.2.1 Objetivo General. ....	2
1.2.2 Objetivos Específicos. ....	2
1.3 Alcance. ....	3
1.4 Metodología Y Estructura Del Trabajo. ....	3
1.4.1 Hipótesis. ....	3
1.4.2 Etapas. ....	3
1.4.3 Estructura Temática. ....	4
<b>Capítulo 2: sonido, ruido, audición y psicoacústica. ....</b>	<b>5</b>
2.1 Introducción. ....	5
2.2 Sonido. ....	5
2.2.1 Definición. ....	5
2.2.2 Propiedades Del Sonido. ....	5
2.2.3 Variables Subjetivas Del Sonido. ....	8
2.3 Ruido. ....	9
2.3.1 Definición. ....	9
2.3.2 Tipos De Ruido. ....	10



2.3.3 Medida Del Ruido.....	10
2.3.4- División Del Espectro.....	12
2.3.5- Contornos De Igual Intensidad.....	12
2.3.6- Curvas De Ponderación Frecuencial.....	13
2.3.7- Contaminación Acústica.....	14
2.3.8. Instrumentos De Medición De Ruido Ambiental.....	16
<b>2.4. Audición.....</b>	<b>18</b>
2.4.1. Fisiología Del Oído Humano.....	18
2.4.1.1. Oído Externo.....	19
2.4.1.2 Oído Medio.....	19
2.4.1.3. Oído Interno.....	19
2.4.2. Mecanismos De Autoprotección Del Oído.....	20
2.4.2. Umbrales De La Audición.....	21
<b>2.5. Psicoacústica.....</b>	<b>23</b>
2.5.1. Altura.....	23
2.5.2. Sonoridad.....	24
<b>Capitulo 3. Efectos del ruido en el ser humano.....</b>	<b>26</b>
3.1. Introducción.....	26
3.2. Efectos Fisiológicos.....	26
3.3. Efectos Psicológicos.....	27
3.4. Efectos Sociales Y De Comportamiento.....	27
<b>Capitulo 4. Norma ISO 140-7.....</b>	<b>28</b>

4.1	Introducción.....	28
4.2	Requisitos De La Máquina De Impactos.....	28
	<b>Capitulo 5. Diseño de la máquina de impactos .....</b>	<b>32</b>
5.1	Introducción.....	32
5.2	Martillos.....	34
5.3	Leva.....	36
5.4	Eje De Levas.....	40
5.5	Soporte De Leva.....	42
5.6	Motor.....	44
5.7	Regle Superior E Inferior.....	47
5.8	Soporte Longitudinal.....	48
5.9	Haladera.....	49
5.10	Placas Internas Y Externas.....	50
5.10.1	Placa Frontal.....	50
5.10.2	Placa Trasera.....	52
5.10.3	Placas Internas.....	53
5.11	Diseño Eléctrico.....	55
5.11.1	Corriente Alterna.....	55
5.11.2	Corriente Continua.....	58
5.12	Vista General.....	59
5.12.1	Movimientos.....	59

5.12.2 Vista Lateral. ....	62
5.11.2 Vista Superior. ....	63
5.12.3 Vista Frontal. ....	64
<b>5.13 Información Adicional. ....</b>	<b>65</b>
5.13.1 Acero. ....	66
5.13.1.1 Acero A-36. ....	66
5.13.1.2 Acero 1018. ....	67
5.13.1.3 Acero 1045. ....	68
<b>Capitulo 6. Análisis Económico. ....</b>	<b>70</b>
6.1 Introducción. ....	70
6.2 Presupuesto. ....	70
<b>Capitulo 7. Análisis FODA. ....</b>	<b>75</b>
7.1 Introducción. ....	75
7.2 Fortalezas. ....	75
7.3 Oportunidades. ....	76
7.4 Debilidades. ....	76
7.5 Amenazas. ....	77
<b>Capitulo 8. Conclusiones. ....</b>	<b>78</b>
Bibliografía. ....	80
ANEXOS. ....	83

## Índice de figuras.

<b>Figura 2.1.</b> Salud y niveles de ruido	6
<b>Figura 2.2.</b> Onda sinusoidal	7
<b>Figura 2.3.</b> Longitud de onda	7
<b>Figura 2.4.</b> Ruido	9
<b>Figura 2.5.</b> Comparación de contornos de igual intensidad y curvas Fletcher Munson	13
<b>Figura 2.6.</b> Contaminación Acústica	16
<b>Figura 2.7.</b> Tiempos de respuesta en ataque y decaimiento de los sonómetros.	17
<b>Figura 2.8.</b> Oído humano	18
<b>Figura 2.9.</b> Campo audible en dB y frecuencias	22
<b>Figura 2.10.</b> Rango de frecuencias audibles	22
<b>Figura 2.11.</b> Variación de la altura percibida de tonos puros en función del nivel sonoro	23
<b>Figura 2.12.</b> Contornos de igual sonoridad	24
<b>Figura 2.13.</b> Filtros auditivos y patrones de enmascaramiento	25
<b>Figura 4.1.</b> Límites de tolerancia de curvatura de las cabezas de los Martillos	30
<b>Figura 5.1.</b> Martillos de la máquina de impactos	35
<b>Figura 5.2.</b> Leva de la máquina de impactos	37

<b>Figura 5.3.</b> Grafica para obtener la curvatura de la leva	38
<b>Figura 5.4.</b> Eje de levas de la máquina de impactos	41
<b>Figura 5.5.</b> Soporte de leva de la máquina de impactos	43
<b>Figura 5.6.</b> Motor empleado en el diseño de la máquina de impactos	45
<b>Figura 5.7.</b> Acople flexible de la máquina de impactos	46
<b>Figura 5.8.</b> Regle superior e inferior de la máquina de impactos	47
<b>Figura 5.9.</b> Soporte longitudinal de la máquina de impactos	48
<b>Figura 5.10.</b> Haladera de la máquina de impactos	49
<b>Figura 5.11.</b> Placa frontal de la máquina de impactos	50
<b>Figura 5.12.</b> Placa trasera de la máquina de impactos	52
<b>Figura 5.13.</b> Placas internas de la máquina de impactos	54
<b>Figura 5.14.</b> Variador de frecuencia de la máquina de impactos	56
<b>Figura 5.15.</b> Contador de la máquina de impactos	57
<b>Figura 5.16.</b> Fuente rectificadora regulable de la máquina de impactos	58
<b>Figura 5.17.</b> Movimiento de las levas y martillos	59
<b>Figura 5.18</b> Transmisión estructural producida por el golpe de un martillo de la maquina.	61
<b>Figura 5.19.</b> Vista lateral de la máquina de impactos	63
<b>Figura 5.20.</b> Vista superior de la máquina de impactos	64
<b>Figura 5.21.</b> Vista frontal de la máquina de impactos	65
<b>Figura 5.22.</b> Acero inoxidable	66
<b>Figura 5.23.</b> Placa de acero A-36	67

**Figura 5.24.** Acero 1018 visto desde el microscopio 68

**Figura 5.25.** Acero 1045 visto desde el microscopio 69

## Índice de fórmulas

<b>2.1.</b> Nivel de presión sonora ( <b><i>NPS</i></b> o <b><i>Lp</i></b> )	6
<b>2.2.</b> Periodo ( <b><i>T</i></b> )	7
<b>2.3.</b> Longitud de onda ( <b><math>\lambda</math></b> )	8
<b>2.4.</b> Nivel instantáneo o nivel de presión sonora ( <b><i>Lp</i></b> )	11
<b>2.5.</b> Nivel sonoro continuo equivalente ( <b><i>Leq</i></b> )	11
<b>2.6.</b> Función para obtener la curvatura de la leva ( <b><i>R</i></b> )	38
<b>2.7.</b> Fuerza de excitación producida ( <b><i>F</i></b> )	60

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 5.1.</b> Calculo del peso de la máquina de impactos	33
<b>Tabla 5.2.</b> Valores de R.	39
<b>Tabla 6.1</b> Lista de materiales y precios	71
<b>Tabla 6. 2.</b> Valores de mano de obra	73
<b>Tabla 6.3.</b> Valor final de la primera máquina (prototipo)	73



# Capítulo I. Introducción

---

El ruido de impacto es causado por una perturbación (golpe) que hace vibrar a un elemento o elementos de una estructura, dichas perturbaciones se producen principalmente debido a la caída de objetos, gente caminando, martillazos, arrastre de muebles, golpes de puertas, etc. Y que afecta principalmente a las personas que se encuentran ubicadas en recintos adyacentes, lo cual se agrava en lugares de descanso.

Una máquina generadora de ruido de impacto se usa para excitar una estructura (principalmente el suelo), el ruido generado por la máquina, al igual que el tiempo de reverberación, se miden en la sala receptora.

En el presente trabajo, para el diseño de la máquina generadora de ruido de impacto se empleará a la norma ISO 140-7 la cual especifica detalles acerca del funcionamiento y rendimiento de la máquina, así como, el proceso correcto de llevar a cabo las mediciones usando a la misma.

Con el diseño se pretende reducir el costo que actualmente presenta la máquina, además de facilitar a los profesionales especializados el conseguir este equipo en el Ecuador, ya que en la actualidad no se dispone de uno.

La finalidad del uso de una máquina generadora de ruido de impacto es la obtención de datos más precisos durante la medición, y, por lo tanto, la entrega de soluciones más efectivas a los posibles problemas que se presenten.

## 1.1 Formulación del problema

Los efectos que el ruido ejerce sobre el ser humano dependen en mayor o menor medida a la naturaleza o tipo de ruido y al tiempo de exposición. El ruido

de impacto genera impulsos de gran intensidad y de corta duración, por este motivo resulta generar una molestia mayor sobre las personas.

Este tipo de ruido afecta en su mayoría al confort, lo que ocasiona que los individuos expuestos a ruidos de impacto presenten mayor irritabilidad, cambios en la conducta y en algunos casos, si la exposición ha sido prolongada, pérdidas en la audición.

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo general**

Diseñar una máquina generadora de ruido de impacto para evaluar el aislamiento acústico en particiones suelo-techo mediante el uso de la norma ISO 140-7.

### **1.2.2 Objetivos específicos**

- Investigar y estudiar sobre el correcto funcionamiento de una máquina generadora de ruido de impacto.
- Diseñar una máquina generadora de ruido de impacto que se ajuste a las especificaciones fijadas en la norma ISO 140-7.
- Proponer un diseño que cumpla con la norma ISO 140-7 que garantice un desempeño óptimo y presente facilidad en su uso.
- Realizar una comparación entre el costo que presenta la construcción del diseño propuesto y el costo que actualmente presenta este equipo.
- Realizar un análisis de los puntos positivos y negativos que implicaría la construcción de una máquina generadora de ruido de impactos en el Ecuador.

### **1.3 Alcance**

Se planteará un diseño para una máquina de impactos cuya finalidad será la de reducir el costo que presenta este equipo, se plantearán también ciertos elementos que diferencien este modelo de otros que se puede encontrar en el mercado actual, y, a la par se desarrollará un análisis del diseño en cuanto a costos y se detallarán los puntos favorables y desfavorables que implicaría la construcción de este dispositivo.

### **1.4 Metodología y estructura del trabajo**

#### **1.4.1 Hipótesis**

Con el diseño de la máquina se reducirá en 40% el costo que tiene este equipo con su producción en serie (al menos 10 equipos para este caso), por lo que se espera sea de gran utilidad para los profesionales especializados en el área.

#### **1.4.2 Etapas**

Para la realización y ejecución del siguiente trabajo se requieren las siguientes etapas:

- Recopilación exhaustiva de información de carácter relevante y acorde con las necesidades requeridas en el presente trabajo.
- Análisis, selección y depuración de la información para así obtener documentos significativos y descartar aquellos con información redundante.
- Estudio a fondo de los documentos significativos.

### **1.4.3 Estructura temática**

En los tres primeros capítulos se abordará de manera teórica muchos conceptos que serán de utilidad para aclarar ideas, y poder entender y proseguir con el desarrollo del trabajo.

A partir del capítulo cuarto se analizará a la norma ISO 140-7 y muchos de los conceptos y criterios de medición que se presentan en la misma.

En el capítulo siguiente se analizarán las condiciones y requerimientos especiales de la máquina de impactos para poder cumplir con la norma ISO 140-7.

En el capítulo sexto se propondrá un diseño que cumpla con los requerimientos establecidos en la norma ISO 140-7 y se analizará de manera individual así como la interacción de los componentes presentes en el equipo.

Como siguiente paso se realizará un análisis económico del modelo propuesto. Seguido por un análisis FODA de la propuesta del diseño planteado para finalizar.

## Capítulo II. Sonido, Ruido, Audición Y Psicoacústica

---

### 2.1 Introducción.

En el presente capítulo se procederá con la revisión de algunos conceptos básicos y necesarios para el entendimiento del sonido, ruido y audición del ser humano. Se prestará especial atención en los temas relacionados con el desarrollo del trabajo y se omitirán ciertos conceptos que no posean mucha relación con los objetivos planteados para el desarrollo del mismo.

### 2.2 Sonido

#### 2.2.1 Definición

Es un fenómeno físico en el cual se produce una perturbación que se propaga a través de un medio elástico. Para la existencia del sonido debe haber una fuente que genere *ondas sonoras* causadas por la vibración de una superficie en contacto con el medio de propagación (medio elástico), debido a la presión, las partículas del medio de propagación oscilan con cierta *velocidad* y *amplitud* permitiendo que la onda se desplace hacia el receptor que capta la *onda sonora* propagada.

#### 2.2.2 Propiedades del sonido.

El sonido más simple conocido es un *tono puro* que posee una forma de onda sinusoidal. Toda onda sinusoidal se caracteriza por poseer *Amplitud*, *Frecuencia* y *Fase*.

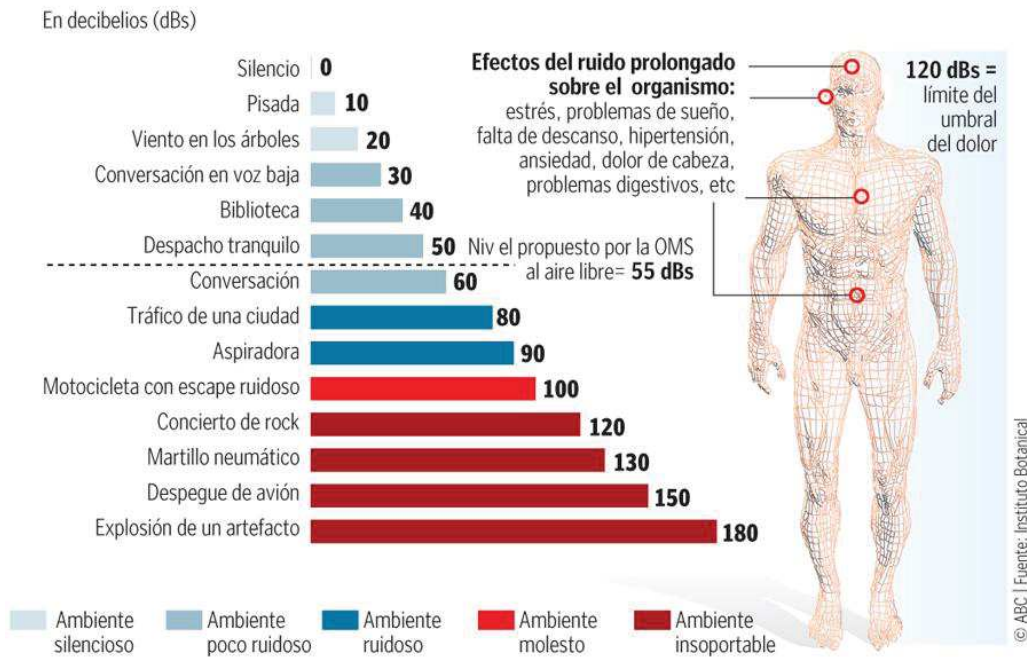
La Amplitud de un tono puro es determinada por el *nivel de presión sonora (NPS)* que está definido como:

$$NPS = 10 * LOG_{10} \left( \frac{p^2}{p_o^2} \right) \quad (2.1)$$

Donde  $p$  representa la presión sonora y  $p_o$  representa la presión sonora de referencia que en el aire es  $p_o=20\mu\text{Pa}$ .

Figura 2.1 Salud y niveles de ruido.

### SALUD Y NIVELES DE RUIDO

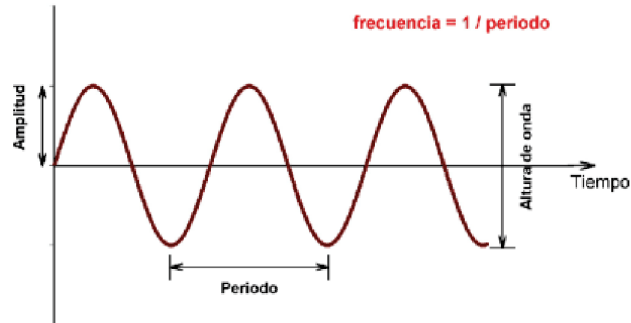


**Fuente:** Garzón Christiam. "Diapositivas de gestión ambiental EIP-070"

Universidad de las Américas.

Una onda sinusoidal periódica en el tiempo posee una *frecuencia de oscilación* o simplemente *frecuencia* que es la cantidad de veces que una onda repite un ciclo de oscilación en un determinado tiempo, se mide en *Hertz*.

Figura 2.2 Onda sinusoidal.



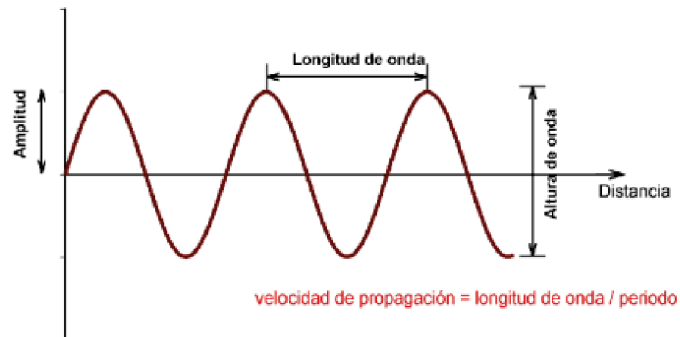
Fuente: [http://es.wikipedia.org/wiki/Onda\\_senoidal](http://es.wikipedia.org/wiki/Onda_senoidal)

El *Período* ( $T$ ) se define como el inverso de la frecuencia e indica el tiempo que dura un ciclo:

$$T(s) = \frac{1}{f(\text{Hz})} \quad (2.2)$$

Se conoce como *longitud de onda* ( $\lambda$ ) a la distancia en metros comprendida entre dos máximos o dos mínimos consecutivos.

Figura 2.3 Longitud de onda.



Fuente: [http://es.wikipedia.org/wiki/Onda\\_senoidal](http://es.wikipedia.org/wiki/Onda_senoidal)

La longitud se relaciona inversamente con la frecuencia:

$$\lambda(m) = \frac{c(m/s)}{f(Hz)} \quad (2.3)$$

En donde  $c$  es la velocidad de propagación sonora.

Existen también los *sonidos complejos* los cuales se pueden expresar como la suma de varias sinusoides de diferente *amplitud, fase y frecuencia*.

Al descomponer un sonido en sus componentes de frecuencia se logra determinar el *espectro*, el cual se suele dividir en *octavas* y en *tercios de octava*.

### 2.2.3 Variables subjetivas del sonido

El sonido es una magnitud física, por lo tanto se lo puede medir y determinar, sin embargo, cuando un sonido es receptado por el oído se producen una serie de fenómenos subjetivos relacionados con la percepción de éste.

Esto da lugar a una serie de variables subjetivas que se pueden relacionar con las variables físicas objetivas del sonido, aunque esta relación no siempre se da de manera simple. Entre las principales variables subjetivas del sonido tenemos: *Sonoridad, altura, timbre y duración subjetiva*.

Por lo general cada una de las variables subjetivas depende de la combinación de más de una variable objetiva.

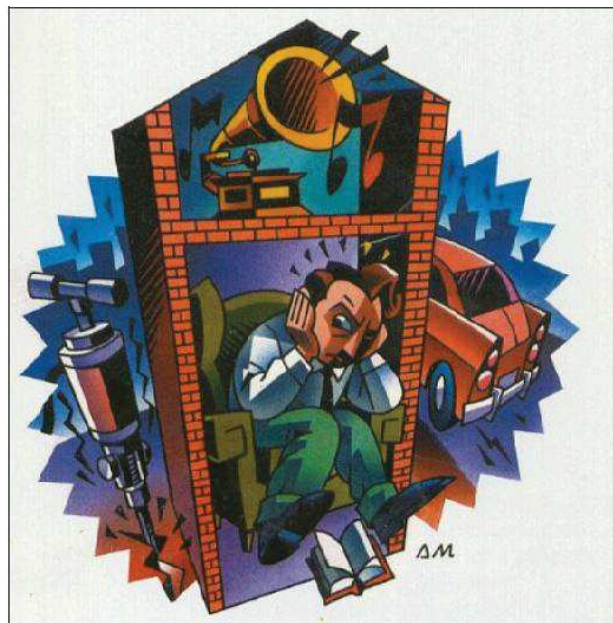


## 2.3 Ruido

### 2.3.1 Definición

Los seres humanos se encuentran expuestos a ondas sonoras durante la vida cotidiana, algunas de estas ondas sonoras contienen información útil (o información deseada) para quien las escucha, otras forman parte de un entorno y están tan bien integradas a la percepción de ambiente que ni siquiera se las nota, sin embargo, existen otras que no son bien acogidas y que no poseen información útil para quien las escucha, a estos sonidos no deseados se los denomina como **ruido**.

Figura 2.4 Ruido.



*Fuente: Garzón Christian. "diapositivas de gestión ambiental EIP-070"Universidad de las Américas.*

Los efectos que el ruido produce sobre el ser humano son numerosos y de variada índole, ya que van desde simples molestias hasta problemas clínicos o alteraciones psíquicas, uno de estos problemas y tal vez el más conocido es la pérdida de la audición.

Una persona puede percibir un sin número de ruidos. Se puede definir físicamente a un ruido principalmente en base a: sus *componentes espectrales*, su *dinámica temporal*, sus *amplitudes*, sus *fases relativas* y su *duración*.

### **2.3.2 Tipos de ruido**

Pueden ser clasificados de varias maneras: por sus características espectrales (tono puro, ruido blanco, ruido rosa, etc.) por su carácter temporal (constante, fluctuante, de impacto, etc.) por su naturaleza (ruido comunitario, ruido de tráfico, ruido industrial, etc.) por su nivel sonoro (alto, medio, bajo); etc.[9]

### **2.3.3 Medida del ruido**

Existen varias maneras de medir el ruido, todas ellas se basan en *descriptores* (llamados también *indicadores* o *índices*) que permiten de alguna manera cuantificar el ruido que es captado por un micrófono. Los descriptores de ruido procesan los niveles sonoros recibidos en un tiempo determinado, algunos de ellos nos indican un promedio de la energía sonora en el tiempo de medición, otros nos indican los niveles máximos o mínimos dentro de un lapso de tiempo, y otros nos indican los niveles sonoros instantáneos. Por lo general y adicional al procesamiento de niveles en el tiempo, estos indicadores aplican filtros espectrales según sea necesario (por ejemplo para simular la respuesta del oído humano), a estos filtros se los denomina *curvas de ponderación*.

Aquí algunos de los descriptores comúnmente usados en mediciones y evaluación de ruido:

**Nivel Instantáneo (Lp):** Este indicador muestra el nivel de presión sonora en un instante de medición (también denominado NPS).

$$Lp = 10 * LOG_{10} \left( \frac{p^2}{p_o^2} \right) (dB) \quad (2.4)$$

Donde:

$p$ : presión sonora en un instante de tiempo.

$P_o$ : presión sonora de referencia (20  $\mu$ Pa).

**Nivel sonoro continuo equivalente (Leq):** Nivel sonoro que tendría un ruido constante y que representaría la misma energía presente en el nivel de presión sonora medido y fluctuante. El Leq es un promedio de la energía de un evento sonoro variante y es muy comúnmente utilizado.

$$Leq = 10 * Log \left[ \frac{1}{T} * \int_0^T \frac{p^2(t)}{p_o^2} dt \right] (dB) \quad (2.5)$$

Donde:

$T$ : Duración de la medición.

$P(t)$ : Presión sonora en función del tiempo.

$P_o$ : Presión de referencia (20  $\mu$ Pa).

**Nivel máximo (L<sub>max</sub>):** Indica el nivel sonoro más alto registrado durante un período de medición (expresado en dB).

**Nivel mínimo (L<sub>min</sub>):** Indica el nivel sonoro más bajo registrado durante un período de medición (expresado en dB).

