

Escola Universitària Politécnica de Mataró

Centre adscrit a:



**UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA**

**INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL, ESPECIALIDAD EN ELECTRÓNICA
INDUSTRIAL**

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA FUENTE DE SONIDO OMNIDIRECCIONAL

Memoria

**DAVID CAMACHO GÓMEZ
JOAN ALTABELLA VIVES**

OTOÑO 2012/2013



**TecnoCampus
Mataró-Maresme**

Dedicatòria

A mi padre Juan, mi madre Martina y mis abuelos Salvador y Catalina.

Agradecimientos

En primer lugar quiero dar las gracias a mi tutor Joan Altabella por la implicación que ha tenido en este proyecto, sin su ayuda en algunos momentos del proyecto no hubiese sido posible. También quiero dar las gracias a mi compañero Sergi Garrido por su ayuda mostrada en mis inicios con el programa SolidWorks. Tampoco me quiero olvidar de mi amigo Sergio García, que de una forma totalmente desinteresada se prestó a pintar el dodecaedro en las instalaciones de la Peugeot de Mataró. I por su puesto no me puedo olvidar de Antonio Ortel y a su becaria Esther García.

De todo corazón muchas gracias a todos.

Resum

Aquest projecte té com objectiu, el disseny i construcció de una font de soroll omnidireccional, per realitzar proves acústiques segons norma ISO 140-4.

Resumen

Este proyecto tiene como objetivo diseñar y construir de una fuente de sonido omnidireccional, para realizar ensayos acústicos, según la norma ISO 140-4.

Abstract

Design, build and install a sound source at optimum cost and low weight. It would be used for acoustic testing according to ISO 140/4 laboratory and other uses.

Índice.

Índice de figuras.....	V
Índice de tablas.....	IX
1. Objetivos.....	1
1.1. Propósito.....	1
1.2. Finalidad.....	1
1.3. Objeto.....	1
1.4. Alcance.....	1
1.5. Planteamiento.....	2
1.6. Planificación de proyecto.....	2
1.7. Procedimiento de trabajo.....	3
2. Conceptos básicos de sonido.....	5
2.1 La naturaleza del sonido.....	5
2.2. Frecuencia.....	6
2.3. Curvas de ponderación.....	7
2.4. Bandas de octavas.....	9
2.5. Fuentes sonoras.....	10
2.5.1 Fuentes simples o monopolares.....	10
2.5.2 Dipolares.....	12
2.6. Patrón de direccionalidad.....	14
2.6.1. Factor e índice de direccionalidad ³	15
2.7. Campo sonoro de una fuente.....	16
2.8. Norma ISO 140-4.....	18
3. Diseño y montaje.....	21
3.1. Principio de funcionamiento del altavoz.....	21
3.2. Elección del altavoz de la fuente de sonido.....	22
3.3. Elección de la etapa de potencia.....	25
3.4. Fundamentos de las baterías.....	28
3.4.1. Selección de la batería.....	29

3.5 Fuente de alimentación	30
3.6 Modelización en 3D con SolidWorks	31
3.6.1 Modelización del Dodecaedro.....	32
3.6.2 Proceso de construcción del dodecaedro.....	37
3.7. Modelización del cajón de ubicación.....	44
4. Impacto medioambiental.....	47
5. Conclusiones	49
5.1 Mejoras i/o ampliaciones.....	51
7. Referencias	53

Índice de figuras.

Fig. 1.1. Diagrama de bloques.....	1
Fig. 1.2. Diagrama de Gantt.....	3
Fig. 2.1. Señal senoidal.....	6
Fig. 2.2. Resumen curvas de ponderación.....	8
Fig. 2.3. Gráfica de las curvas de ponderación.....	8
Fig. 2.5. Índice presión sonora.....	13
Fig. 2.6. Índice de direccionalidad horizontal y vertical.....	14
Fig. 2.7. Descripción de un campo sonoro.....	17
Fig. 3.1. Esquem del altavoz.....	22
Fig. 3.2. Modelo 5MP60 de Beyma.....	22
Fig. 3.3. Modelo KAV_6504 de Kenwood.....	27
Fig. 3.4. Esquema de una batería.....	28
Fig. 3.5 Batería Yuasa.....	29
Fig. 3.6. Fuente de alimetación ATX.....	30
Fig. 3.7. Salidas de Tensión de la fuente ATX.....	31
Fig. 3.8 Entorno de diseño en SolidWorks.....	31
Fig. 3.9. Diseño del pentágono base en SolidWorks.....	31
Fig. 3.10. Diseño altavoz.....	33
Fig. 3.11.Barra sujeción del dodecaedro.....	21

Fig. 3.12. Distancia entre barra y imán.....	34
Fig. 3.13. Adaptador de mástil.....	35
Fig. 3.14. Conector Speakon macho.....	35
Fig. 3.15. Base Speakon en SolidWorks.....	36
Fig. 3.16. Diseño final del Dodecaedro en 3D.....	36
Fig. 3.17. Vista interior del Dodecaedro.....	37
Fig. 3.18. Impresora laser del Tecno-Campus.....	37
Fig. 3.19. Pantalla principal del SolidWorks.....	38
Fig. 3.20. Selección de medida estándar.....	38
Fig. 3.21. Pentágono en plano 2D.....	39
Fig. 3.22. Pentágono en archivo PDF.....	39
Fig. 3.23. Pantalla inicio de CorelDraw.....	40
Fig. 3.24. Exteriores del pentágono.....	40
Fig. 3.25. Parámetros de la impresora laser.....	41
Fig. 3.26. Molde de la fuente de sonido.....	42
Fig. 3.27. Imagen de la fibra de vidrio.....	42
Fig. 3.28. Zona de trabajo.....	43
Fig. 3.29. Dodecaedro en fibra de vidrio.....	43
Fig. 3.30. Ejemplo de armario en rac.....	44
Fig. 3.31 Diseño del cajón en 3D.....	44
Fig. 3.32. Cajón de ubicación.....	45

Índice de tablas.