### 2.3.4 División del espectro

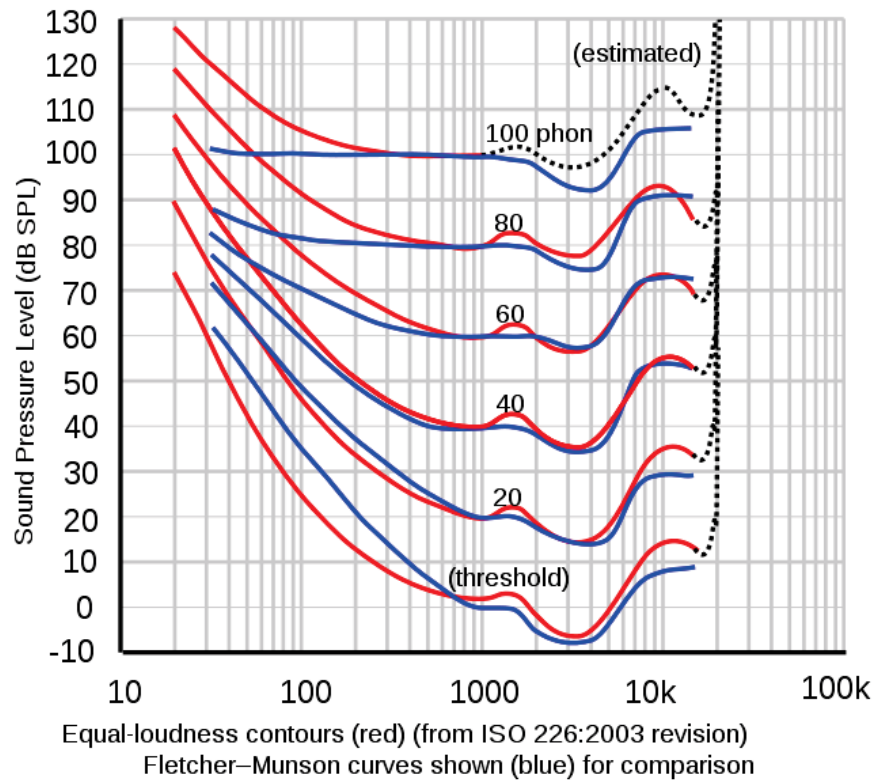
El rango de frecuencias que normalmente una persona puede escuchar es desde 20 Hz hasta 20KHz, a este espectro audible se lo ha dividido en bandas de octava y estas a su vez en bandas de tercio de octava, todo esto con el propósito de facilitar las tareas de medición, comparación y análisis de datos. Por acuerdo, las frecuencias centrales de tercio de octava utilizadas en acústica van desde 100 Hz hasta 5 KHz.

### 2.3.5 Contornos de igual intensidad

Son gráficas que representan una medida de presión sonora en la cual el oído humano percibe una intensidad constante a medida que se varía la frecuencia (tonos constantes puros), la unidad de medida que se utiliza es el *fono*.

Los contornos de igual intensidad sonora son a menudo referidos como *curvas de Fletcher Munson*, sin embargo, la norma ISO 226 determina las curvas definitivas definidas como “contornos de igual intensidad” en base a estudios posteriores.

**Figura 2.5** Comparación de contornos de igual intensidad (rojo) y curvas Fletcher-Munson.



*Fuente:* [http://en.wikipedia.org/wiki/File:Equal-loudness\\_contours\\_compariso\\_with\\_Robinson\\_Dadson\\_curves.svg](http://en.wikipedia.org/wiki/File:Equal-loudness_contours_compariso_with_Robinson_Dadson_curves.svg)

### 2.3.6 Curvas de ponderación Frecuencial

La respuesta en frecuencia del oído humano no es plana y varía dependiendo del nivel de presión sonora de escucha, por este motivo se crearon las curvas de ponderación en frecuencia. Las curvas de ponderación son básicamente una simplificación de la respuesta en frecuencia del oído humano a diferentes niveles de presión sonora. Por ejemplo, para niveles bajos de presión sonora (alrededor de los 40 *fonos*, lo que equivale 40 dB a 1KHz) se utiliza la ponderación "A", ya que esta atenúa en mayor medida a frecuencias bajas (alrededor de -50 dB a 20Hz y -20 dB a 100Hz) y en menor medida a

frecuencias altas (alrededor de -10 dB en 20KHz), la ponderación “B” se usa para valores medios de nivel de presión sonora (alrededor de 70 *fonos*) y la ponderación “C” se usa para niveles de presión sonora elevados (alrededor de 100 *fonos*).

Las curvas de ponderación mencionadas en el párrafo anterior son las más comúnmente utilizadas, sin embargo existen otras curvas creadas para propósitos específicos tales como son:

- Curva de ponderación “D”: Esta fue concebida para la evaluación de ruido aeronáutico.
- Curva de ponderación “G”: definida en la norma ISO 7196, esta curva de ponderación fue creada con el propósito de evaluación del ruido infrasónico y de baja frecuencia (hasta 315Hz).
- Curva de ponderación “U”: definida en la norma europea EN 61012 su propósito es el de filtrar frecuencias ultrasónicas.
- Curva de ponderación “AU”: esta combina las correcciones utilizadas en la ponderación “A” de 20Hz a 10KHz, y las correcciones de la ponderación “U” desde 10KHz hasta 40KHz. [9]

### **2.3.7 Contaminación acústica**

La contaminación acústica posee ciertas peculiaridades con respecto a otros tipos de polución. Como característica primaria el ruido no deja ningún tipo de residuo ya sea sólido, líquido o gaseoso. Como característica secundaria se puede afirmar que el ruido tiene un carácter subjetivo y depende enteramente de quien lo escuche, como ejemplo, un derrame petrolero contamina el ecosistema causando efectos negativos en los seres vivos que se encuentren en su alcance, en cambio el ruido no se comporta de la misma manera, esto se debe a que el sonido es un medio de expresión, comunicación y comprensión entre los seres vivos. Para aclarar este punto sobre la subjetividad del ruido se puede emplear el siguiente ejemplo, en una discoteca que emite música a un alto nivel de presión sonora, esta música es disfrutada por las personas que se

encuentran dentro y al mismo tiempo puede ser molesto para los habitantes de recintos aledaños a la discoteca.

Las principales causas de contaminación acústica son las relacionadas con las actividades humanas y están asociadas especialmente con la urbanización, el transporte, la industria, etc. Esto afecta a las personas en sus lugares de trabajo, lugares de descanso, durante su traslado en los diferentes medios de transporte, etc. Y por lo general las fuentes de ruido no pueden ser controladas por los afectados [9].

La contaminación acústica no sólo afecta a los seres humanos, los animales también se encuentran expuestos a los efectos negativos del ruido, esto por lo general se manifiesta en el cambio del comportamiento de los animales.

En el último siglo la contaminación acústica ha tenido un notable crecimiento debido a las causas ya mencionadas anteriormente, esto ha despertado el interés y se han establecido varias normas de legislación, medidas políticas y una serie de acciones que buscan controlar este problema.

Algunas de las medidas que se han adoptado para afrontar esta situación incluyen la redacción de normas, legislación y fiscalización, investigación en materia de ruido, desarrollo de nuevas tecnologías, trazado de mapas de ruido, etc.

A pesar de todos los avances logrados, la contaminación acústica todavía sigue siendo un problema alarmante sobre todo en las grandes ciudades y los efectos negativos del ruido sobre el ser humano son muy poco difundidos.

Figura 2.6 Contaminación acústica.



Fuente: Garzón Christiam. "diapositivas de gestión Ambiental El P 070 "Universidad de las Américas.

### 2.3.8 Instrumentos de medición de ruido ambiental

El instrumento más difundido para la medición de ruido en el medio ambiente es el *sonómetro*, el mismo que consta principalmente de un micrófono el cual es el responsable de captar las señales acústicas y transformarlas en señales eléctricas, un preamplificador que eleva el nivel de las señales eléctricas, filtros de ponderación y un *display* que muestra los niveles percibidos durante la medición.

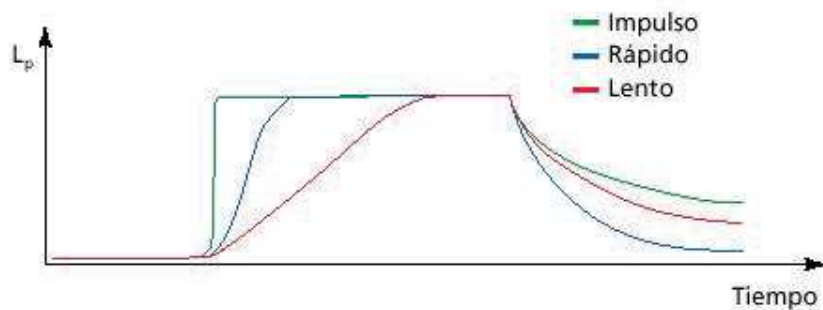
Sin duda alguna el componente más importante de un sonómetro es el micrófono ya que son sus características de *sensibilidad* y *respuesta de frecuencia* las que aseguran precisión a la hora de realizar una medición. A la señal recibida por el micrófono se la preamplifica para posteriormente atenuarla según el tipo de ponderación que se haya seleccionado y finalmente mostrar un valor en el *display*.

Un factor muy importante de un sonómetro es también el *tiempo de respuesta*. El tiempo de respuesta *rápida* o *fast* es de **125 ms**, y fue desarrollado para



aproximarse al tiempo de respuesta del sistema auditivo humano. El tiempo de respuesta *lenta* o *slow* es de **1 s** el cual está pensado para obtener un valor promedio en ruidos con niveles fluctuantes. El tiempo de respuesta Impulsivo tiene una constante de tiempo de **35 ms** para la subida y **1.5 s** para la bajada.

**Figura 2.7** Tiempos de respuesta en ataque y decaimiento de los sonómetros.



*Fuente:* Garzón Christiam. "diapositivas de gestión ambiental EIP-070"  
Universidad de las Américas.

Existen varias normas que clasifican a los sonómetros según su precisión siendo el **Tipo 0** el más preciso y el **Tipo 2** el menos preciso.

Cada cierto tiempo de uso del *sonómetro* es necesario realizar una *calibración* para compensar la sensibilidad del micrófono. Esta modificación de sensibilidad ocurre por variaciones en la tensión del *diafragma*, variaciones climáticas, golpes, etc.

La calibración del micrófono se la hace mediante un campo sonoro de nivel conocido (por lo general 94 dB en 1KHz para calibradores con altavoz); uno de los instrumentos de calibración muy usados también es el *pistófono* el cual genera una señal libre de *distorsión* y de gran estabilidad gracias al giro de un pequeño motor eléctrico

**Analizadores de frecuencia:** Un analizador de espectro sonoro determina la distribución energética por frecuencias, estos se realizan comúnmente con

filtros por banda de octava, pero cuando se busca precisión en la medida se utilizan bandas de tercio de octava.

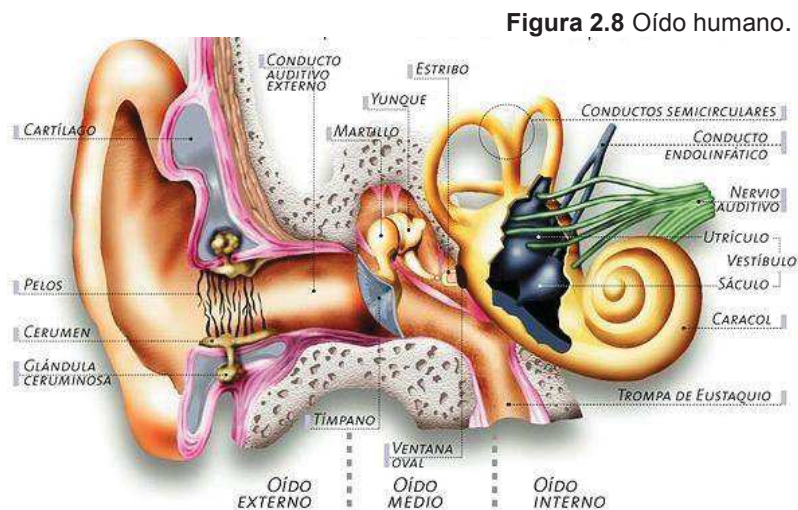
## 2.4 Audición

### 2.4.1 Fisiología del oído humano

El oído es el mecanismo mediante el cual los seres humanos reciben y transducen el sonido para que pueda ser interpretado por el cerebro. El oído humano es un sistema complejo y preciso que para su funcionamiento combina principios acústicos, mecánicos y eléctricos.

A continuación se hará una breve revisión de su anatomía así como de sus funciones básicas.

Para empezar el oído humano posee tres etapas de transducción diferenciadas entre sí, las cuales son: *oído externo*, *oído medio* y *oído interno*.



*Fuente:* Garzón Christiam. "diapositivas de gestión ambiental EIP-070" Universidad de las Américas.

### 2.4.1.1 Oído externo

El oído externo consta del pabellón auditivo (comúnmente llamado oreja) y el canal auditivo externo. Aquí básicamente se produce la recepción del sonido en donde los pabellones auditivos mediante reflexiones conducen el sonido hacia el canal auditivo incrementando así su nivel. Aquí también se produce una adaptación entre la *impedancia* del aire y del tímpano.

### 2.4.1.2 Oído medio

El oído medio está constituido fundamentalmente por el tímpano, la cavidad del oído medio (*caja timpánica*), las trompas de Eustaquio y por músculos tensores. En la cavidad del oído medio o *caja timpánica* se encuentran tres pequeños huesecillos, *martillo*, *yunque* y *estribo*. Aquí las ondas sonoras provocan que el tímpano vibre transformando la energía acústica en energía mecánica, esto produce el movimiento de los tres huesecillos y con esto la propagación del sonido en forma mecánica. Estos huesecillos producen una cierta amplificación del sonido a razón de 1.3, debido a su efecto de “palanca” [7]

El estribo, el último de los huesecillos del oído medio, transmite la vibración mecánica a través de la *ventana oval* hacia el oído interno. La sección desde el tímpano hasta la *ventana oval* funciona también como un adaptador de impedancias entre la baja impedancia acústica del aire y la alta impedancia acústica de los fluidos contenidos en el oído interno.

### 2.4.1.3 Oído interno

Éste está formado por la *cóclea* y los *canales semicirculares* (encargados del sistema del equilibrio). La cóclea es el mecanismo más complejo que posee el sistema auditivo humano, tiene forma de espiral (muchas veces se la llama *caracol*) y es la encargada de transformar la energía acústica en impulsos

eléctricos los mismos que son conducidos por las vías neuronales hacia el cerebro.

#### **2.4.2 Mecanismos de autoprotección del oído**

El oído posee ciertas características y mecanismos de defensa que utiliza cuando siente que está expuesto a alguna amenaza. El *reflejo estapedial* es uno de los mecanismos que el oído utiliza para protegerse del ruido y consiste en la contracción del músculo *estapedio* y del músculo tensor del tímpano. El estapedio es un diminuto músculo que termina en el cuello del *estribo* y que al contraerse inhibe parcialmente el movimiento de este huesecillo. Lo mismo ocurre con el músculo tensor del tímpano que rigidiza la *membrana timpánica* reduciendo su movimiento y por consiguiente la transmisión mecánica al oído medio.

Este reflejo se da cuando el oído recibe un nivel sonoro que supera los 80 dB como mínimo, una vez sucedido esto el cerebro envía la orden de contracción a los músculos, esta contracción es mayor o menor dependiendo del nivel de presión sonora recibida por el oído.

El tiempo de reacción desde que el cerebro envía la señal y los músculos se contraen varía entre **20 y 150 ms**, esta acción conjunta de los músculos puede atenuar entre 6 dB y 20 dB el nivel de presión sonora que ingresa a la cóclea.

Durante el lapso de tiempo comprendido entre la recepción del sonido y la manifestación del reflejo protector, el oído interno se encuentra más vulnerable, ya que durante este lapso se puede permitir el ingreso total de la energía generada por ruidos impulsivos.

Si se percibe una sucesión de sonidos impulsivos o impactos, el reflejo estapedial protegerá al oído a partir del segundo impacto, lo que puede ocasionar que el tímpano se desgarré si el primero de los impactos contiene demasiada energía.

Otro de los mecanismos de protección de oído humano es la secreción de *cerumen* en el canal auditivo externo. Esta sustancia no solo cumple una labor de higiene al prevenir el paso de polvo u otras partículas hacia el tímpano sino que también puede llegar a atenuar el sonido que está ingresando al oído.

Cuando los niveles de presión sonora son altos la secreción de cerumen aumenta incluso llegando a obstruir el canal auditivo externo, a esto se le conoce popularmente como **tapón de cerumen** o **tapón de cera** [7]

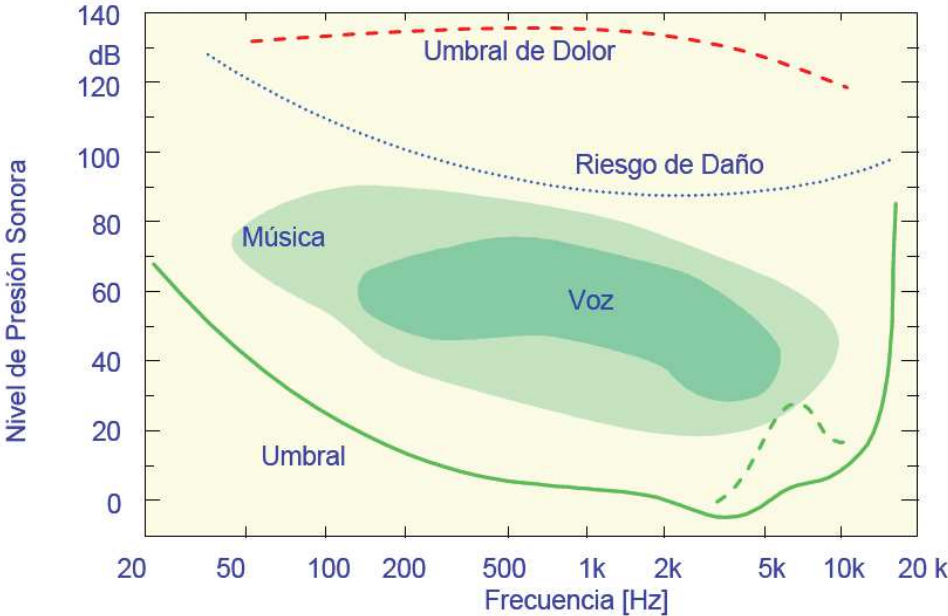
El oído interno realiza también su papel en la autoprotección. Cuando se está percibiendo altos niveles sonoros el cerebro envía información nerviosa a las células ciliadas externas las cuales empiezan a experimentar *contracciones lentas*, estas generan movimientos que se oponen a la oscilación de la membrana basilar. Este acto es similar al *reflejo estapedial* ya que existe cierta demora hasta que ocurra la reacción, por esta razón se produce la misma complicación cuando se trata de sonidos impulsivos o impactos cuando no son detectados a tiempo.

Además de los mecanismos ya mencionados existen otros que protegen al oído de agentes ambientales, algunos como las *trompas de Eustaquio* que protegen al oído medio de los cambios de presión, la vellosidad que junto con el cerumen impiden el paso de partículas extrañas y la curvatura del canal auditivo que evita que objetos grandes puedan llegar hacia el tímpano.

#### **2.4.2 Umbrales de la audición.**

Es el mínimo nivel de presión sonora en la que el oído reconoce la presencia de una frecuencia en ausencia de otros sonidos. Estos umbrales auditivos siempre van en función de la frecuencia y se pueden medir en forma *monoaural* o *binaural*.

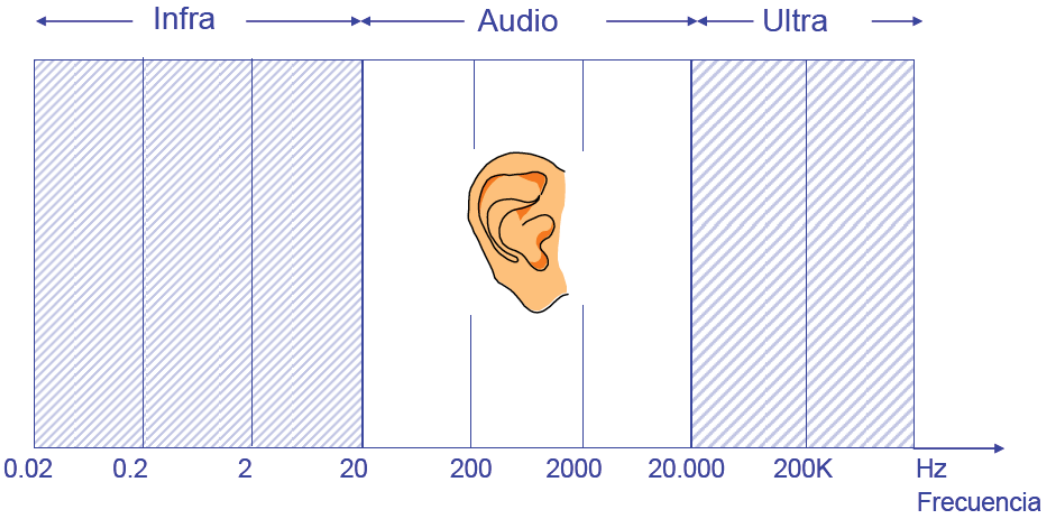
Figura 2.9 Campo audible en dB y frecuencias.



Fuente: Garzón Christiam. "diapositivas de gestión ambiental EIP-070" Universidad de las Américas.

A los sonidos más agudos que la frecuencia superior audible se los denomina *ultrasonidos* y a los sonidos más graves que la frecuencia inferior audible se los denomina *infrasonidos*.

Figura 2.10 Rango de frecuencias audibles.



Fuente: Garzón Christiam. "diapositivas de gestión ambiental EIP-070" Universidad de las Américas.

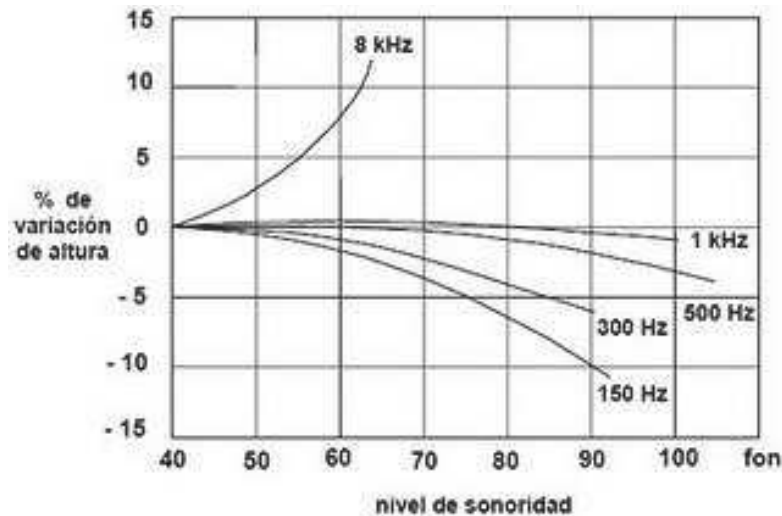
## 2.5 Psicoacústica

La psicoacústica estudia la percepción subjetiva de las cualidades del sonido, estas cualidades están a su vez determinadas por los parámetros básicos del mismo, principalmente su frecuencia y amplitud.

### 2.5.1 Altura

Es la percepción respecto a cuán “grave” o cuán “agudo” es un sonido. Esta es la variable subjetiva relacionada con la frecuencia (la que es una variable objetiva del sonido). La altura percibida depende también del nivel de presión sonora, ya que al incrementar la misma se produce que los graves se perciban “más graves” y los agudos “más agudos”.

**Figura 2.11** Variación de la altura percibida de tonos puros en función del nivel sonoro.



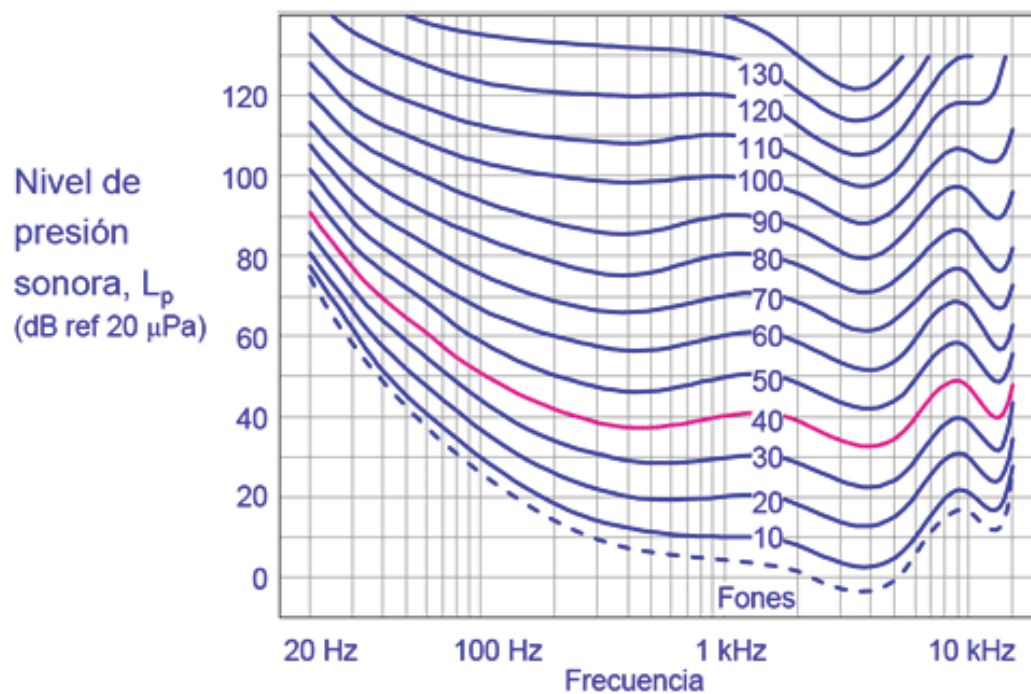
Fuente: [http://entrenamientoauditivosb.blogspot.com/2009/11/unidad-iv-conceptos-basicos-de-acustica\\_10.html](http://entrenamientoauditivosb.blogspot.com/2009/11/unidad-iv-conceptos-basicos-de-acustica_10.html)

### 2.5.2 Sonoridad

Es el nivel sonoro subjetivo del sonido, en otras palabras es la precepción que se tiene de la intensidad sonora (comúnmente llamada “volumen”). La variable objetiva correspondiente a la sonoridad es la amplitud, sin embargo no es exclusivamente dependiente de esta.

La sonoridad depende, entre otros factores, de la frecuencia y la duración de un sonido, todo esto se debe a que el oído humano posee sensibilidades distintas para cada frecuencia, además de que cada vez que se incrementa el nivel de presión sonora, la sonoridad percibida no es la misma para todas las frecuencias. Esto se aprecia claramente en los contornos de igual sonoridad.

**Figura 2.12** Contornos de igual sonoridad.



*Fuente:* Garzón Christiam. “diapositivas de gestión ambiental EIP-070” Universidad de las Américas.

Los sonidos de menor duración son percibidos como más intensos que los de mayor duración.

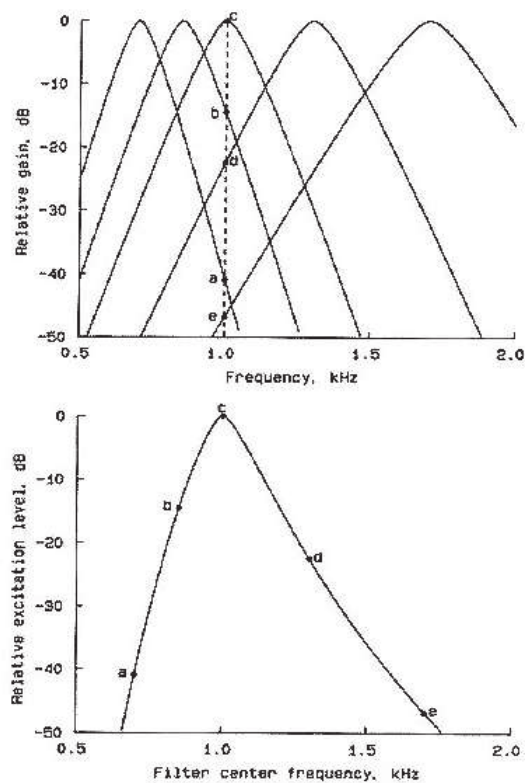


### 2.5.3 Bandas críticas

Son rangos de frecuencias dentro de los cuales un sonido es percibido con menor intensidad ante la presencia de otro sonido o ruido. Este fenómeno se produce debido a la excitación de una zona en la membrana basilar, lo que ocasiona que los sonidos presentes dentro de ese rango de frecuencias (zona de la membrana) no tengan mucha incidencia en cuanto a la sensación de fuerza del sonido.

Debido a esto se puede considerar al sistema auditivo periférico como un conjunto de filtros pasa-banda que se solapan unos con otros, en donde a cada filtro auditivo le corresponde una zona de la membrana basilar.

**Figura 2.13** Filtros auditivos y patrones de enmascaramiento.



Fuente: [http://www.labc.usb.ve/paginas/EC4514/AUDIO/PSICOA\\_CUSTICA/BANDAS\\_CRITICAS.html](http://www.labc.usb.ve/paginas/EC4514/AUDIO/PSICOA_CUSTICA/BANDAS_CRITICAS.html)

## **Capítulo III. Efectos Del Ruido En El Ser Humano**

---

### **3.1 Introducción**

Existen varios efectos que se producen en el ser humano frente a la presencia del ruido, tales efectos causan desde simples molestias hasta pérdidas temporales o permanentes de funciones físicas, psicológicas o sociales.

Según la organización mundial de la salud los efectos del ruido sobre el ser humano se definen como: “el cambio en la morfología y fisiología del organismo, que resultan en deterioro de la capacidad funcional del oído, stress, o el incremento de la susceptibilidad del organismo a otros tipos de contaminación ambiental”.

### **3.2 Efectos fisiológicos**

El más reconocido y estudiado es la pérdida de la audición, esta patología se da por un incremento en el umbral auditivo generalmente en el rango comprendido entre 3 KHz y 6 KHz.

Gracias al avance de la tecnología médica se puede cuantificar de manera muy precisa a la pérdida de la audición, habiendo ciencias de la salud especializadas en este tema tales como la otología y la audiolología.

Existen otros efectos tales como la perturbación del sueño, alteraciones gastrointestinales, fatiga corporal, respuesta al reflejo y con niveles de ruido superiores a 110 dB se producen efectos como vértigo, pérdida de equilibrio, estrechamiento en el campo visual y modificaciones en la percepción del color (por lo general esta se da sobre el color rojo) que pueden perdurar por algún tiempo incluso aun después de haber cesado el ruido.

### **3.3 Efectos psicológicos**

Entre los más conocidos están: el dolor de cabeza, fatiga, irritabilidad y el estrés con sus efectos derivados.

En cuanto a ruidos impulsivos el efecto perjudicial usualmente dura 2 ó 3 segundos aunque hay ocasiones en que el efecto puede durar hasta 30 segundos después de finalizado el ruido. Las tareas que requieren coordinación mano-ojo son especialmente sensibles al ruido impulsivo.

### **3.4 Efectos sociales y de comportamiento**

Uno de los más notorios dentro de este campo es la interferencia en la comunicación, esta se produce por el enmascaramiento y puede ser causante de accidentes.

Los altos niveles de ruido pueden enmascarar a las distintas señales sonoras evitando así que sean percibidas por las personas, dentro del ámbito laboral se pueden producir accidentes graves en el caso de que una alarma no sea escuchada por los trabajadores.

Otro efecto general que se produce es la sensación de molestia en actividades específicas, afecta en ciertos casos a la concentración y pueden interferir en el desempeño en las labores diarias de la persona.

Ciertos estudios demuestran que el ruido también puede tener efectos positivos en la realización de ciertas tareas, este ruido puede tener un efecto deseable cuando genera cierto nivel de excitación psíquica aunque pasado este límite puede ser contraproducente.

## Capítulo IV. *Análisis de la Norma ISO 140-7*

---

### 4.1 Introducción

La norma ISO 140-7 indica y especifica métodos para la medición del aislamiento de ruido de impacto en suelos de edificios empleando una máquina generadora de ruido de impacto normalizada.

El método es aplicable tanto a suelos desnudos como a suelos con recubrimientos.

Esta norma también especifica ciertas características que debe cumplir la máquina generadora de ruido de impacto para que las mediciones realizadas sean efectivas y por lo tanto se pueda proporcionar soluciones concretas a los problemas que se presenten.

### 4.2 Requisitos de la máquina de impactos

La máquina de impactos deberá tener 5 martillos situados en línea. La distancia entre los ejes de martillos vecinos deberá ser de  $(100 \pm 3)$  mm.

La distancia entre el centro de los soportes de la máquina de impactos y las líneas centrales de martillos vecinos deberá ser de al menos 100 mm. Los soportes deberán estar equipados con pies aislantes de vibraciones.

El momento de cada martillo que golpea el suelo deberá ser igual al de una masa de 500 g que cae libremente desde una altura de 40 mm con unos límites de tolerancia para el momento de  $\pm 5\%$ . Como se ha de tener en cuenta la fricción en la guía del martillo, se debe asegurar que no sólo la masa del martillo y la altura de caída, sino también que la velocidad de la cabeza del martillo en el momento del impacto se encuentre dentro de los siguientes límites: la masa de cada martillo deberá ser de  $(500 \pm 12)$  g de lo que se deduce que la velocidad de impacto deberá ser de 0.033 m/s siempre que se

asegure que la masa del martillo se mantenga dentro de los límites reducidos de  $(500 \pm 6)$  g.

La dirección de caída del martillo deberá ser perpendicular a la superficie de ensayo con un margen de  $\pm 0,5^\circ$ .

La parte del martillo que golpea el suelo deberá ser cilíndrica con un diámetro de  $(30 \pm 0,2)$  mm. La superficie de impacto deberá ser de acero endurecido y esférica con un radio de curvatura de  $(500 \pm 100)$  mm. La comprobación de estos requisitos se puede realizar de las siguientes maneras:

a) La curvatura de la superficie de impacto se considera que cumple con las especificaciones si los resultados de las mediciones están dentro de las tolerancias dadas en la figura 4.1 cuando se mueve un medidor sobre la superficie en al menos dos líneas perpendiculares entre sí, a través del punto central.

Las curvas de la figura 4.1 describen una curvatura de 500 mm. La distancia entre las curvas es la menor que permite tanto radios de 400 mm como de 600 mm y cae dentro de los límites de tolerancia. La precisión de la medida deberá ser de al menos 0,01 mm.

b) La curvatura de las cabezas de los martillos puede ser ensayada utilizando un esferómetro con 3 apoyos comprendidos en un círculo de 20 mm de diámetro.

La máquina de impactos deberá ser autopropulsada. El tiempo medio entre impactos deberá ser de  $(100 \pm 5)$  ms. El tiempo entre impactos sucesivos deberá ser de  $(100 \pm 20)$  ms.

El tiempo entre el impacto y la elevación del martillo deberá ser inferior a 80 ms.

Para máquinas de impactos normalizadas que sean utilizadas en ensayos de aislamiento acústico de ruido de impactos de suelos con revestimientos

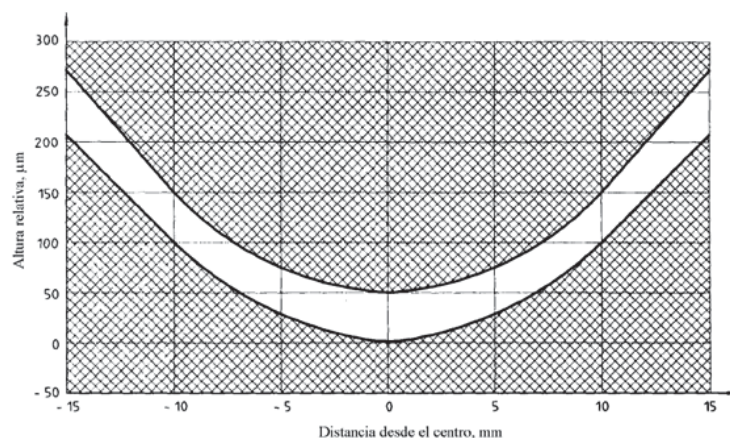
blandos o superficies irregulares se debe asegurar que es posible que los martillos caigan al menos 4 mm por debajo del plano sobre el que descansan los soportes de la máquina de impactos.

Todos los ajustes de la máquina de impactos normalizada y las verificaciones de que cumple con los requisitos deberán llevarse a cabo sobre una superficie plana y dura y la máquina deberá ser usada en este estado sobre cualquier superficie de ensayo.

Si la superficie de ensayo se cubre con un revestimiento extremadamente blando o si la superficie es muy irregular de forma que no es posible que los martillos caigan los 40 mm necesarios hasta la superficie sobre la que descansan los soportes, se pueden utilizar calzos bajo los soportes para asegurarse una altura de caída correcta de 40 mm.

El cumplimiento de todos los requisitos deberá ser verificado regularmente bajo condiciones de laboratorio normalizadas. El ensayo deberá llevarse a cabo sobre una superficie de ensayo plana con una tolerancia de  $\pm 0,1$  mm y horizontal con un tolerancia de  $\pm 0,1^\circ$ .

**Figura 4.1** Límites de tolerancia de la curvatura de las cabezas de los martillos.



*Fuente: Norma ISO 140-7 Anexo A*

Algunos parámetros solo necesitan medirse una vez a menos que la máquina de impactos sea modificada. Esto concierne a la distancia entre martillos, soportes de la máquina de impactos, diámetro de los martillos, masa de los martillos (a menos que las cabezas de los martillos sean retocadas), tiempo entre impactos y elevación y altura máxima posible de caída de los martillos.

La velocidad de los martillos, diámetro y curvatura de las cabezas de martillo, dirección de caída de los martillos y el tiempo entre impactos deberán verificarse regularmente.

La incertidumbre en las mediciones de verificación deberá ser como mucho el 20% de los valores de las tolerancias. [1] [Anexo A]

## Capítulo V. *Diseño de la máquina de impactos*

---

### 5.1 Introducción

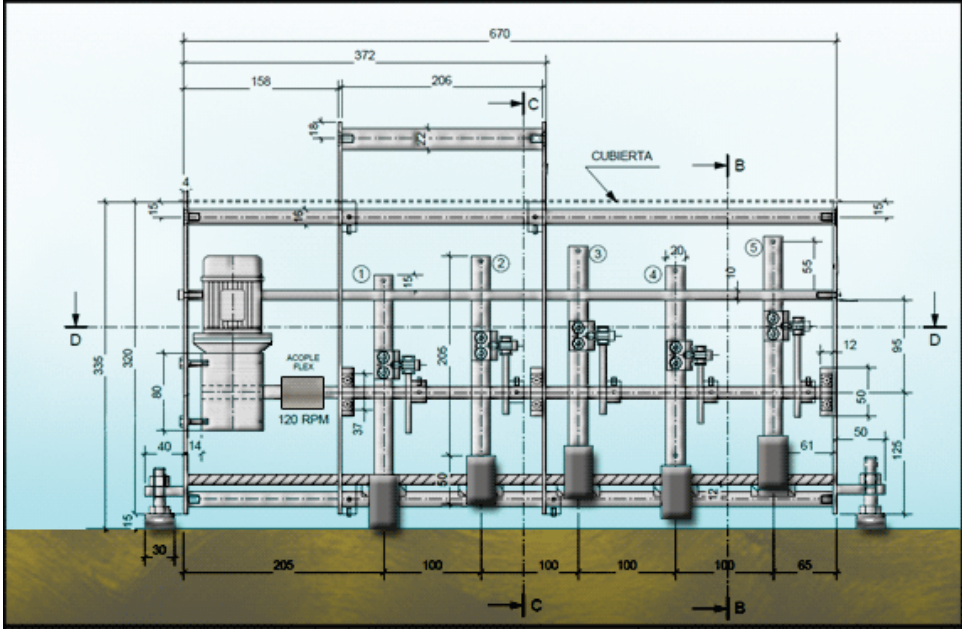
El diseño de la máquina generadora de impactos se basa en la norma ISO 140-7 específicamente el anexo A. En este capítulo se plantea un diseño de la máquina tanto mecánico como eléctrico para que cumpla con todos los requisitos especificados en la norma ISO 140-7 y que además presente facilidades en su uso.

Este diseño propuesto para una máquina generadora de ruido de impactos tiene la ventaja de ser desmontable ya que la mayoría de los componentes se pueden retirar para facilitar el transporte o simplemente para almacenar la máquina cuando no se encuentre en uso.

Las dimensiones finales de la máquina de impactos propuesta son las siguientes; 760 mm de longitud, en la parte frontal su ancho es de 240 mm y en la parte trasera es de 360 mm debido al soporte para la colocación de las patas de apoyo, y tiene una altura de 419 mm. El peso aproximado de la máquina es de 15 Kg, puede variar debido al peso relativo de ciertos elementos al momento de la construcción.



Figura 5.0 Vista general máquina de impactos.



Fuente: Autor

Tabla 5.1 Calculo del peso de la máquina de impactos.

Numero	Denominacion	cantidad	peso (g)
1	martillos	5	2500
2	soporte longitudinal	4	1200
3	eje martillos	5	1000
4	soportes de leva	5	300
5	regle superior	1	750
6	regle inferior	1	850
7	placas internas	2	2400
8	eje de levas	1	480
9	levas	5	500
10	placas externas	2	2650
11	base motor	1	450
12	motor	1	1850
		Total (g)	14930

Fuente: Autor

Para realizar el cálculo del peso de estos materiales se tomó en cuenta la densidad del acero la cual es 7850 Kg/m<sup>3</sup>, a esta se la multiplica por las dimensiones propuestas para estos elementos y de esta manera se obtiene el peso que ocupa el elemento. Para saber el peso de la máquina solo resta sumar el peso de cada elemento. Para el cálculo del peso solo se tomó en cuenta a los elementos más representativos de la máquina, y se despreció el peso de ciertos materiales tales como pernos, tornillos, etc.

Un factor opcional que implementa esta máquina es la adición de un temporizador el cual sirve para fijar el tiempo que se requiere que la máquina esté en funcionamiento, una vez transcurrido este tiempo la máquina se apagará por sí sola. Esto es de gran utilidad para no alterar los resultados de las mediciones que se estén realizando debido a la presencia o manipulación humana.

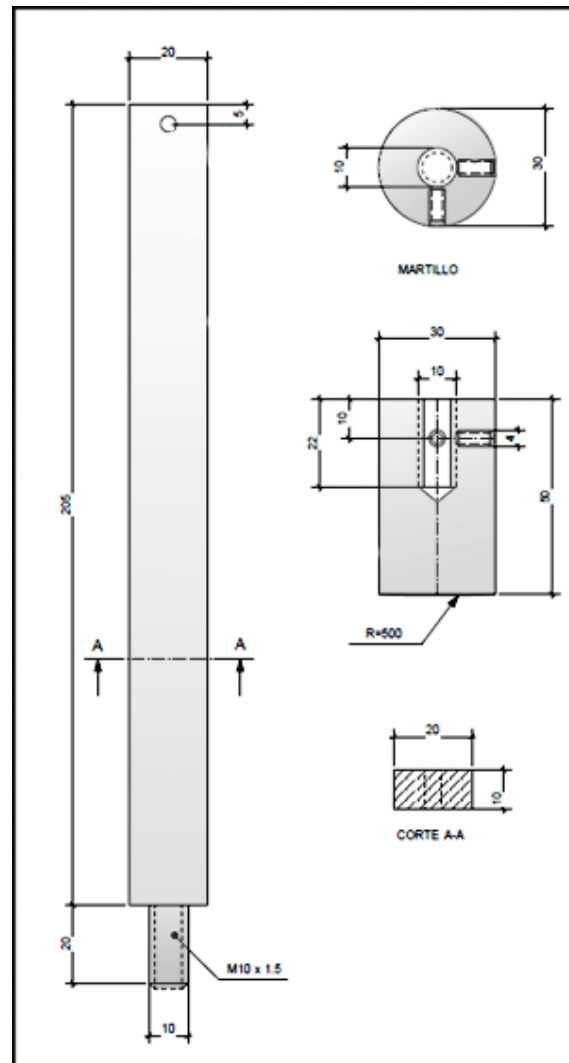
Para finalizar la parte del diseño, se debe acotar que la máquina de impactos lleva una cubierta metálica que protege a los martillos de cualquier posible manipulación externa.

## **5.2 Martillos**

El martillo es una herramienta que se utiliza para golpear una pieza causando su desplazamiento o deformación. En la máquina de impactos la función del martillo es golpear el suelo sobre el cual se va a asentar la máquina. El impacto generado por el martillo al golpear el suelo producirá un ruido, él mismo que será medido tal como es especificado en la norma ISO 140-7.

La máquina de impactos deberá constar de cinco martillos ubicados en línea separados a una distancia de 100 mm con respecto a su eje. Cada martillo tendrá una masa de 500 gr.

**Figura 5.1** Martillos de la máquina de impactos.



*Fuente: Autor.*

Las medidas empleadas para el eje del martillo son 20 x 10 x 225 mm, esta última medida se deriva de la suma de los 20 mm de la base en la cual se va a ajustar el martillo con el resto del eje.

En la parte superior del eje se encuentra un orificio para colocar un pasador de presión de medida de 4 x 20 mm de acero. Este pasador de presión va a actuar como un limitador solo en caso de que los martillos caigan cuando la máquina esté apagada. El material usado para el eje del martillo será acero numero 1045.

Para el martillo el material utilizado será el mismo del eje, es decir acero numero 1045, el diámetro especificado es de 30 mm y la longitud empleada para el martillo es de 50 mm, además la superficie del martillo que golpea el suelo posee un radio de curvatura de 500mm.

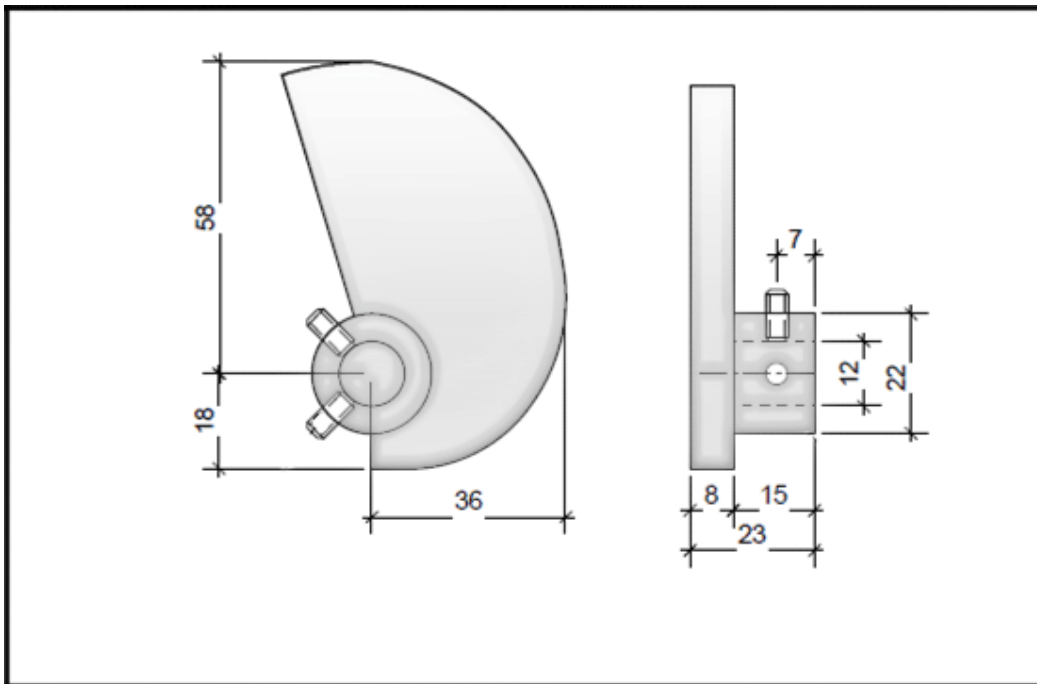
En el centro de la base superior del martillo se encuentra un orificio de 10 mm de diámetro y 22 mm de longitud que sirve para conectar el martillo directamente con su eje. Adicional a esto el martillo posee dos orificios ubicados a 10 mm de su base superior y espaciados 90° uno del otro en los cuales se colocaran dos *prisioneros* para asegurar al martillo con el eje y así evitar posibles vibraciones del martillo durante el funcionamiento de la máquina.

Debido a que son cinco martillos de iguales características ubicados en línea el mismo diseño se repite para los cuatro martillos restantes.

Para observar con mayor detalle, a este elemento le corresponde el “anexo 2”.

### **5.3 Leva**

Una leva es un cuerpo sólido con una forma determinada, tal que su movimiento imparte un desplazamiento concreto a un segundo cuerpo denominado seguidor que se mantiene en todo momento en contacto con la leva. La forma de la leva y la relación física entre ésta y el seguidor definen la posición que existirá entre la posición de la leva y la del seguidor. La utilización de levas es una de las formas más simples de generar movimientos complejos periódicos con precisión obteniéndose a un costo razonable.

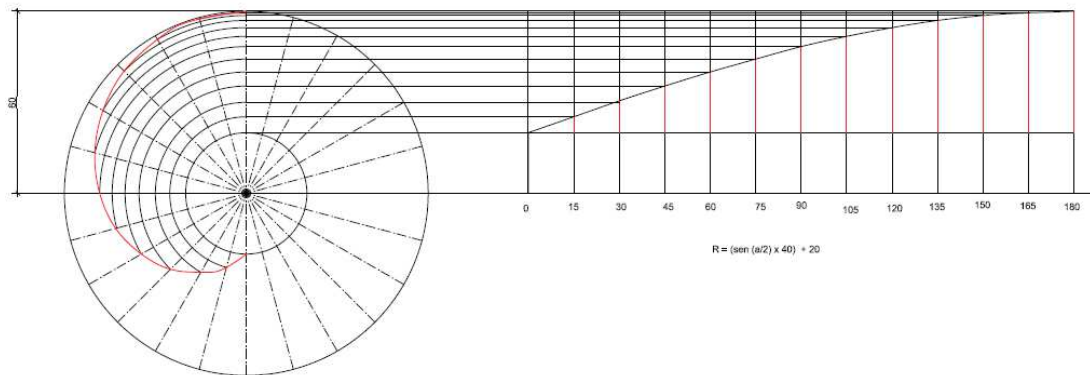
**Figura 5.2** Leva de la máquina de impactos.

*Fuente: Autor.*

La leva es otro de los elementos esenciales dentro del diseño de la máquina ya que éstas determinan el movimiento de los martillos y asegura que la caída de éstos sea perpendicular a la superficie de contacto tal como está especificado en la norma.

Para el diseño de la leva hay que tener en cuenta ciertos factores determinantes, tales como la forma de la leva ya que esta es la que va a determinar la trayectoria que van a tener los martillos.

**Figura 5.3** Gráfica para obtener la curvatura de la leva.



*Fuente: Autor.*

La forma de la leva para esta máquina viene dada por la siguiente función:

$$R = \left( \sin \frac{a}{2} * 40 \right) + 18 \quad (2.6)$$

Donde:

**R** es el *perfil de leva*: Es la parte de la superficie de la leva que hace contacto con el seguidor;

**a** es el ángulo de rotación (en radianes).

Tabla 5.2. Valores de  $R$ .

<b>a</b>	<b>R</b>
0	18
15	23.21841596
30	28.34763376
45	33.29997989
60	37.99080411
75	42.33992634
90	46.27300724
105	49.72281882
120	52.63039358
135	54.94603248
150	56.63015439
165	57.6539727
180	57.99998732

*Fuente: Autor*

Para la obtención de los valores de  $R$  se deben transformar los ángulos de rotación de *grados* a *radianes*. Éstos valores obtenidos como resultado de la ecuación (2.6) se grafican punto a punto hasta el valor máximo 58 correspondiente a 180 grados.

A partir de estos valores, se traza una curva uniendo los puntos para obtener la *trayectoria de movimiento*, y de la misma manera, se proyectan los puntos obtenidos hacia eje  $y$  en la circunferencia de referencia.

Para motivos de diseño se tomara al eje  $y$  como  $0^\circ$  (cero grados) en la circunferencia, a partir de ahí, se la dividirá desde el centro en ángulos agudos con una separación de  $15^\circ$  (quince grados) hasta llegar a los  $180^\circ$  (ciento ochenta grados) en sentido horario.

Desde el centro hacia los puntos proyectados de  $R$  en el eje  $y$  de la circunferencia de referencia, se trazan semicírculos que terminan en el ángulo del cual fueron obtenidos, por ejemplo, al punto **37.99** le corresponde  $60^\circ$

(sesenta grados), por lo tanto, se traza un semicírculo desde **37.99** que termina en el ángulo de  $60^\circ$  de la circunferencia de referencia.

Una vez hecho esto, se procede a trazar una curva que una a todos los puntos desde  $0^\circ$  (cero grados) hasta  $180^\circ$  (ciento ochenta grados), dicha curva es la que va a denominarse *perfil de leva* y es la que va a generar la *trayectoria de movimiento* antes graficada.

Para este diseño las medidas especificadas de la leva son  $58 \times 36 \times 16$  con un espesor de 8 mm. El bocín de leva posee un círculo interno de diámetro 12 mm, un círculo externo de diámetro 22 mm, todo este mecanismo tiene un espesor de 15 mm. Por el círculo interno o *círculo base* va a pasar el eje de levas.

En la parte externa del bocín de leva se ubican dos orificios a  $90^\circ$  entre sí que sirven para la colocación de dos *prisioneros* para fijar el mecanismo al eje de levas.

Debido a que este es el mecanismo que controla la trayectoria de movimiento de los martillos, son necesarias cinco levas para los cinco martillos. Por lo tanto el diseño se repite para los cuatro restantes.

Para observar con mayor detalle a este elemento le corresponde el “anexo 3”.

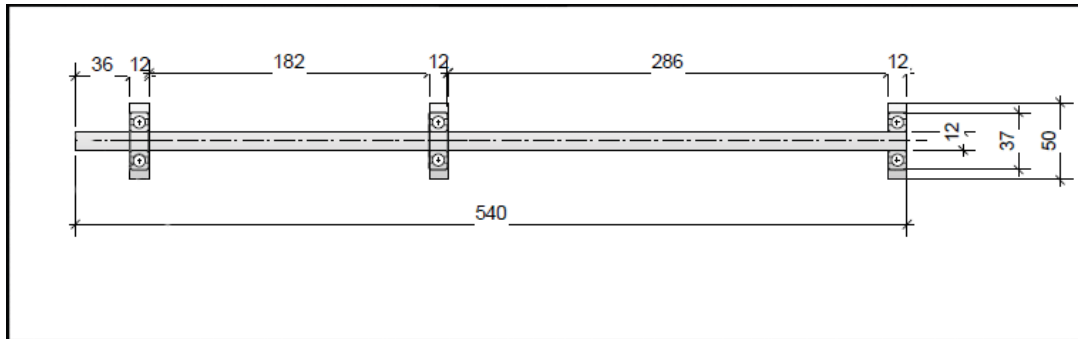
#### **5.4 Eje de levas**

Un eje es un elemento destinado a transmitir el movimiento de rotación a una pieza o a un conjunto de piezas. El eje en esta máquina de impactos es un eje motriz, es decir, va a ser propulsado por un motor.

Este es el mecanismo que impulsado por el motor va a rotar para hacer girar a las levas y estas a su vez con el movimiento hagan golpear a los martillos contra el suelo. El diseño de este mecanismo no es muy complejo ya que en el fondo simplemente se trata de un eje que gira por acción del motor.



**Figura 5.4** Eje de levas de la máquina de impactos



*Fuente:* Autor.

El diámetro del eje de levas para este diseño es de 12 mm x 540 mm de longitud, el material empleado para el eje es acero numero 1018.

Este mecanismo posee tres *rodamientos* y tres *bocines* conectados con el eje de levas, el primero de estos ubicado a 36 mm del borde izquierdo coincidiendo con la primera placa de soporte de la máquina de impactos, estas placas están presentes en la máquina para brindar estabilidad al eje de levas y al mecanismo en conjunto de la máquina de impactos.

El segundo *rodamiento* en conjunto con el segundo *bocín* se encuentran ubicados a 182 mm respecto al primer conjunto de estas piezas y coincidiendo con la segunda placa de soporte de la máquina. El tercer *rodamiento* en conjunto con el tercer *bocín* se encuentran ubicados a la distancia de 286 mm respecto a el segundo conjunto de estas piezas y coincidiendo con la tercera placa de soporte de la maquina.

El *rodamiento* posee las siguientes medidas 12 mm de diámetro interior x 37 mm de diámetro exterior. El *bocín* posee un diámetro interior de 37 mm x 50 mm de diámetro exterior. Ambos poseen un espesor de 12 mm.

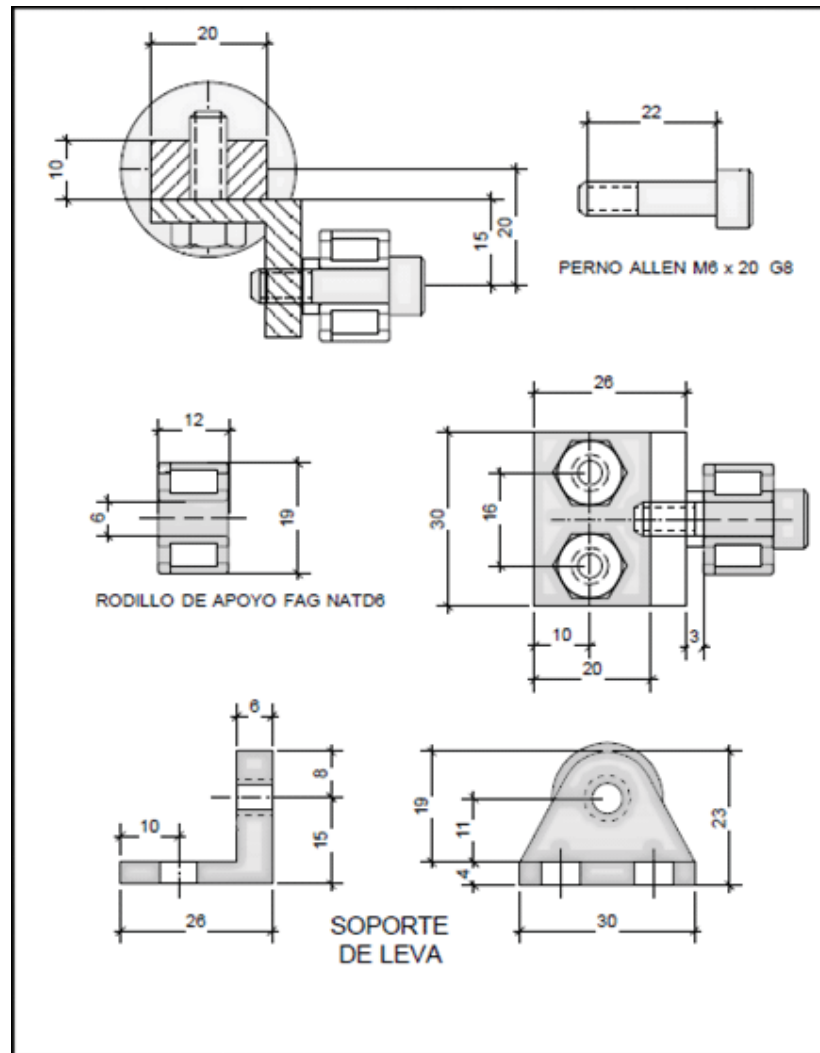
Para observar con mayor detalle, a este elemento le corresponde el “anexo 4”.

### **5.5 Soporte de leva**

El soporte de leva siempre está en contacto con la leva y el martillo. Este componente es el que genera el movimiento complejo del martillo (golpe) por acción de movimiento simple de la leva (giro).

Este conjunto de componentes (leva, eje de levas, soporte de levas y el motor) es determinante para el funcionamiento de la máquina de impactos, si alguno de estos componentes falla se perdería la integridad de la máquina de tal forma que no se cumpliría con los requisitos más importantes especificados por la norma ISO 140-7.

**Figura 5.5** Soporte de leva de la máquina de impactos.



*Fuente: Autor.*

El diseño de este componente consta de dos partes; la primera es el rodillo de apoyo que sobre el cual la se va a asentar la leva, las dimensiones del rodillo de apoyo son 6 mm de diámetro interno, 19 mm de diámetro externo y 13 mm de espesor.

Este rodillo de apoyo se conecta con el soporte de leva el cual está unido al martillo para efectuar el movimiento de éste.

El rodillo de apoyo se eleva al momento que la leva gira, éste a su vez eleva el martillo hasta alcanzar el punto máximo de elevación (40 mm especificados en la norma), alcanzado este punto y por el diseño de la leva el martillo cae libremente la distancia especificada volviéndose a repetir el ciclo.

Para observar con mayor detalle, a este elemento le corresponde el “anexo 5”.

## **5.6 Motor**

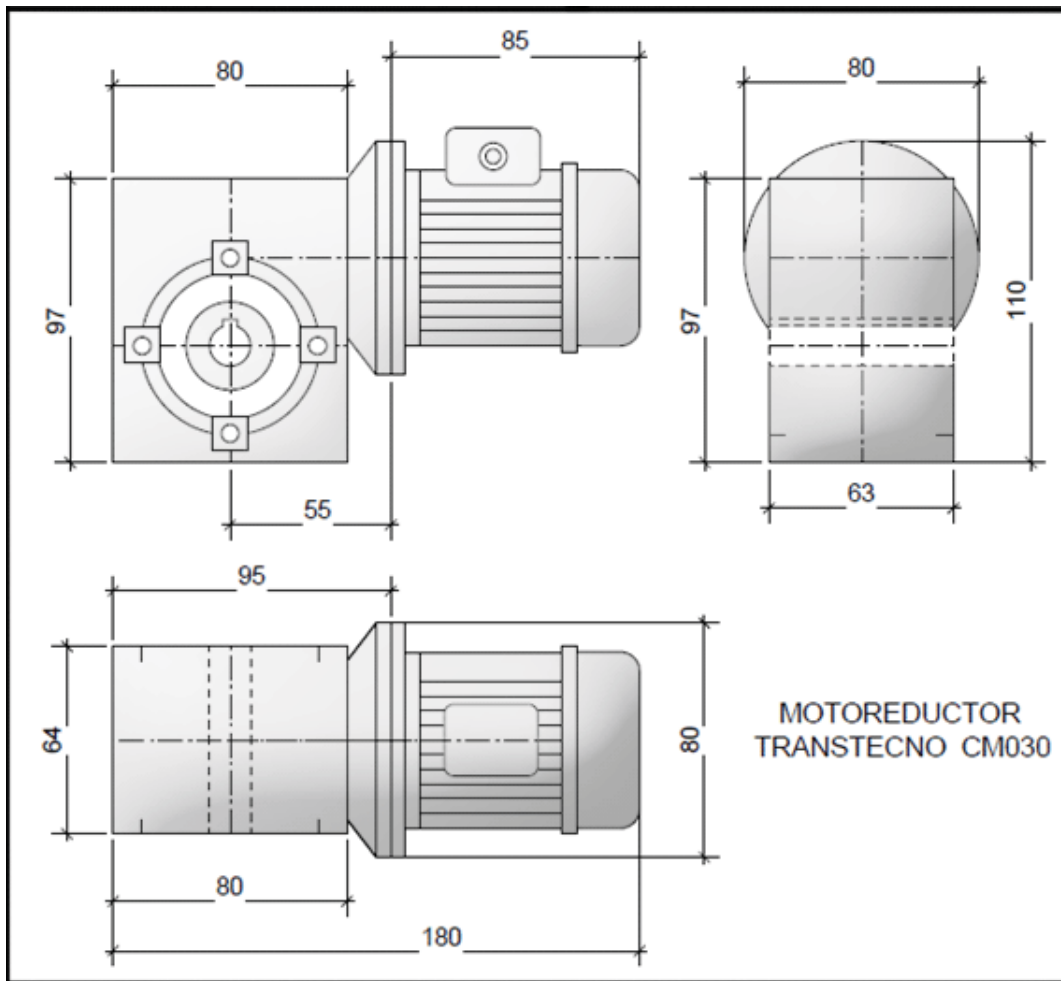
Un motor es una máquina que produce energía mecánica, es decir, movimiento con fuerza, a partir de energía eléctrica, química u otra, con el fin de realizar un trabajo. Existen diversos tipos de motores entre los cuales se pueden encontrar motores eléctricos, de combustión interna, de combustión externa, etc.

Muchas veces encontrar el motor adecuado para un determinado trabajo no es tarea fácil, ya que en ocasiones se requieren ciertas características tales como un determinado número de revoluciones, es por esto que existen los llamados motoredutores.

Los motoredutores son apropiados para el accionamiento de toda clase de máquinas y aparatos de uso industrial, que necesiten reducir su velocidad en forma segura y eficiente.

Para el diseño propuesto, el motor es el elemento encargado del funcionamiento de la máquina de impactos. El motor produce la rotación del eje de levas, este eje hace que las levas giren y muevan el soporte de levas que hace que los martillos suban y bajen. La velocidad de rotación del motor es de 120 RPM (revoluciones por minuto) para poder cumplir con el tiempo medio entre impactos de los martillos tal como lo requiere la norma.

Figura 5.6 Motoreductor empleado en el diseño de la máquina de impactos.



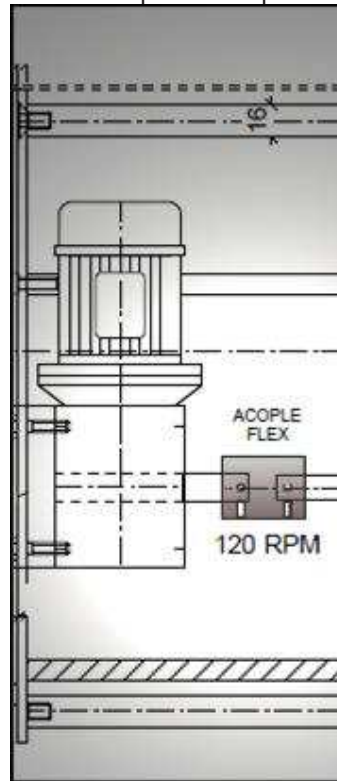
Fuente: Autor.

La marca del motor es TRANSTECNO y el modelo CM030, tiene una potencia de 200 W, 3 fases y se reduce su velocidad para que trabaje a 120 RPM. Como se mencionó, este último parámetro es regulable mediante un mecanismo incorporado en el motor y controlado por el operador al exterior de la máquina.

Para su funcionamiento usa un acople flexible que sirve de unión entre el motor y el eje de levas. Este permite que el funcionamiento entre el motor y el eje sea suave además de mejorar la alineación entre ambos elementos. Las medidas

del acople flexible son de diámetro 12 x 14 x 20 mm y una longitud de 35 mm. A este acople flexible se lo debe fijar al motor y al eje de levas con prisioneros.

**Figura 5.7** Acople flexible de la máquina de impactos.



*Fuente: Autor.*

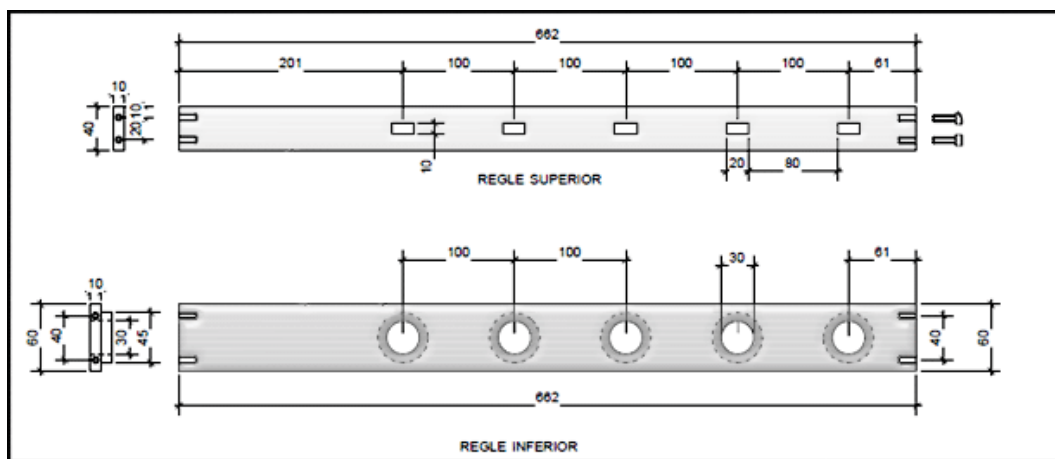
Al motor se lo sujeta a la parte trasera del panel frontal con pernos de sujeción insertados en los orificios que el motor presenta para este propósito.

Para observar con mayor detalle, a este elemento le corresponde el “anexo 6”.

## 5.7 Regle superior e inferior

El objetivo de estos mecanismos es asegurar que los martillos mantengan un movimiento constante y uniforme durante el encendido de la máquina, y cuando la máquina deje de funcionar o ésta apagada, asegurar que los martillos mantengan una posición estable y no se salgan de sus ejes.

**Figura 5.8** Regle superior e inferior de la máquina de impactos.



*Fuente:* Autor.

En el reglé superior se encuentran cinco ranuras diseñadas para que los ejes de los martillos encajen en ellas, espaciadas a 100 mm de sus ejes como especifica la norma. El objetivo de este componente es el de evitar que los martillos se salgan de su trayectoria de movimiento y también brindar estabilidad a la máquina de impactos. Las ranuras tienen una medida de 20 x 10 mm. Las medidas del reglé superior son 662 x 40 x 10 mm de espesor y el material utilizado es acero número 1045. Este componente posee dos orificios en sus extremos para la inserción de pernos de soporte para que sea fijado a las placas de los bordes de la máquina de impactos.

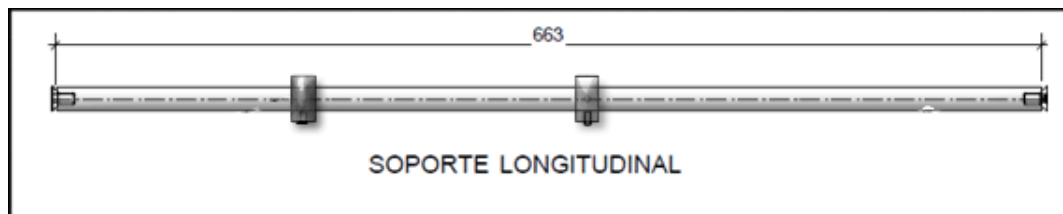
El reglé inferior tiene el mismo propósito que el reglé superior. La diferencia en el diseño del reglé inferior radica en que este posee cinco orificios de 30 mm de diámetro espaciados a 100 mm respecto a sus ejes como especifica la norma y por los cuales van a pasar los cinco martillos de la máquina de impactos. Las medidas empleadas para este componente son 662 x 60 x 10 mm de espesor y el material utilizado es acero número 1045. Este posee al igual que el reglé superior dos orificios en los extremos por los cuales van a ser insertados pernos de soporte para que sea fijado a las placas de los bordes de la máquina de impactos.

Para observar con mayor detalle a este elemento le corresponde el “anexo 7”.

### 5.8 Soporte longitudinal

Este objeto sirve para fijar las placas de la maquina y brindar estabilidad a la misma durante su funcionamiento.

**Figura 5.9** Soporte longitudinal de la máquina de impactos.



*Fuente: Autor.*

Las dimensiones del soporte longitudinal son 16 mm de diámetro x 663 mm de longitud y el material utilizado es acero número 1018.

A los extremos del soporte longitudinal se encuentran dos orificios para colocar pernos de soporte con el objetivo de fijarlo a las placas de los bordes de la



máquina de impactos. También se posicionan dos *bocines* con cuatro *prisioneros* cada uno, el primero de los bocines se ubica a 158 mm del borde coincidiendo con la primera placa interna de soporte, y el segundo de los *bocines* se ubica a 372 mm del borde coincidiendo con la segunda placa interna de soporte.

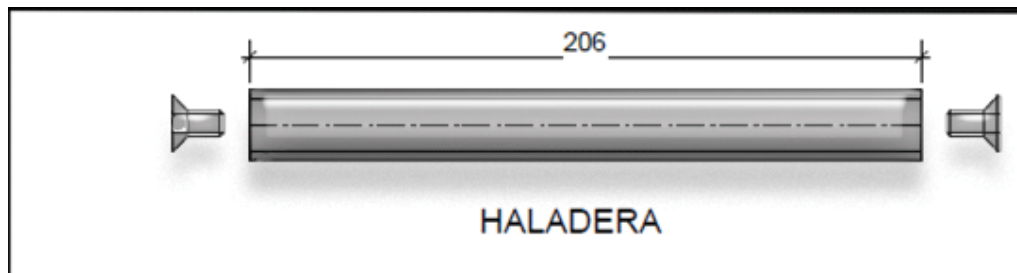
Para esta máquina se requerirán 4 soportes longitudinales por lo que el diseño se repite para los tres restantes.

Para observar con mayor detalle, a este elemento le corresponde el “anexo 8”.

## 5.9 Haladera

Este objeto sirve para levantar la máquina de impactos para poder trasladarla de un lugar a otro.

**Figura 5.10** Haladera de la máquina de impactos.



*Fuente: Autor.*

Este es un tubo ATSM ½" cedula 40 de 18 mm de diámetro interno x 22 mm de diámetro externo y 206 mm de longitud. A sus extremos se van a ubicar dos pernos de soporte que fijaran a la haladera con las dos placas internas de soporte de la máquina.

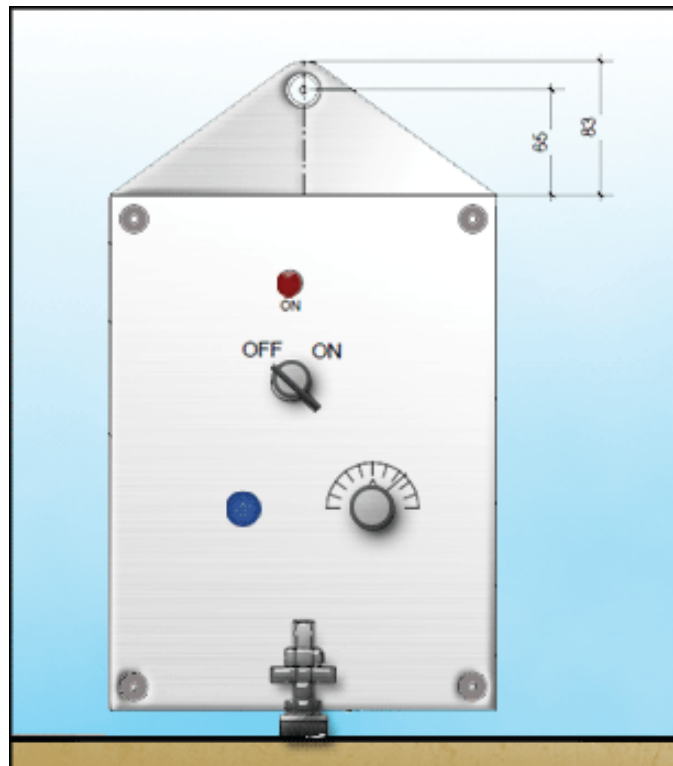
Para observar con mayor detalle, a este elemento le corresponde el “anexo 9”.

## 5.10 Placas internas y externas

Las placas externas son dos y son aquellas que se encuentran en la parte frontal y en la parte trasera de la máquina.

### 5.10.1 Placa frontal

**Figura 5.11** Placa frontal de la máquina de impactos.



*Fuente: Autor.*

El material utilizado para esta placa es acero A-36. Las dimensiones utilizadas son 320 mm de longitud x 240 mm de ancho y 4 mm de espesor.

En esta placa es en donde se van a encontrar los controles de la máquina de impactos. Posee un *switch* selector de dos posiciones (on-off), una luz piloto o

led que indica cuando la máquina está encendida, un fusible que evita el daño otros componentes en caso de sobrecarga eléctrica.

Posee además un variador de la velocidad del motor, este componente es de gran importancia debido a que se pueden producir cambios normales en la velocidad del motor por el uso continuo o por variaciones eléctricas. Este componente permite ajustar la velocidad del motor para conseguir las condiciones necesarias de funcionamiento especificadas en la norma. El margen de operación del variador de velocidad es de  $\pm 30^\circ$  de la velocidad de funcionamiento del motor.

Este panel posee además una pata con una base anti-vibraciones que evita el movimiento de la máquina durante el funcionamiento de la misma, esta está ubicada al centro en la parte inferior de la placa y hace que la máquina se eleve 15 mm sobre el suelo.

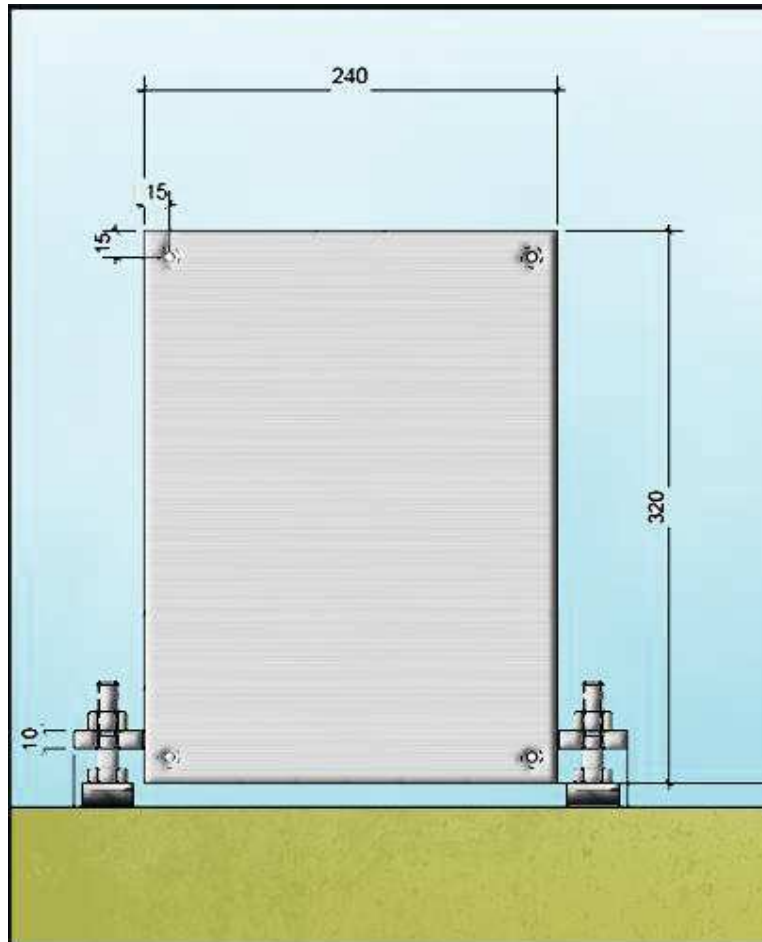
La base anti-vibraciones posee 30mm de diámetro x 15 mm de espesor y el material utilizado es caucho.

La placa frontal posee además cuatro orificios en donde se van a insertar pernos de soporte para fijar las placas con los soportes longitudinales.

Para observar con mayor detalle, a este elemento le corresponde el “anexo 1”

### 5.10.2 Placa Posterior

Figura 5.12 Placa posterior de la máquina de impactos.



Fuente: Autor.

La placa trasera posee las siguientes dimensiones; 320 mm de longitud x 240 mm de ancho y 4 mm de espesor y el material utilizado es acero A-36. Posee cuatro orificios ubicados a 15 mm de las esquinas de la placa y son utilizados para colocar pernos de soporte y fijar las placas con los soportes longitudinales.

En la placa trasera se van a colocar dos patas con bases anti-vibraciones de las mismas características que en la placa frontal. Estas patas se van a ubicar

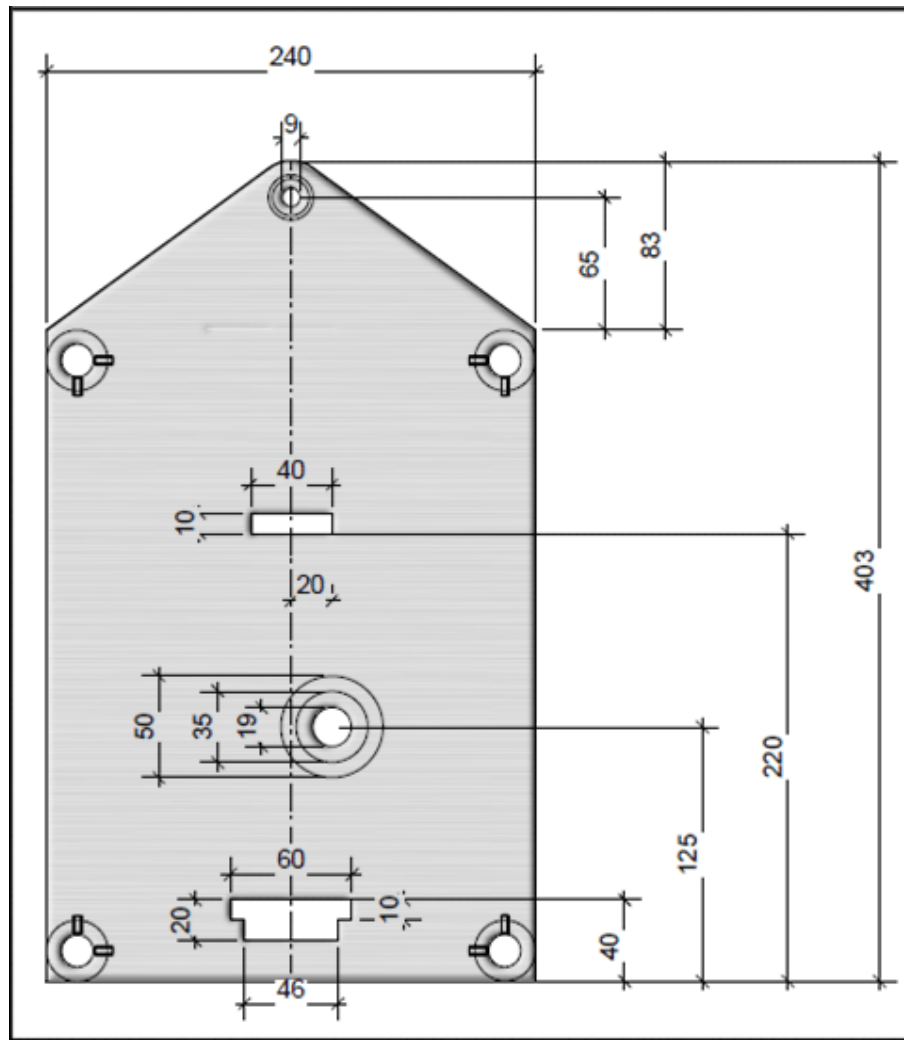
a los extremos de la placa metálica de soporte diseñada para la colocación de estos componentes. La placa metálica de soporte posee las siguientes dimensiones 320 mm de longitud x 50 mm de ancho x 10 mm de espesor. En esta placa metálica de soporte se van a ubicar las patas de la máquina a una distancia de 20 mm de los bordes con respecto al eje de las mismas.

Para observar con mayor detalle, a este elemento le corresponde el “anexo 1”.

### **5.10.3 Placas Internas**

Al igual que las placas externas son dos y su material es acero A-36. Estas placas internas tienen el propósito de brindar estabilidad a la máquina de impactos durante su funcionamiento. Su diferencia con las placas externas radica en que éstas poseen una mayor extensión para la colocación de una haladera con el fin de poder movilizar la máquina de un lugar a otro.

Figura 5.13 Placas internas de la máquina de impactos.



Fuente: Autor.

Sus dimensiones son 403 mm de longitud x 240 mm de ancho con 4 mm de espesor. Estas placas poseen las ranuras y orificios necesarios para el paso de los diferentes componentes tales como el regle inferior y superior, el eje de levas, los soportes longitudinales y en la parte superior la haladera.

Para observar con mayor detalle, a este elemento le corresponde el “anexo 1”.

## **5.11 Diseño Eléctrico**

En este punto ya se han cumplido con varios objetivos en cuanto a los requerimientos de la máquina y se tiene una visión clara acerca del funcionamiento de la misma.

Ahora lo que se debe definir es la manera en la que la máquina va a operar, es decir sus requerimientos eléctricos.

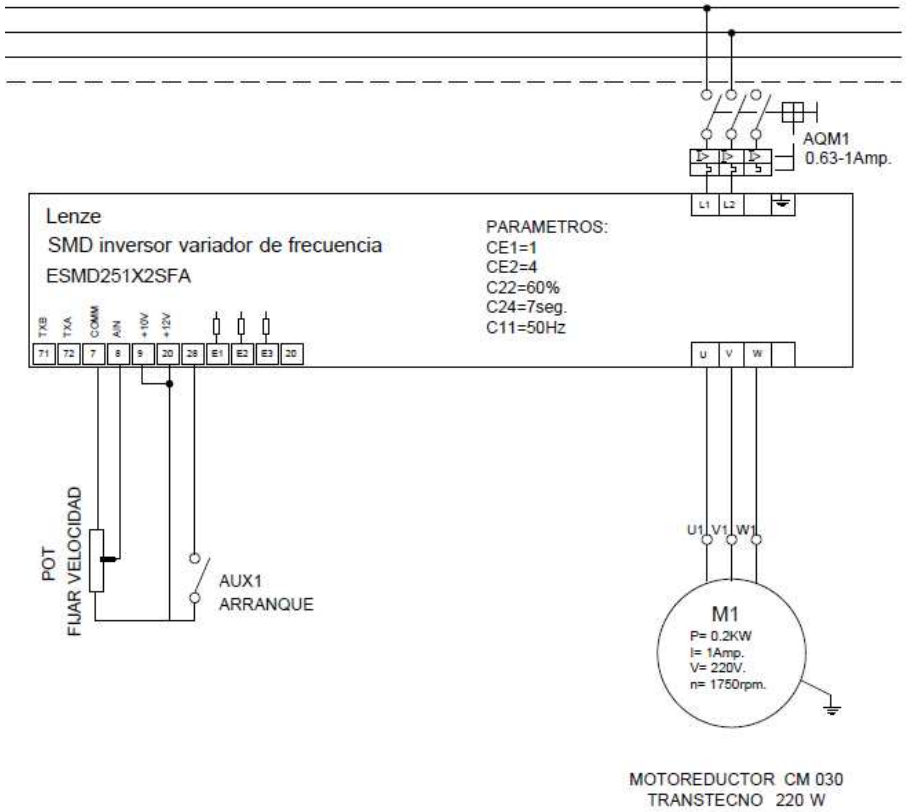
Para este diseño se proponen dos alternativas para el funcionamiento de la máquina, ambas garantizan eficiencia y no afectan al desempeño de este mecanismo.

Hay que tener en cuenta que la única parte de la máquina que requiere electricidad para funcionar es el motor, por lo tanto las alternativas presentadas van enfocadas hacia este componente.

### **5.11.1 Corriente Alterna**

Aquí se presenta el funcionamiento del motor con corriente alterna a 220 *voltios*. Se presenta un componente adicional que es el variador de frecuencia.

Figura 5.14 Variador de frecuencia de la máquina de impactos.



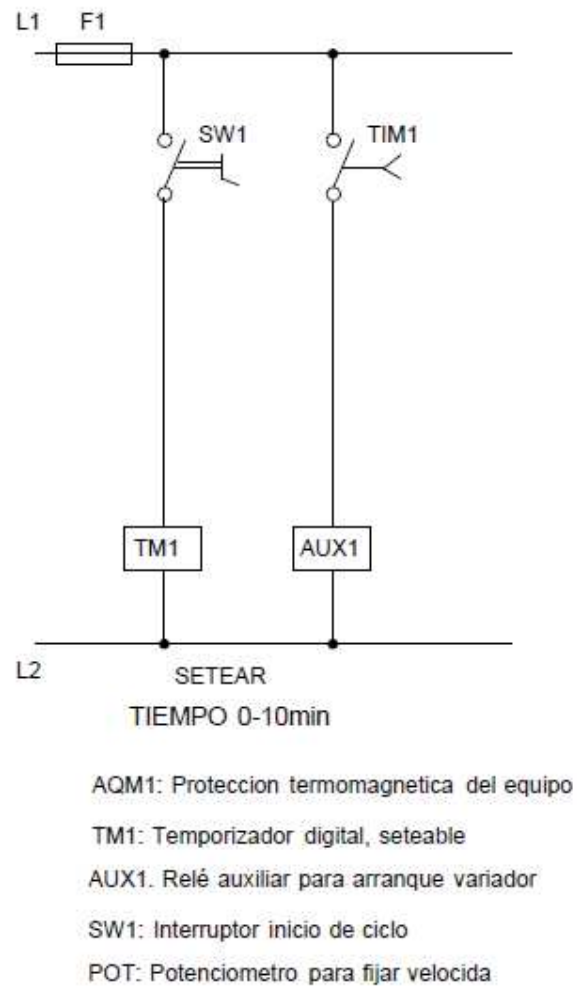
Fuente: Autor.

El componente propuesto utilizado para controlar y variar la frecuencia del motor es de la marca Lenze modelo ESMD251X2SFA. Su implementación es fácil y posee un teclado integrado para su operación. Este componente sirve para una calibración más precisa de las revoluciones del motoreductor.

Para observar con mayor detalle, a este elemento le corresponde el “anexo 10”.



**Figura 5.15** Contador de la máquina de impactos.



*Fuente: Autor.*

Este dispositivo opcional nos permite programar un tiempo adecuado para las mediciones, la marca y modelo propuestos del contador implementado en la máquina de impactos es LIONPOWER SCN PS41A. Con este componente lo que se busca es evitar la presencia humana que pueda alterar los resultados obtenidos en las mediciones.

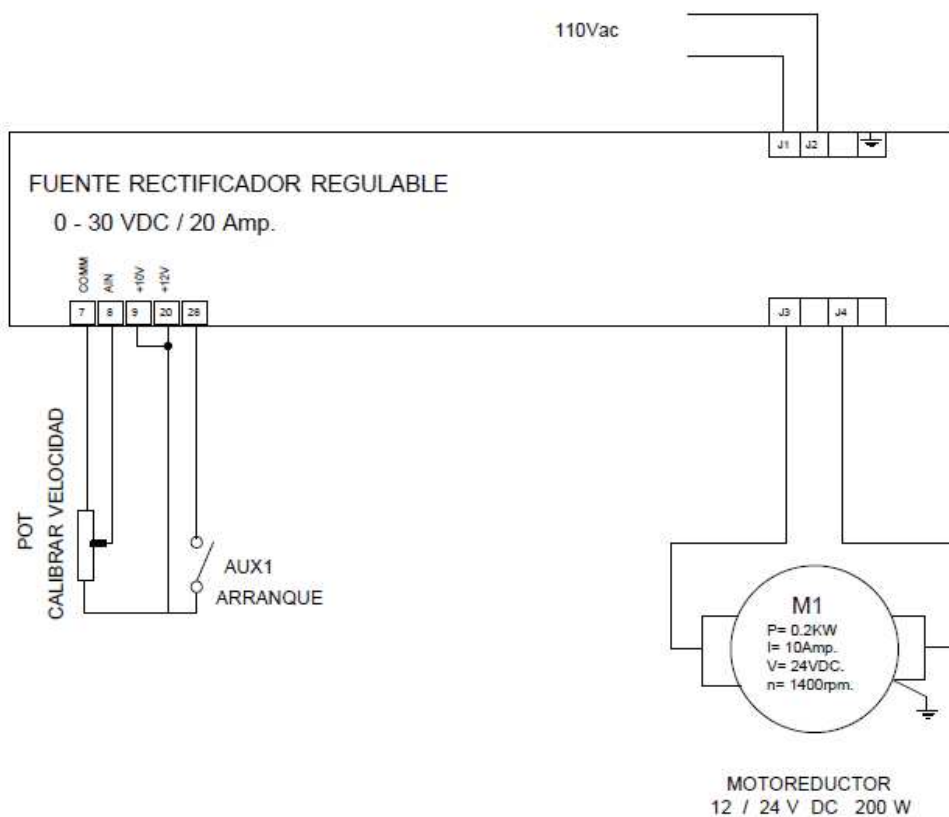
Cabe recalcar que estos componentes opcionales son presentados para el funcionamiento de la máquina de impactos con corriente alterna.

Para observar con mayor detalle, a este elemento le corresponde el “anexo 10”

### 5.11.2 Corriente Continua

Con corriente continua se siguen conservando las características como programar el tiempo de mediciones y regular la velocidad del motor, esta última presenta una variación en el modo de hacer esta función.

**Figura 5.16** Fuente rectificadora regulable en la máquina de impactos.



*Fuente: Autor.*

Aquí la velocidad del motor se la regula mediante el control del voltaje, en el anexo 13 se presenta este esquema de manera detallada.

Para observar con mayor detalle, a este elemento le corresponde el “anexo 11”.

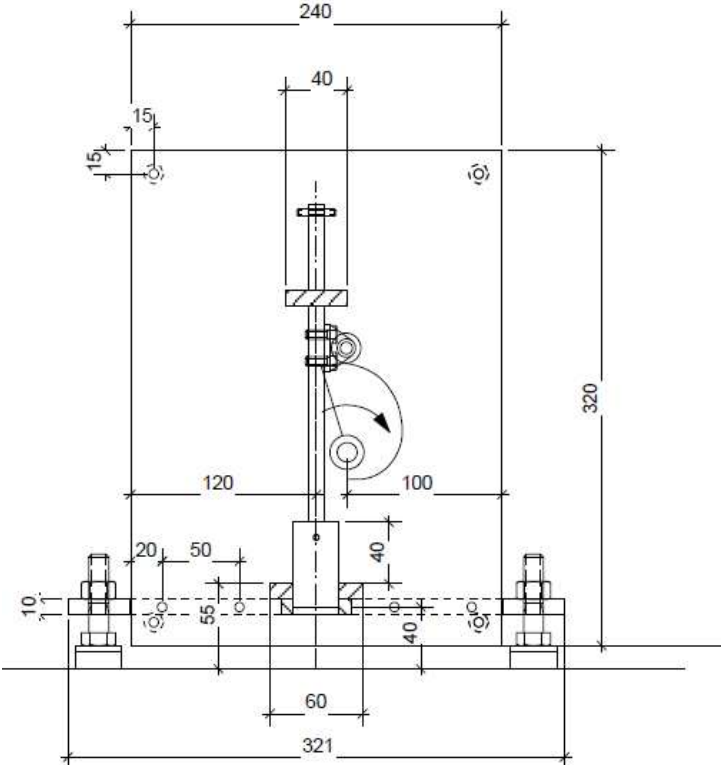
**5.12 Vista General**

En este punto se han cumplido con los requerimientos específicos expuestos en la norma ISO 140-7. Solo resta ver una vista general de la máquina para tener más claro cómo interactúan los elementos y como es su aspecto general.

**5.12.1 Movimientos**

Se conoce por el planteamiento del diseño que el funcionamiento de la máquina de impactos es relativamente sencillo. El motor genera el movimiento del eje en el cual se encuentran las levas, éstas a su vez giran provocando el movimiento de los soportes de levas que están en contacto con los martillos, la acción que realizan los martillos es la de subir y bajar generando un impacto contra una superficie (suelo) en su bajada.

**Figura 5.17** Movimiento de las levas y martillos.



*Fuente: Autor*

En la figura 5.17 se puede apreciar que el giro del eje es hacia la derecha o en sentido horario, por lo tanto también el giro de la leva. Esto se debe a que la curvatura de la leva está diseñada para provocar que la elevación de los martillos sea de 40 mm tal como está especificado en la norma ISO 140-7, de otro modo, si girara en sentido contrario no se alcanzaría la elevación necesaria requerida en la norma.

Cada martillo golpea dos veces el suelo en un segundo, es decir ocurren diez impactos en un segundo (frecuencia), la transmisión del sonido se da de manera estructural es decir por vía sólida.

La fuerza con la que el martillo golpea al suelo es determinada por la masa del mismo y por la altura de caída, esto ocurre con una cierta frecuencia por lo tanto con un periodo. Esta excitación mecánica pone en vibración a la estructura (piso/techo) con una fuerza  $F$  que determinada por Fourier es:

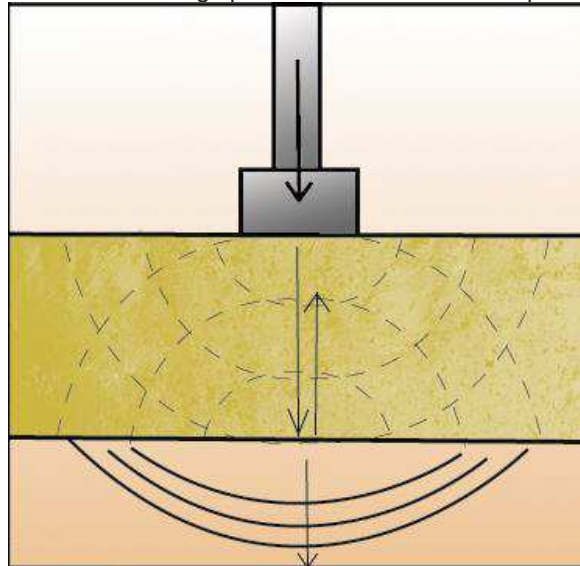
$$F = (2m/T)(2gh)^{1/2} \text{ (N)} \quad (2.7)$$

Donde:

- $F$**  Fuerza de excitación producida.
- $m$**  masa del cuerpo
- $T$**  período.
- $g$**  gravedad.
- $h$**  altura.

Conociendo esto se puede deducir que la fuerza aplicada por la máquina de impactos sobre la estructura es de 8.86 Newtons.

**Figura 5.18** transmisión estructural producida por el golpe de un martillo de la maquina.



*Fuente: Autor*

La onda producida por la deformación del material (vibración) sobre el cual se ejerce la fuerza, se propaga a una velocidad que depende de la naturaleza del material que compone la estructura.

La energía comunicada al suelo tiene la desventaja de ser más fuerte que la energía correspondiente a un ruido aéreo por lo tanto suele ser más molesta y más complicada de atenuar.

Como conclusión tenemos que el impacto en una partición suelo-techo produce:

- Una deformación que se manifiesta en forma de flexión, que desplaza al material de las áreas vecinas.
- Las partículas del material solicitadas a moverse, lo hacen sólo en una cantidad infinitesimal alrededor de su posición de equilibrio, a causa de las fuerzas elásticas restauradoras.
- La única energía que progresa, es la causada por la perturbación del impacto, que se manifiesta como una vibración en la losa que se traslada a una velocidad particular para cada material.

- Toda partición que se pone en vibración se comporta como una fuente de generación de ruidos aéreos, de este modo la vibración del suelo se transmite al espacio receptor subyacente poniendo en movimiento las partículas de aire que son las que ahora trasladarán la perturbación a través del espacio aéreo receptor, creándose un ruido aéreo inducido.
- Otro grave inconveniente del ruido de impacto frente al ruido aéreo, es que mientras el segundo sólo perturba las habitaciones inmediatamente próximas al local de excitación, el primero puede oírse en todo el inmueble, a causa de la propagación de energía por vías secundarias repartiéndose a través de todos los elementos constructivos solidarios rígidamente a la estructura inicialmente excitada.

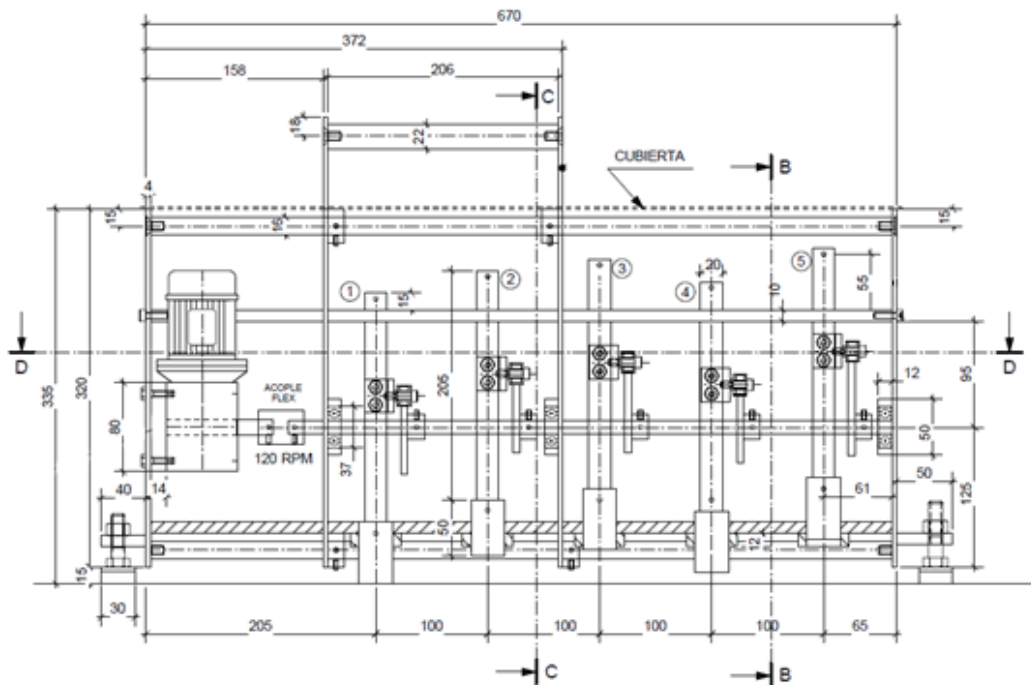
En resumen se puede decir que cuando se produce un ruido de impacto sobre la cara superior de un elemento constructivo horizontal se generan ondas de vibración que se propagan rápidamente por todo el material de modo que cuando la energía llega a la cara inferior del elemento horizontal, una parte es reflejada y reenviada a la cara superior y el resto de energía es transmitida al aire próximo. Así, el aire sometido a una agitación periódica produce un ruido aéreo que se conoce como ruido de impacto.

### **5.12.2 Vista Lateral**

En esta vista se puede apreciar de manera notable la ubicación de los martillos y el motor.

Cabe destacar que los martillos son numerados del uno al cinco, esto es porque en el funcionamiento se requiere que caigan en un orden establecido para evitar que la máquina presente algún tipo de desplazamiento. El orden diseñado para esta máquina para la caída de los martillos es el siguiente: 1, 3, 4, 2, 5.

Figura 5.19 Vista lateral de la máquina de impactos.



Fuente: Auto

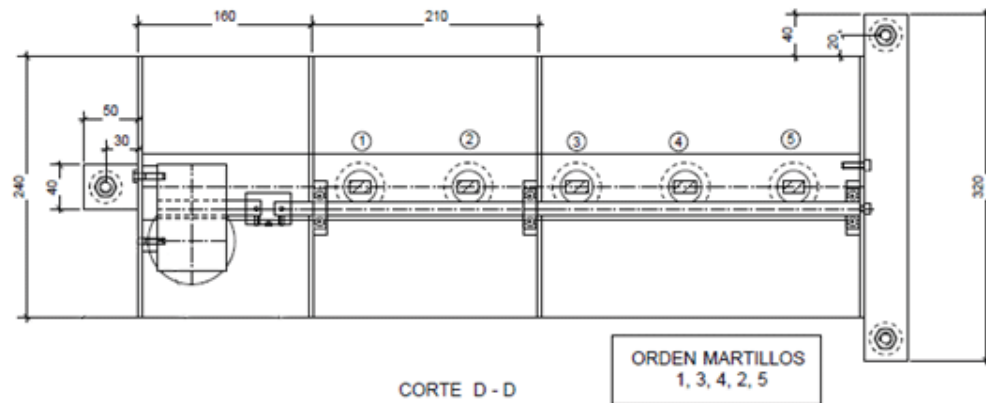
r

En la figura 5.18 se puede notar también al eje de levas, a los soportes de levas, reglé superior e inferior, las placas de la máquina y la haladera.

### 5.11.2 Vista Superior

En la vista superior se puede apreciar la ubicación ligeramente hacia un lado del motor.

**Figura 5.20** Vista superior de la máquina de impactos.



*Fuente: Autor*

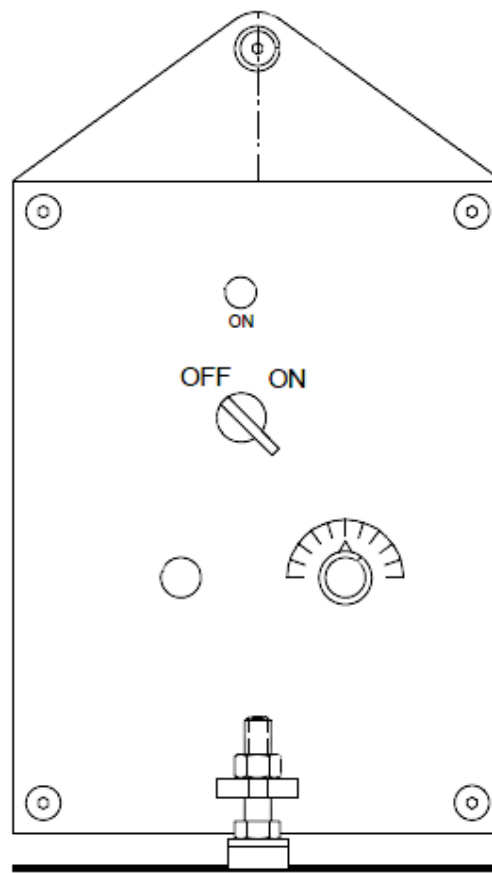
En este plano se aprecia con notoriedad la ubicación de las tres patas de la máquina, esto para brindar estabilidad y evitar desplazamientos durante el encendido.

### 5.12.3 Vista Frontal

Como en el diseño de la placa frontal, en esta vista se pueden apreciar los controles que la máquina posee para su operación.



**Figura 5.21** Vista frontal de la máquina de impactos.



**VISTA FRONTAL**

*Fuente: Autor*

### **5.13 Información Adicional**

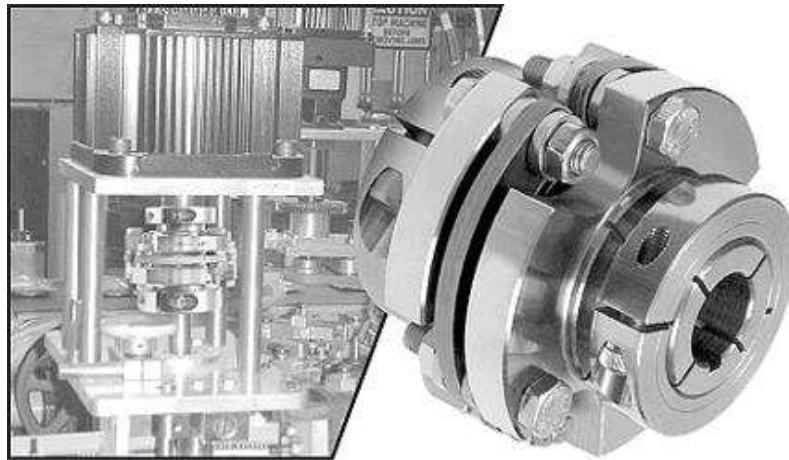
Para finalizar la parte del diseño, se debe acotar que la máquina de impactos lleva una cubierta metálica que protege a los martillos de cualquier posible manipulación externa. El material de la cubierta metálica es el aluminio.

Sin duda alguna el material que predomina en la fabricación de esta máquina es el acero que por sus cualidades se lo utiliza en varias aplicaciones, aquí se mostrará de manera breve algunas características del material.

### 5.13.1 Acero

Acero es la denominación que comúnmente se le da en ingeniería metalúrgica a una aleación de hierro con una cantidad de carbono variable entre el 0,1 y el 2,1% en peso de su composición, aunque normalmente estos valores se encuentran entre el 0,2% y el 0,3%. Si la aleación posee una concentración de carbono mayor al 2,0% se producen fundiciones que, en oposición al acero, son quebradizas y no es posible forjarlas sino que deben ser moldeadas [18].

**Figura 5.22** Acero inoxidable.



*Fuente:* <http://www.krccreativos.com/hispano/productos.php?idcat=26&idsub=91>

#### 5.13.1.1 Acero A-36.

Es el tipo de acero más comúnmente usado, posee una densidad de 7850 Kg/m<sup>3</sup>, este satisface prácticamente cualquier tipo de necesidades de alguna estructura metálica, salvo muy particulares casos.

En la máquina de impactos se lo utiliza en algunos bocines, en la base del motoreductor y en las placas externas e internas. [18]

**Figura 5.23** Placa de acero A-36

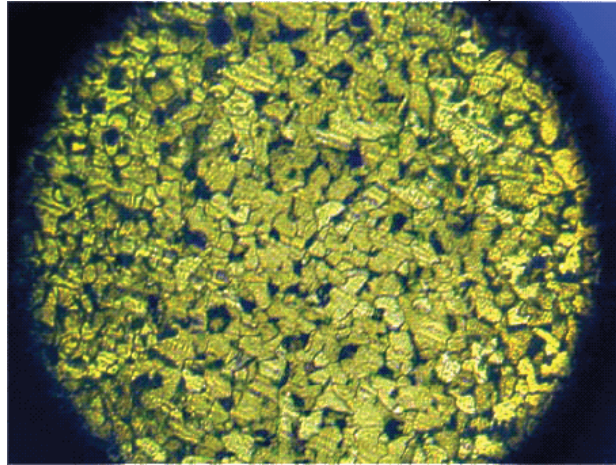


*Fuente:* <http://www.solostocks.com.mx/venta-productos/construccion/materiales-construccion/placa-comercial-acero-a-36-811423>

#### **5.13.1.2 Acero 1018**

Su aplicación principalmente se da en partes que no estén sujetas a grandes esfuerzos: flechas, tensores, pernos de dirección y de cadenas, catarinas, etc. Por su ductilidad es ideal para procesos de transformación en frío: recalcar, estampar y doblar (dependiendo el acabado). Si se busca que la pieza tenga dureza superficial con el centro suave, este acero es adecuado para un tratamiento térmico.

**Figura 5.24** Acero 1018 visto desde el microscopio  
(zoom 100x)



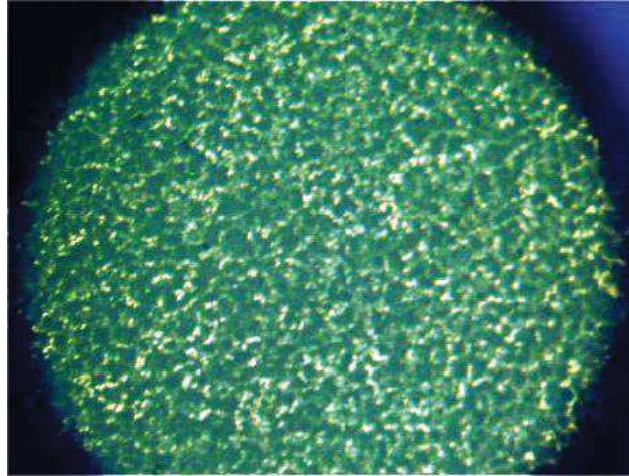
Fuente: [www.uca.edu.sv/facultad/clases/ing/m210031/aceros.pdf](http://www.uca.edu.sv/facultad/clases/ing/m210031/aceros.pdf)

En la máquina de impactos se emplea este acero para los soportes longitudinales, el eje de levas, y varios bocines incluidos los bocines de levas.

### **5.13.1.3 Acero 1045**

Es un acero muy apropiado para piezas de pequeño tamaño que deban templarse a inducción. Se emplea para herramientas forjadas de todo tipo, como: hachas, azadones, rastrillos, picas, martillos de varios usos, porras, etc. El más popular de los aceros al carbón templables es sin duda el 1045. Por sus características de temple, se tiene una amplia gama de aplicaciones automotrices y de maquinaria en general, en la elaboración de piezas como ejes y semiejes, cigüeñales, etc. de resistencia media [18]

**Figura 5.25** Acero 1045 visto desde el microscopio  
(zoom 100x)



*Fuente:* [www.uca.edu.sv/facultad/clases/ing/m210031/aceros.pdf](http://www.uca.edu.sv/facultad/clases/ing/m210031/aceros.pdf)

En la máquina de impactos se lo utiliza para la los martillos con sus respectivos ejes, los reglas superior e inferior, algunos bocines y las levas.

## Capítulo VI. *Análisis Económico*

---

### 6.1 Introducción

Para la propuesta de diseño planteada para la máquina generadora de ruido de impacto se investigó en la empresa TECNOMECH S.A ubicada en Quito-Ecuador los valores de construcción y materiales que se van a emplear en la construcción de esta máquina.

Siempre es necesario tener en cuenta a cuánto va a ascender la cantidad de dinero empleada para la realización de un proyecto, para de esta manera tener una idea clara de cuan factible se hace su implementación.

Un factor muy importante que se tomó en cuenta para el diseño de esta máquina, es la disponibilidad de los materiales en el mercado, ya que de esta manera se reducen muchos de los costos que implicaría traerlos para la construcción de la máquina. Todos los valores presentados a continuación son en dólares americanos.

### 6.2 Presupuesto

A continuación se presenta una tabla en la que se indican los elementos constitutivos de la máquina de impactos con sus respectivos valores.

Tabla 6.1. Lista de materiales y precios.

POS	DENOMINACION	CANT	MEDIDA	MATERIAL / MARCA	PR. UNIT	PR. TOT
1	Eje de martillo	5	20 x 10 x 225	Acero 1045	85,00	425,00
2	Martillo	5	Diam. 30 mm L =50 mm	Acero 1045	65,00	325,00
3	Pasador de presión	5	4 x 20 mm	Acero	1,50	7,50
4	Prisionero	10	M 4 x 10	G 8	1,00	10,00
5	Soporte de Leva	5	26x23x4x6 mm	A-36	10,00	50,00
6	Rodillo de apoyo	5	Diam. 6 x 19 esp 12 mm	FAG NATD6	15,00	75,00
7	Eje de Rodillo	5	Perno Allen M 6 x 20 mm	G 8	1,00	5,00
8	Perno	10	M 6 x 20 mm	G 8	0,50	5,00
9	Regle superior	1	40 x 10 x 662 mm	Acero 1045	80,00	80,00
10	Regle inferior	1	60 x 10 x 662	Acero 1045	100,00	100,00
11	Bocín	5	45 x 30 x 10 mm	Acero 1045	10,00	50,00
12	Placa interna	2	403 x 4 x 240 mm	Acero A-36	35,00	70,00
13	Soporte Long.	4	Diam. 16 x 662 mm	Acero 1018	8,00	32,00
14	Perno de soporte	8	Perno cabeza avellana M 6 x 20	G 8	1,00	8,00
15	Eje de levas	1	Diam. 12 x 540 mm	Acero 1018	20,00	20,00
16	Rodamiento	3	Diam. 12 x 37 x esp 12	FAG	6,00	18,00
17	Bocín	3	Diam.37 X 45 ESP 12	ACERO 1018	10,00	30,00
18	Bocín	8	Diam. 16 x 30 ESP 15	ACERO 1018	10,00	80,00
19	Prisionero	32	M 4 x 10	G 8	1,00	32,00
20	Bocín de Leva	5	Diam. 12 x 22 esp 15	Acero 1018	5,00	25,00
21	Prisionero	10	M 4 x 10	G 8	1,00	10,00
22	Leva	5	58 x 36 x 16 esp 8	Acero 1045	15,00	75,00
23	Haladera	1	Diam. 22 x 18 x 206 mm	Tubo ASTM 1/2 " ced 40	5,00	5,00
24	Perno de soporte	2	Perno cabeza avellana M 10 x 20	G 8	1,00	2,00

25	Cubierta Metálica	1	322 x 244 x 680 esp 2 mm	Aluminio	25,00	25,00
26	Placa externa	2	320 x 4 x 240 mm	Acero A-36	35,00	70,00
27	Perno de soporte	4	Perno allen M 6 x 20	G 8	1,00	4,00
28	Acople Flexible	1	Diam. 12 x 14 x 20 L = 35		15,00	15,00
29	Motorreductor	1	200 W 3 PH 120 RPM	TRANSTECNO CM 030	380,00	380,00
30	Perno de sujeción	4	M 6 x 20	G8	1,00	4,00
31	Base Motorreductor	1	Placa 80 x 80 esp: 14	Acero A-36	10,00	10,00
32	Pata	3	Perno M12 x 50	G 8	1,00	3,00
33	Tuerca	3	Tuerca M12	G8	1,00	3,00
34	Base Anti vibración	3	Caucho diámetro 30 esp 10	Caucho dureza 35	2,00	6,00
35	Luz piloto	1	Diam. 1/2 "	Led	2,00	2,00
36	Selector On - Off	1	de dos posiciones	Camsco o similar	5,00	5,00
37	Fusible	1	con porta fusible de barril	4 Amp	5,00	5,00
	Var. de Frecuencia	1	CA. 220 -	40 - 80 Hz	350,00	350,00

*Fuente: Autor*

Los precios de estos materiales son valores al 29 de julio del año 2011. A continuación se presenta una segunda tabla que incluye los valores de mano de obra y un valor parcial de la máquina (suma de mano de obra y materiales).



**Tabla 6.2.** Valores de mano de obra.

DENOMINACION	CANT	MEDIDA	DESCRIPCIÓN	PR. UNIT	PR. TOT
Mano de obra	1	Ing. Mecánico	Construcción	500,00	500,00
Mano de obra	1	Ing. Eléctrico	Implementación	300,00	300,00
Mano de obra	1	Ing. En sonido y acústica	Diseño	500,00	500,00
				TOTAL \$	<b>3.721,50</b>

*Fuente: Autor*

Cabe destacar que este es el valor que la empresa TECNOMECH S.A cobraría por la construcción de la segunda máquina de impactos, adicional a esto se debe calcular el valor de la primera máquina (prototipo) en construcción que usualmente varía entre el 80% y 100 % del valor presentado en esta tabla. (Todos los valores presentados corresponden a la tabla de valores de la empresa TECNOMECH S.A).

**Tabla 6.3.** Valor final de la primera máquina (prototipo).

<b>PRECIO TOTAL</b>	<b>3.721,50</b>
<b>PROTOTIPO</b>	<b>100%</b>
<b>VALOR FINAL</b>	<b>\$ 7443</b>

*Fuente: Autor*

Estos no son valores definitivos ya que pueden cambiar sin previo aviso y pueden variar de acuerdo a la disponibilidad de los materiales, la localización, y son valores que siempre difieren entre las diferentes empresas.

A diferencia de este valor se conoce que por la importación de una máquina generadora de ruido de impactos a través de la empresa SEHIACA ubicada en Quito-Ecuador, empresa dedicada a proveer instrumentos y herramientas

especializadas en acústica, el traer esta herramienta costaría entre \$9.000 y \$11.000 dólares americanos.

Todos estos valores fueron proporcionados mediante consulta a SEHIACA y obtenidos a la fecha 29 de julio del año 2011, por lo que pueden cambiar sin previo aviso.

El valor final de la máquina de impactos desciende a la mitad cuando la producción de este mecanismo se realiza en serie, el costo de cada máquina a partir de la segunda en producción sería de \$3.721,50 dólares americanos.

## Capítulo VII. *Análisis FODA.*

---

### 7.1 Introducción

A continuación se establecerán ciertos puntos claves que permitirán formar un criterio acerca de cuan viable es la implementación de una máquina generadora de ruido de impactos.

Mediante este análisis se pretende visualizar de manera global los Pros y los Contras de este proyecto, así como los beneficios y/o limitaciones que implican su desarrollo y uso.

### 7.2 Fortalezas

- Cumple con los requisitos de la norma ISO 140-7 lo que garantiza que los resultados obtenidos en mediciones empleando esta máquina de impactos, son de confiabilidad si se prosigue tal como dicta la norma.
- Las normas ISO implementan altos estándares de calidad además de que rigen de manera internacional, lo que facilita la movilización de la máquina de impactos a otros lugares del mundo teniendo la seguridad de que las mediciones van a ser calificadas.
- Este diseño implementa ciertas características adicionales como el temporizador y el variador de velocidad del motor que son de gran utilidad.
- Todos los materiales utilizados para la construcción de la máquina se los puede encontrar en el país.

### 7.3 Oportunidades

- En el Ecuador actualmente no se realizan mediciones de este tipo empleando una máquina de impactos normalizada.
- Cada vez existen más personas y profesionales comprometidos con el cuidado de la salud auditiva.
- El crecimiento de la población y la construcción de viviendas cada vez demanda mayor atención hacia los ruidos a los que están expuestas las personas ya sea en sus lugares de trabajo o en sus domicilios.
- Existe mayor conciencia y participación de la ciudadanía en torno a los problemas de contaminación ambiental incluida la contaminación auditiva.
- Cada vez existe mayor legislación y control para problemas relacionados con el ruido en los lugares de descanso.
- No existe comercialización de equipos especializados tales como la máquina de impactos.

### 7.4 Debilidades

- Si bien la ciudadanía está empezando a tomar en cuenta los problemas relacionados con el ruido, actualmente no existe mucha conciencia acerca de los problemas que acarrea la contaminación ambiental.

- El alto costo que tiene la fabricación de una máquina de impactos sin duda es un impedimento para que se realicen este tipo de mediciones.
- Muchos de los recursos actualmente son asignados para el control de otros tipos de contaminación.

### **7.5 Amenazas**

- Muchas de las normas acerca de control de ruido no son cumplidas o son desconocidas.
- No existe un adecuado control en cuanto al cumplimiento de las leyes relacionadas a la contaminación acústica.
- No existe un conocimiento general acerca de los efectos del ruido sobre las personas.

## Capítulo VIII. Conclusiones.

---

- Se pudo plantear un diseño de una máquina generadora de ruido de impactos que cumpliera con la norma ISO 140-7, con lo cual se espera poder realizar mediciones más precisas y por lo tanto proponer soluciones de manera más confiable y puntual en particiones problemáticas como el caso del suelo y del techo.
- La inexistencia de este tipo de máquinas especiales en el país ocasiona que muchas de las veces se incumplan las normas relativas al control de ruido.
- La norma ISO 140-7 especifica métodos de medición de ruido de impacto y requisitos de la máquina asociada a la generación de este tipo de ruido, todo con vigencia internacional por lo tanto se lo puede aplicar en cualquier parte del mundo.
- Sin duda la falta de recursos económicos es una limitante para que la máquina generadora de ruido de impactos sea puesta en práctica en las mediciones de aislamiento de suelo, por lo tanto evaluar el desempeño del diseño propuesto resulta difícil.
- Se espera que con el uso de la máquina generadora de ruido de impacto los resultados de las mediciones sean más precisos, ya que actualmente en el Ecuador no se emplean este tipo de máquinas y no se realizan evaluaciones del aislamiento acústico del suelo de una manera adecuada.

- Cada vez existe mayor número de profesionales especializados en el área acústica, por lo que se espera que el uso de esta herramienta sea de utilidad para el control de ruido de impactos.
- El diseño planteado cumple con todos los requerimientos especificados en la norma ISO 140-7, de todas maneras, sería necesaria la construcción de esta máquina para comprobar de manera fehaciente que todos los requerimientos obtenidos en el diseño se cumplan durante el funcionamiento de este dispositivo.

## Bibliografía.

---

### Normas:

- [1] ISO 140-7 (1999). Medición del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción - Medición in situ del aislamiento acústico de suelos al ruido de impactos.
  
- [2] ISO 140-3 (1995). Medición del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción – Medición en laboratorio del aislamiento al ruido aéreo de elementos de construcción.
  
- [3] ISO 140-8 (1997). Measurement of sound isolation in buildings and of building elements – Laboratory measurements of the reduction of transmitted impact noise by floor coverings o a heavyweight standard floor.
  
- [4] ISO 354 (2003). Measurement of sound absorption in a reverberation room.

### Libros:

- [5] Cyril, M Harris. “Manual de Medidas Acústicas y Control del Ruido”. Editorial Mc Graw Hill.
  
- [6] Kinsler. “Fundamentos de Acústica”. Editorial Limusa. ISBN 968-18-2026-6.
  
- [7] Miyara Federico. “Control de ruido”. 1999, edición digital.



[8] Beranek Leo L. "Acústica". Buenos Aires, 1969. Editorial Hispano América S.A. 481 págs.

[9] Garzón Christiam. "diapositivas de gestión ambiental EIP-070" Universidad de las Américas.

**Documentos de internet:**

[10] Blog de Carmen Vidal. "efectos del ruido en el ser humano" 4-01-2008. (en línea.)

<http://carmenvidal.wordpress.com/2008/01/04/efectos-del-ruido-en-el-ser-humano/>

[11] Doctor ProAudio. "Ponderaciones A,B y C" (en línea)

[http://www.doctorproaudio.com/doctor/temas/ref\\_abc-weightings.htm](http://www.doctorproaudio.com/doctor/temas/ref_abc-weightings.htm)

[12] Wikipedia. "bandas críticas" (en línea).

[http://es.wikipedia.org/wiki/Bandas\\_cr%C3%ADticas](http://es.wikipedia.org/wiki/Bandas_cr%C3%ADticas)

[13] Wikipedia. "Equal loudness contour" (en línea).

[http://en.wikipedia.org/wiki/Equal-loudness\\_contour](http://en.wikipedia.org/wiki/Equal-loudness_contour)

[14] Wikipedia. "Fletcher Munson curves" (en línea).

[http://en.wikipedia.org/wiki/Fletcher%E2%80%93Munson\\_curves](http://en.wikipedia.org/wiki/Fletcher%E2%80%93Munson_curves)

[15] Wikipedia. "Contaminación Acústica" (en línea).

[http://es.wikipedia.org/wiki/Contaminaci%C3%B3n\\_ac%C3%A1stica](http://es.wikipedia.org/wiki/Contaminaci%C3%B3n_ac%C3%A1stica)

[16] Wikipedia. "Acero A-36" (en línea).

[http://es.wikipedia.org/wiki/Acero\\_A36](http://es.wikipedia.org/wiki/Acero_A36)

[17] Wikipedia "Motores reductores" (en línea)

[http://es.wikipedia.org/wiki/Reductores\\_de\\_velocidad](http://es.wikipedia.org/wiki/Reductores_de_velocidad)

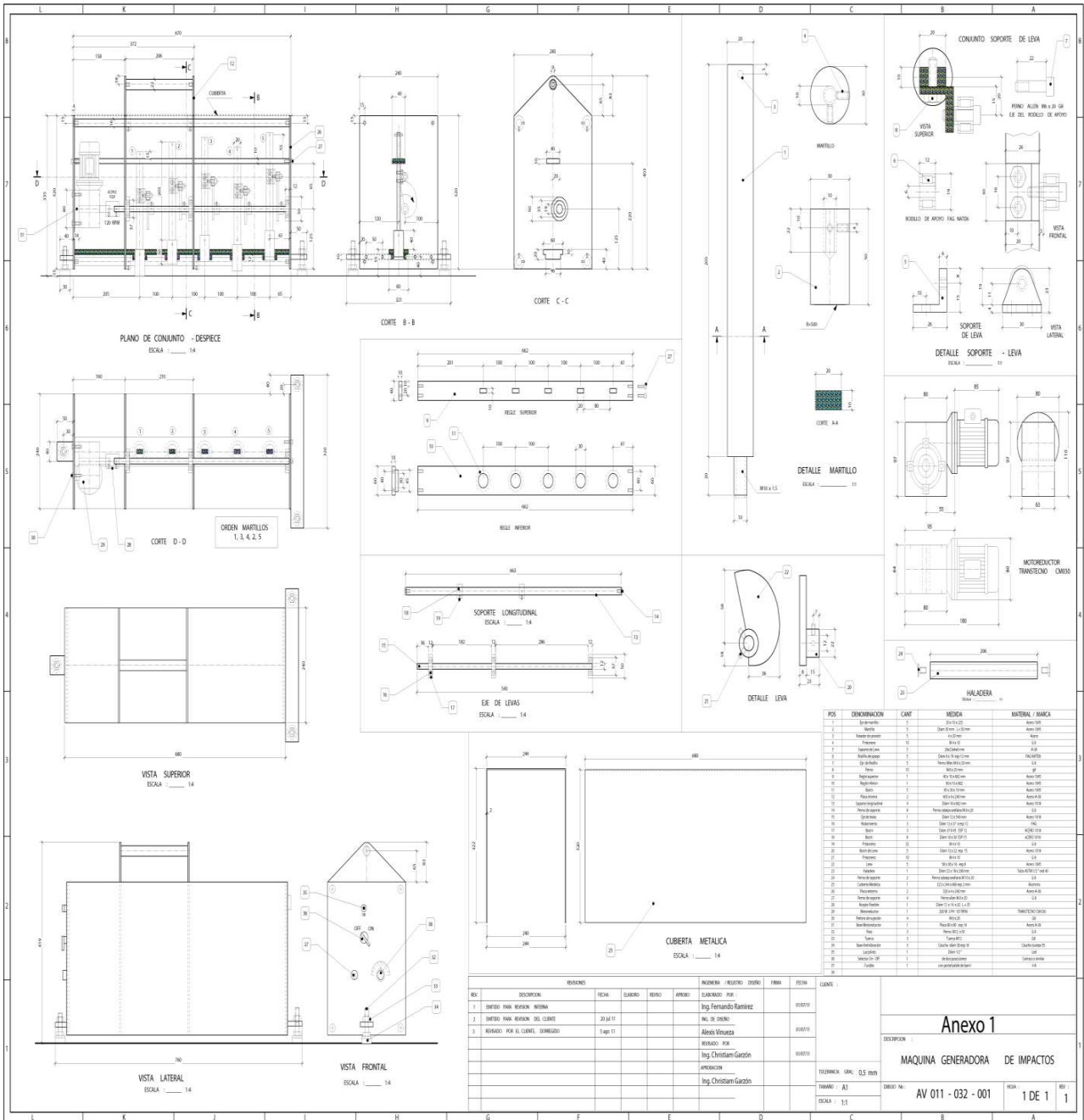
**Otros:**

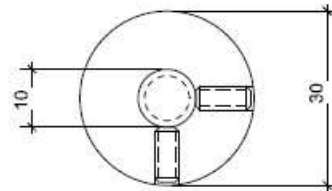
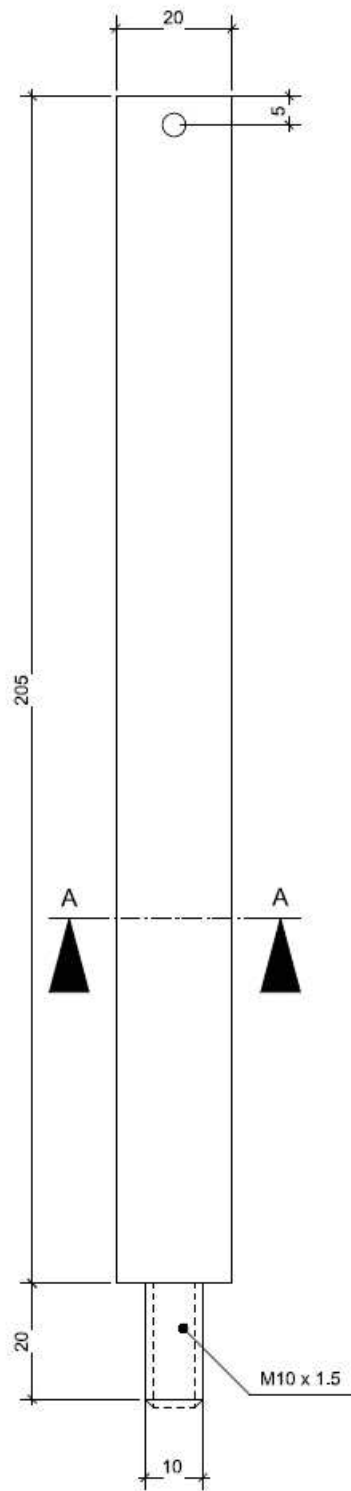
[18] Anónimo. "Mecanismos y diseño de levas".

[19] Anónimo. "Tolerancias dimensionales".

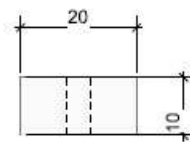
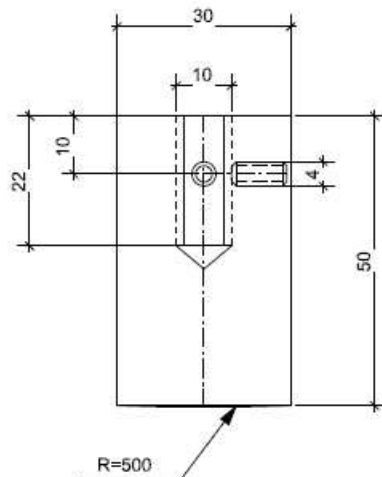
## **Anexos.**

---





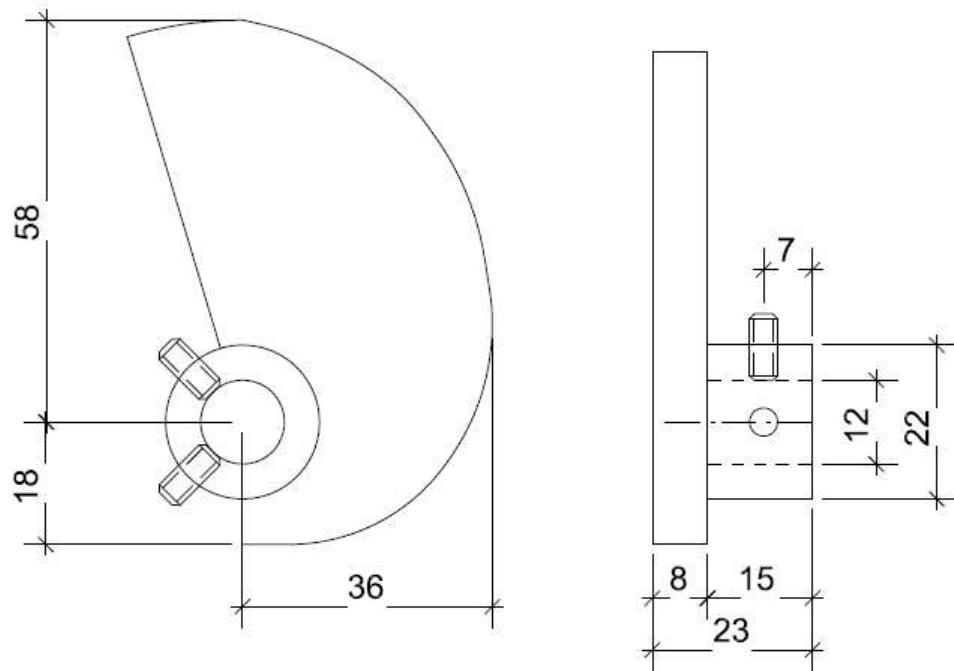
MARTILLO



CORTE A-A

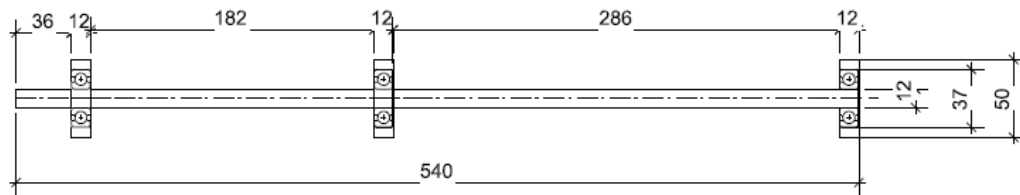
DETALLE MARTILLO  
S.E.

<b>ANEXO 2</b>
<b>Martillo</b>
<b>Máquina de impactos</b>



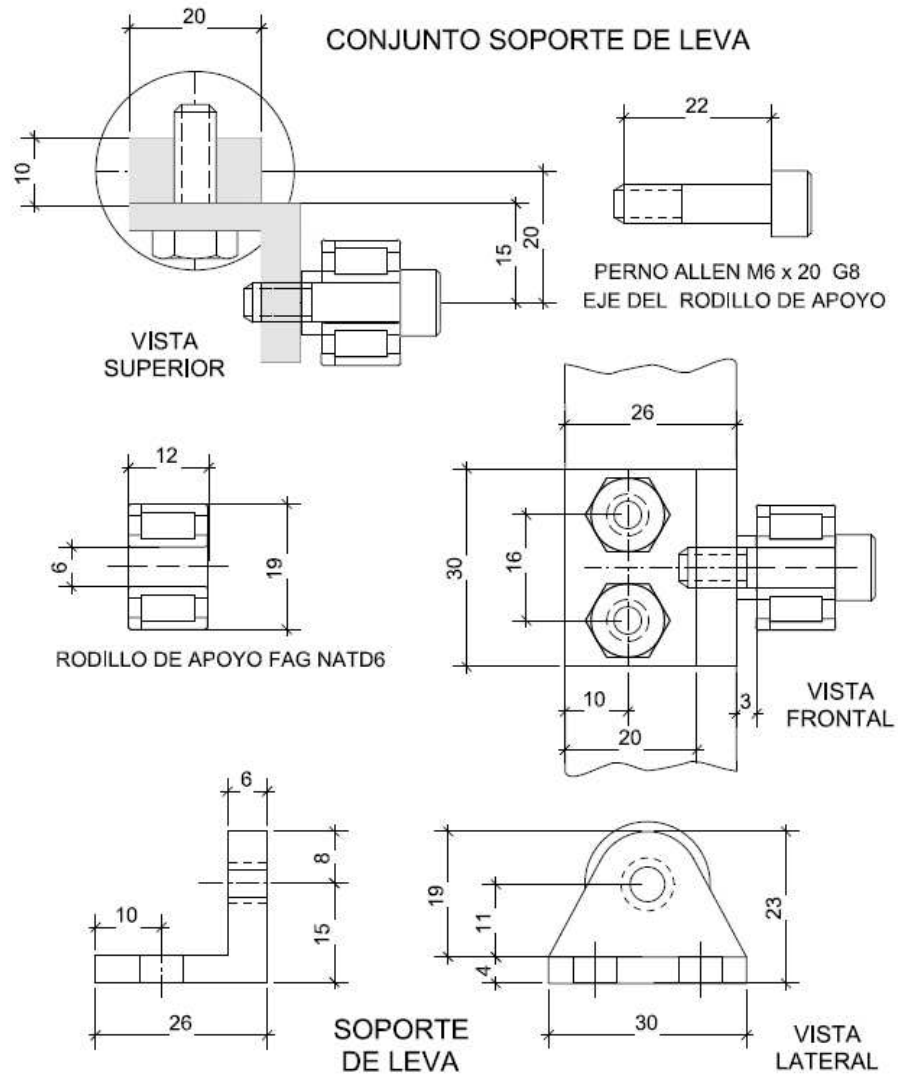
DETALLE LEVA  
ESCALA: S.E.

ANEXO 3
Leva
Máquina de impactos



EJE DE LEVAS  
 ESCALA: S.E

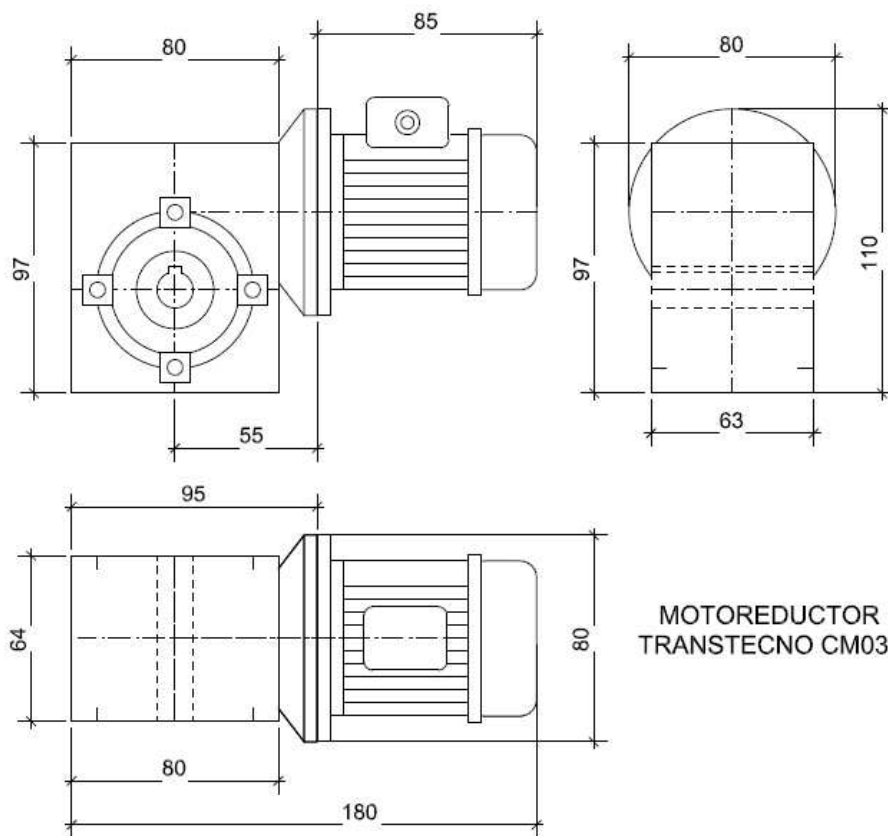
ANEXO 4
Eje de levas
Máquina de impactos



**DETALLE SOPORTE - LEVA**  
ESCALA : S.E

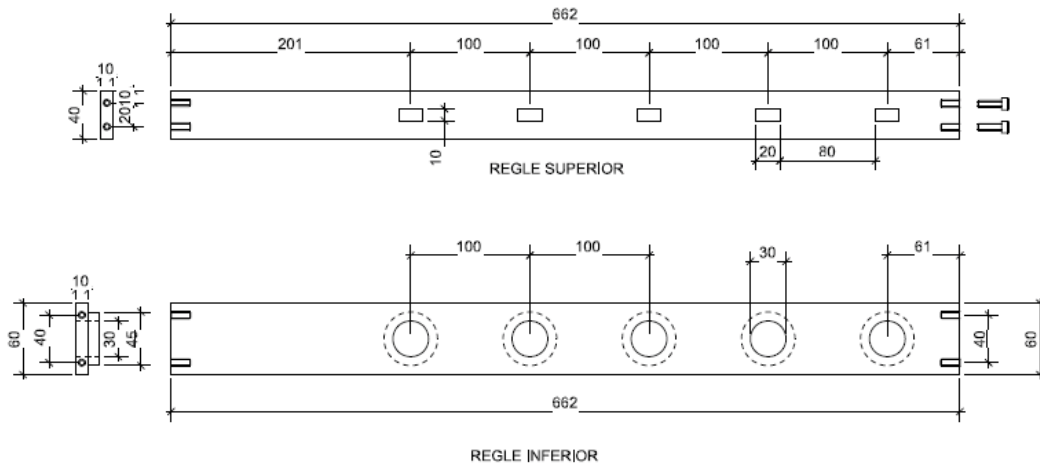
<b>ANEXO 5</b>
<b>Soporte de leva</b>
<b>Máquina de impactos</b>



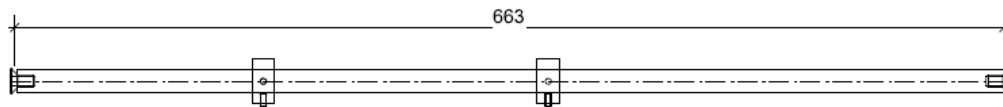


MOTOREDUCTOR  
TRANSTECNO CM030

<b>ANEXO 6</b>
<b>Motor</b>
<b>Máquina de impactos</b>

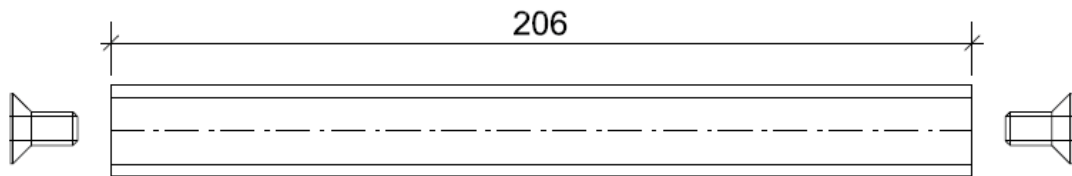


ANEXO 7
Regles
Máquina de impactos



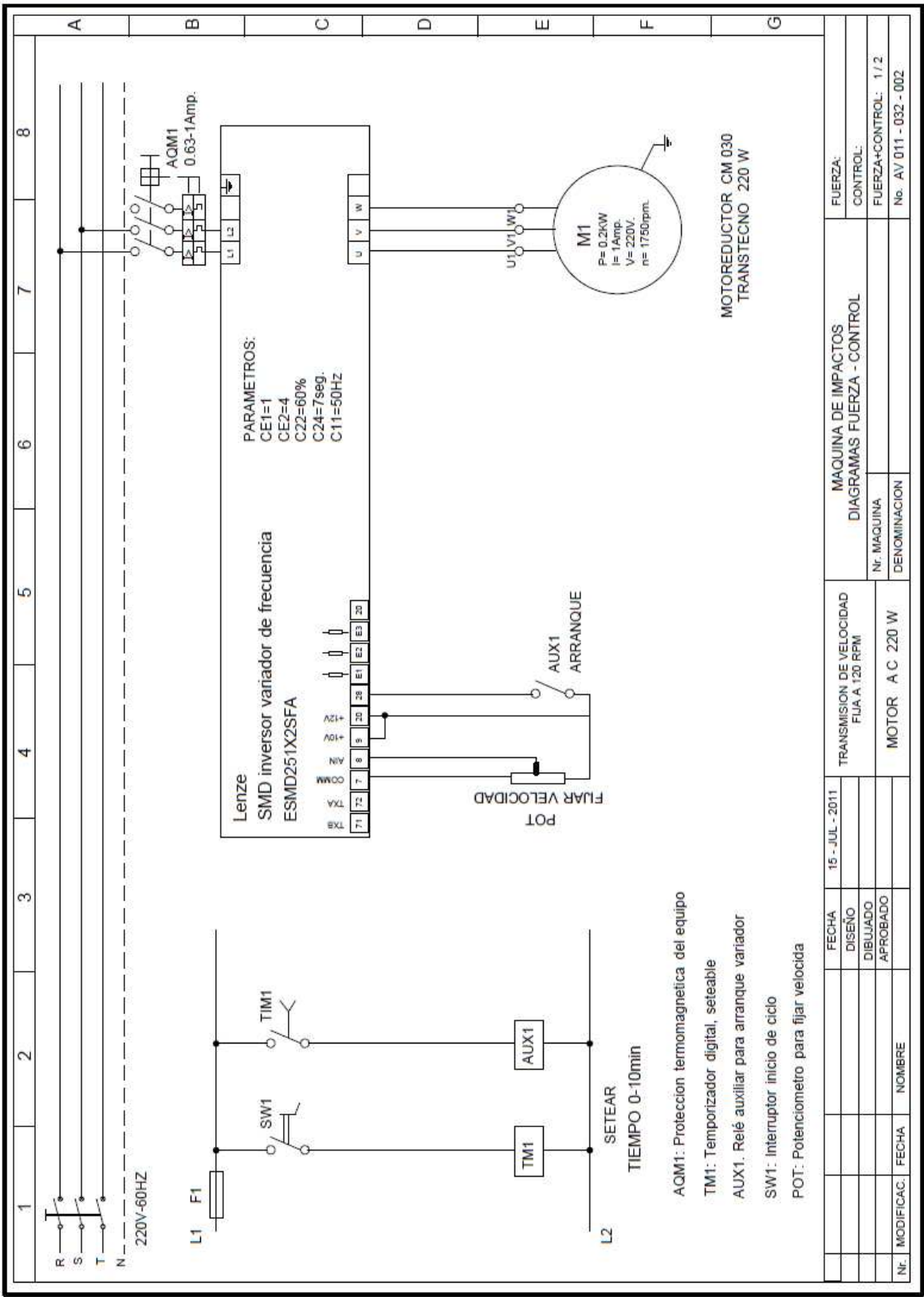
SOPORTE LONGITUDINAL  
ESCALA : S.E

ANEXO 8
Soporte longitudinal
Máquina de impactos



**HALADERA**  
ESCALA: S.E

<b>ANEXO 9</b>
<b>Haladera</b>
<b>Máquina de impactos</b>



PARAMETROS:  
 CE1=1  
 CE2=4  
 C22=60%  
 C24=7seg.  
 C11=50Hz

Lenze  
 SMD inversor variador de frecuencia  
 ESMD251X2SFA

MOTOREDUCTOR CM 030  
 TRANSSTECNO 220 W

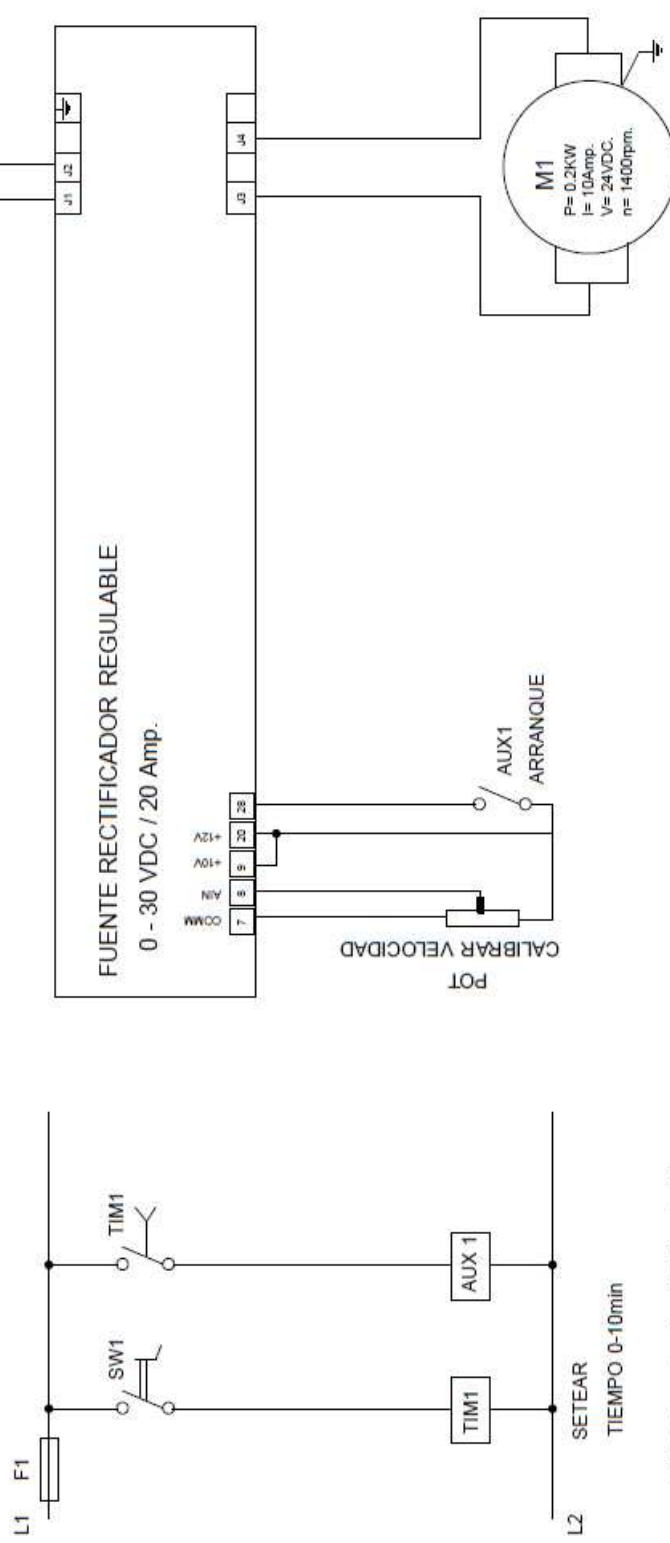
POT  
 FIJAR VELOCIDAD

AUX1  
 ARRANQUE

- AQM1: Proteccion termomagnetica del equipo
- TM1: Temporizador digital, seteable
- AUX1: Relé auxiliar para arranque variador
- SW1: Interruptor inicio de ciclo
- POT: Potenciómetro para fijar velocidad

FECHA	15 - JUL - 2011	TRANSMISION DE VELOCIDAD	MAQUINA DE IMPACTOS	FUERZA:
DISENO		FLUJA 120 RPM	DIAGRAMAS FUERZA - CONTROL	CONTROL:
DIBUJADO			Nr. MAQUINA	FUERZA+CONTROL: 1 / 2
APROBADO		MOTOR A C 220 W	DENOMINACION	Nb. AV/011 - 032 - 002
Nr. MODIFICAC.	FECHA	NOMBRE		

1 2 3 4 5 6 7 8 A B C D E F G



- TIM1: Temporizador digital, seteable
- AUX1: Relé auxiliar para arranque variador
- SW1: Interruptor inicio de ciclo
- POT: Potenciometro regulacion velocidad

FECHA	15 - JUL - 2011	TRANSMISION DE VELOCIDAD	MAQUINA DE IMPACTOS	FUERZA:
DISEÑO		FLAJA A 120 RPM	DIAGRAMAS FUERZA - CONTROL	CONTROL:
DIBUJADO			Nr. MAQUINA	FUERZA+CONTROL: 2 / 2
AFROBADO		MOTOR DC 220 W	DENOMINACION	No. AV.011 - 032 - 003
Nr. MODIFICAC.	FECHA	NOMBRE		

## Anexo 12. Características generales del variador de frecuencia.

### 2 Technical data

#### 2.1 Standards and application conditions

<b>Conformity</b>	CE	Low Voltage Directive (73/23/EEC)
<b>Approvals</b>	UL 508C	Underwriters Laboratories - Power Conversion Equipment
<b>Max. permissible motor cable length <sup>(1)</sup></b>	shielded:	50 m (low-capacitance)
	unshielded:	100 m
<b>Input voltage phase imbalance</b>	≤ 2%	
<b>Humidity</b>	≤ 95% non-condensing	
<b>Output frequency</b>	0...240 Hz	
<b>Environmental conditions</b>	Class 3K3 to EN 50178	
<b>Temperature range</b>	Transport	-25 ... +70 °C
	Storage	-20 ... +70 °C
	Operation	0 ... +55 °C (with 2.5 %/°C current derating above +40 °C)
<b>Installation height</b>	0 ... 4000 m a.m.s.l. (with 5 %/1000 m current derating above 1000 m a.m.s.l.)	
<b>Vibration resistance</b>	acceleration resistant up to 0.7 g 10... 150Hz	
<b>Earth leakage current (EN 50178)</b>	> 3.5 mA to PE	
<b>Enclosure (EN 60529)</b>	IP 20	
<b>Protection measures against</b>	short circuit, earth fault, overvoltage, motor stalling, motor overload	
<b>Operation in public supply networks (Limitation of harmonic currents according to EN 61000-3-2)</b>	Total power connected to the mains	Compliance with the requirements <sup>(2)</sup>
	< 0.5 kW	With mains choke
	0.5 ... 1 kW	With active filter (in preparation)
	> 1 kW	Without additional measures

(1) For compliance with EMC regulations, the permissible cable lengths may change.

(2) The additional measures described only ensure that the controllers meet the requirements of the EN 61000-3-2. The machine/system manufacturer is responsible for the compliance with the regulations of the machine!



## Technical data

### 2.2 Ratings

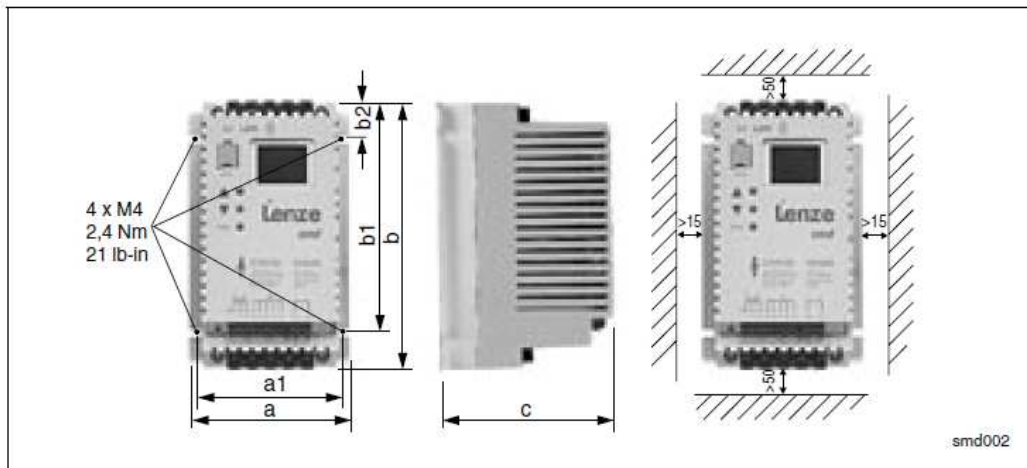
Type	Power [kW]	Mains		Output Current			
		Voltage, frequency	Current [A]	$I_r$		$I_{max}$ for 60 s	
				[A] <sup>(1)</sup>	[A] <sup>(2)</sup>	[A] <sup>(1)</sup>	[A] <sup>(2)</sup>
ESMD251X2SFA	0.25	<b>1/N/PE 230/240 V</b> <b>2/PE 230/240 V</b> (180 V - 0% ... 264 V + 0 %) 50/60 Hz (48 Hz - 0 % ... 62 Hz + 0 %)	3.4	1.7	1.6	2.6	2.4
ESMD371X2SFA	0.37		5.0	2.4	2.2	3.6	3.3
ESMD551X2SFA	0.55		6.0	3.0	2.8	4.5	4.2
ESMD751X2SFA	0.75		9.0	4.0	3.7	6.0	5.5
ESMD152X2SFA	1.5		14.0	7.0	6.4	10.5	9.6
ESMD222X2SFA	2.2		21.0	9.5	8.7	14.3	13.1
ESMD371X2TXA	0.37	<b>3/PE 230/240 V</b> (180 V - 0% ... 264 V + 0 %) 50/60 Hz (48 Hz - 0 % ... 62 Hz + 0 %)	2.7	2.4	2.2	3.6	3.3
ESMD751X2TXA	0.75		5.1	4.2	3.9	6.3	5.9
ESMD112X2TXA	1.1		6.9	6.0	5.5	9.0	8.3
ESMD152X2TXA	1.5		7.9	7.0	6.4	10.5	9.6
ESMD222X2TXA	2.2		11.0	9.6	8.8	14.4	13.2
ESMD302X2TXA	3.0		13.5	12.0	11.0	18.0	16.5
ESMD402X2TXA	4.0	17.1	15.2	14.0	22.8	21.0	

(1) For rated mains voltage and carrier frequencies 4, 6, 8 kHz

(2) For rated mains voltage and carrier frequency 10 kHz

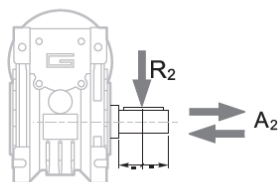


### 3.1.1 Dimensions and mounting



Type	a [mm]	a1 [mm]	b [mm]	b1 [mm]	b2 [mm]	c [mm]	m [kg]
ESMD251X2SFA	93	84	146	128	17	83	0.5
ESMD371X2SFA							
ESMD551X2SFA	93	84	146	128	17	92	0.6
ESMD751X2SFA							
ESMD152X2SFA	114	105	146	128	17	124	1.2
ESMD222X2SFA	114	105	146	128	17	140	1.4
ESMD371X2TXA	93	84	146	128	17	83	0.5
ESMD751X2TXA	93	84	146	128	17	92	0.6
ESMD112X2TXA	93	84	146	128	17	141	1.2
ESMD152X2TXA							
ESMD222X2TXA	114	105	146	128	17	140	1.4
ESMD302X2TXA	114	105	146	128	17	171	1.9
ESMD402X2TXA	114	105	146	100	17	171	1.7





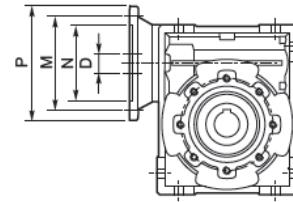
$$A_2 = R_2 \times 0.2$$

$n_2$ [min <sup>-1</sup> ]	$R_2$ [N]								
	CM026	CM030	CM040	CM050	CM063	CM075	CM090	CM110	CM130
187	400	674	1264	1770	2445	2824	3161	5058	5732
140	490	743	1392	1949	2692	3110	3481	5570	6313
93	580	851	1596	2234	3085	3564	3990	6384	7235
70	610	936	1754	2456	3392	3918	4386	7018	7953
56	610	1008	1890	2646	3654	4221	4725	7560	8567
47	610	1069	2004	2805	3874	4475	5009	8014	9083
35	610	1179	2210	3095	4273	4937	5526	8842	10021
28	610	1270	2381	3334	4603	5318	5953	9524	10794
23	610	1356	2542	3559	4915	5678	6356	10170	11526
18	610	1471	2759	3862	5334	6162	6897	11036	12507
14	610	1600	3000	4200	5800	6700	7500	12000	13600
		CMP... /030	CMP... /040	CMP... /050	CMP... /063	CMP... /075	CMP... /090	CMP... /110	CMP... /130

**Motori applicabili**

**IEC Motor adapters**

	IEC	N	M	P	D	i																
						5	7.5	10	15	20	25	30	40	50	60	80	100					
<b>CM026</b>	56B14	50	65	80	9																	
	63B5	95	115	140	11																	
<b>CM030</b>	63B14	60	75	90	11																	
	56B5	80	100	120	9	B	B	B	B	B	B	B	B	B								
	56B14	50	65	80	9																	
<b>CM040</b>	71B5	110	130	160	14																	
	71B14	70	85	105	14																	
	63B5	95	115	140	11	B	B	B	B	B	B	B	B									
	63B14	60	75	90	11																	
	56B5	80	100	120	9	BS	BS	BS	BS	BS	BS	BS	BS	B	B	B	B					
	56B14	50	65	80	9																	
<b>CM050</b>	80B5	130	165	200	19																	
	80B14	80	100	120	19																	
	71B5	110	130	160	14	B	B	B	B	B	B											
	71B14	70	85	105	14																	
	63B5	95	115	140	11	BS	BS	BS	BS	BS	BS	B	B	B	B							
63B14	60	75	90	11																		
<b>CM063</b>	90B5	130	165	200	24																	
	90B14	95	115	140	24																	
	80B5	130	165	200	19	B	B	B	B	B	B											
	80B14	80	100	120	19																	
	71B5	110	130	160	14	BS	BS	BS	BS	BS	BS	B	B	B								
	71B14	70	85	105	14																	
63B5	95	115	140	11									BS	BS	BS	B	B					
<b>CM075</b>	100/112B5	180	215	250	28																	
	100/112B14	110	130	160	28																	
	90B5	130	165	200	24	B	B	B														
	90B14	95	115	140	24																	
	80B5	130	165	200	19	BS	BS	BS	B	B	B	B										
	80B14	80	100	120	19																	
	71B5	110	130	160	14					BS	BS	BS	BS	B	B	B	B					



N.B.  
 Le aree evidenziate in grigio indicano l'applicabilità della corrispondente grandezza motore.  
 N.B. Grey areas indicate motor inputs available on each size of unit.

B/BS = Boccola di riduzione in acciaio  
 B/BS = Metal shaft sleeve

### Anexo 14. Análisis de precios unitarios.

Elemento	Cantidad	Costo Unitario/hora	Costo Total
Eje de martillos	5	80	400
mecanizado	1	0,5	0,5
tratamiento termico	1	3	3
Transporte	1	0,5	0,5
montaje	1	5	5
tecnico mecanico	1	4	4
ing. Mecanico	1	6	6
ing. En sonido y acustica	1	6	6
		Total \$	425,00

Elemento	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total
Martillo	5	60	300
mecanizado	1	0,5	0,5
tratamiento termico	1	3	3
Transporte	1	0,5	0,5
montaje	1	5	5
tecnico mecanico	1	4	4
ing. Mecanico	1	6	6
ing. En sonido y acustica	1	6	6
		Total \$	325,00

Elemento	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total
Soporte de leva	5	5	25
mecanizado	1	0,5	0,5
tratamiento termico	1	3	3
Transporte	1	0,5	0,5
montaje	1	5	5
tecnico mecanico	1	4	4
ing. Mecanico	1	6	6
ing. En sonido y acustica	1	6	6
		Total \$	50,00

Elemento	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total
Eje de levas	1	5	5
mecanizado	0	0	0
tratamiento termico	0	0	0
Transporte	0	0	0
montaje	1	3	3
tecnico mecanico	0	0	0
ing. Mecanico	1	6	6
ing. En sonido y acustica	1	6	6
		Total \$	20,00

Elemento	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total
levas	5	9	45
mecanizado	1	0,5	0,5
tratamiento termico	1	3	3
Transporte	1	0,5	0,5
montaje	1	5	5
tecnico mecanico	1	4	4
ing. Mecanico	1	6	6
ing. En sonido y acustica	1	6	6
		Total \$	70,00

Elemento	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total
Placa externa	2	20	40
mecanizado	1	2	2
tratamiento termico	1	5	5
Transporte	1	2	2
montaje	1	5	5
tecnico mecanico	1	4	4
ing. Mecanico	1	6	6
ing. En sonido y acustica	1	6	6
		Total \$	70,00

Elemento	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total
Regle superior	1	40	40
mecanizado	1	10	10
tratamiento termico	1	5	5
Transporte	1	2	2
montaje	1	7	7
tecnico mecanico	1	4	4
ing. Mecanico	1	6	6
ing. En sonido y acustica	1	6	6
		Total \$	80,00

Elemento	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total
Regle inferior	1	60	60
mecanizado	1	10	10
tratamiento termico	1	5	5
Transporte	1	2	2
montaje	1	7	7
tecnico mecanico	1	4	4
ing. Mecanico	1	6	6
ing. En sonido y acustica	1	6	6
		Total \$	100,00

Elemento	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total
Motor	1	300	300
mecanizado	0	0	0
tratamiento termico	0	0	0
Transporte	1	50	50
montaje	1	14	14
tecnico mecanico	1	4	4
ing. Mecanico	1	6	6
ing. En sonido y acustica	1	6	6
		Total \$	380,00

Elemento	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total
Variador de frecuencia	1	270	270
mecanizado	0	0	0
tratamiento termico	0	0	0
Transporte	1	50	50
montaje	1	14	14
tecnico mecanico	1	4	4
ing. Mecanico	1	6	6
ing. En sonido y acustica	1	6	6
		Total \$	350,00

Elemento	cantidad	Costo unitario/hora	Cantidad horas	Total
Mano de obra Ing. Mecanico	1	10	50	500
Mano de obra Ing. Electrico	1	10	30	300
Mano de obra Ing. En Sonido y acustica	1	10	50	500
			Total \$	1300



Elemento	cantidad	Costo unitario	costo total
Pasador de presion	5	1,50	7,50
Prisionero	10	1,00	10,00
Rodillo de apoyo	5	15,00	75,00
Eje de Rodilo	5	1,00	5,00
Perno	10	0,50	5,00
Bocin	5	10,00	50,00
Placa interna	2	35,00	70,00
Soporte long.	4	8,00	32,00
Perno de soporte	8	1,00	8,00
Rodamiento	3	6,00	18,00
Bocin	3	10,00	30,00
Bocin	8	10,00	80,00
Prisionero	32	1,00	32,00
Bocin de Leva	5	5,00	25,00
Prisionero	10	1,00	10,00
Haladera	1	5,00	5,00
Perno de soporte	2	1,00	2,00
Cubierta Metalica	1	25,00	25,00
Perno de soporte	4	1,00	4,00
Acople Flexible	1	15,00	15,00
Perno de sujecion	4	1,00	4,00
Base Motoreductor	1	10,00	10,00
Pata	3	1,00	3,00
Tuerca	3	1,00	3,00
Base Antivibracion	3	2,00	6,00
Luz piloto	1	2,00	2,00
Selector On - Off	1	5,00	5,00
Fusible	1	5,00	5,00

## Glosario

### A

**Altura.-** Tono (cualidad de los sonidos).

**Amplitud.-** Valor máximo que adquiere una variable en un fenómeno oscilatorio.

### B

**Bocín.-** Pieza redonda de esparto o de hierro, que se pone por defensa alrededor de los cubos de las ruedas de carros y galeras

**Biaural.-** Dicho de una audición: Que se realiza simultáneamente con los dos oídos.

### C

**Calibración.-** Acción y efecto de calibrar.

### D

**Dinámica.-** Nivel de intensidad de una actividad.

**Display.-** Dispositivo de ciertos aparatos electrónicos, como los teléfonos y las calculadoras, destinado a la representación visual de información.

**Distorsión.-** Deformación de imágenes, sonidos, señales, etc., producida en su transmisión o reproducción.

**Ductilidad.-** Es una propiedad que presentan algunos materiales, como las aleaciones metálicas o materiales asfálticos, los cuales bajo la acción de una fuerza, pueden deformarse sosteniblemente sin romperse.

**Duración.-** Tiempo que dura algo o que transcurre entre el comienzo y el fin de un proceso.

### E

**Estribo.-** Hueso pequeño que se encuentra en la parte media del oído de los mamíferos y que está articulado con la apófisis lenticular del yunque.

### F

**Fase.-** En dos procesos periódicos, diferencia entre los valores que, en un momento dado, tiene la respectiva fracción de período.

**Frecuencia.-** Número de veces que se repite un proceso periódico por unidad de tiempo.

## I

**Impedancia.-** Relación entre la magnitud de una acción periódica y la de la respuesta producida en un sistema físico.

**Indicador.-** Que indica o sirve para indicar

**Infrasonido.-** Sonido cuya frecuencia de vibraciones es inferior al límite del perceptible por el oído humano.

## L

**Led.-** Diodo emisor de luz.

## M

**Martillo.-** Uno de los tres huesecillos que hay en la parte media del oído de los mamíferos, situado entre el tímpano y el yunque.

**Monoaural.-** Dicho de un sistema de grabación y reproducción sonora: Realizado a través de un solo canal.

## O

**Oscilación.-** Acción y efecto de oscilar.

## P

**Prisionero.-** Pieza mecánica que se utiliza para la fijación de elementos.

## R

**Regle.-** Pieza mecánica que sirve como guía a los movimientos de otros elementos.

**Rodamientos.-** Pieza mecánica que facilita el movimiento giratorio de los elementos.

## S

**Sensibilidad.-** Capacidad de respuesta a muy pequeñas excitaciones, estímulos o causas.

**Sonómetro.-** Instrumento que sirve para realizar mediciones del sonido.

**Sonoridad.-** Cualidad de la sensación auditiva que permite apreciar la mayor o menor intensidad de los sonidos. Se mide en fonios.

## T

**Timbre.-** Calidad de los sonidos, que diferencia a los del mismo tono y depende de la forma y naturaleza de los elementos que entran en vibración.

**Tímpano.-** Membrana extendida y tensa como la de un tambor, que limita exteriormente el oído medio de los vertebrados y que en los mamíferos y aves establece la separación entre esta parte del oído y el conducto auditivo externo.

## **U**

**Ultrasonido.-** Sonido cuya frecuencia de vibraciones es superior al límite perceptible por el oído humano. Tiene muchas aplicaciones industriales y se emplea en medicina.

## **Y**

**Yunque.-** Uno de los tres huesecillos que hay en la parte media del oído de los mamíferos, situado entre el martillo y el estribo.