Tabla 2.1. Índice y factor de direccionalidad.....	16
Tabla 3.1. Listado modelo de altavoces.....	23
Tabla 3.2. Relación de potencia.....	23
Tabla 3.3. Comparación respuesta baja.....	24
Tabla 3.4. Comparación etapas de potencia.....	26

1. Objetivos.

1.1. Propósito.

El propósito de este proyecto es el diseño y construcción de una fuente de sonido omnidireccional, en forma dodecaedro, tal y como dice la norma ISO 140/4. I de precio reducido, ya que las que se encuentran en el mercado están muy por encima del presupuesto asignado para este proyecto.

1.2. Finalidad.

El sistema tiene que ser capaz de suministrar 110dBA a pleno rendimiento a un metro de distancia y ser autónomo.

1.3. Objeto.

Diseñar, construir y montar una fuente de sonido a bajo coste y de peso reducido. Se destinaría para realizar ensayos acústicos según la norma ISO 140/4 y otros usos de laboratorio.

1.4. Alcance.

El alcance de este proyecto va desde la selección de componentes, diseño en 3D de la fuente de sonido y otros componentes, mecanizado del dodecaedro, instalación y montaje definitivo del sistema de sonido.

1.5. Planteamiento.

Este proyecto trata de realizar el diseño y construcción de un generador de sonido omnidireccional, para conseguir tal efecto, se debe construir una estructura en forma de dodecaedro, tal y como marca la norma ISO 140-4-5.

1.6. Planificación de proyecto.

A la hora de realizar la planificación del proyecto, se ha hecho una programación de trabajo con un tiempo máximo de 4 meses de duración. Cabe destacar que la duración de las tareas se ha realizado en el peor de los casos, para así evitar los posibles problemas que puedan surgir, cuando no se tiene ninguna experiencia en el manejo de programas de diseño 3D, en el procedimiento a seguir cuando se tiene que realizar el diseño de un nuevo producto y el tiempo que se tiene que dedicar a documentarse para la realización del trabajo. El proyecto se ha dividido en 4 fases las cuales se explicaran con más detalle en el apartado de procedimiento de trabajo.

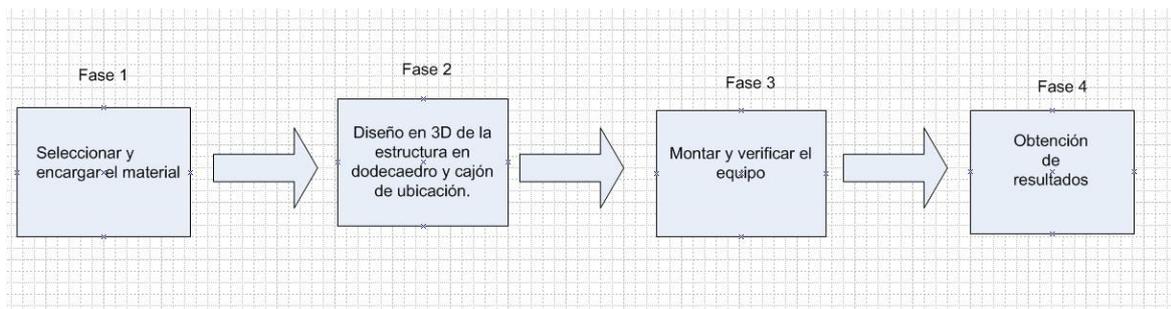


Fig. 1.1 Diagrama de bloques de las fases del proyecto.

1.7. Procedimiento de trabajo

Fase 1: Seleccionar el material

A la hora de hacer la selección del material se ha tenido en cuenta el presupuesto para la realización del trabajo, que se ajuste a las necesidades del proyecto, y algo muy importante, el plazo de entrega de nuestro suministrador.

Duración de la tarea: 6 días.

Fase 2. Diseño en 3D del dodecaedro y cajón de ubicación

Esta fase hace referencia al proceso de diseño en 3D, del dodecaedro y cajón de ubicación, a través del programa SolidWorks, la principal dificultad que se puede tener en este apartado, es la posible falta de experiencia en la utilización del dicho programa o similares.

Duración de la tarea: 25 días.

Fase 3. Construcción, montaje y verificación.

La fase 3 hace referencia al proceso de construcción del dodecaedro y cajón. Una vez se ha realizado la modelización en 3D de ambos, en el caso del dodecaedro, ya se puede sacar el molde y aplicar la fibra de vidrio. Para el cajón, ya se tienen las medidas exactas para realizar un cajón de madera.

Duración de la tarea: 2 días.

Fase 4. Obtención de resultados.

Esta es la fase final del proyecto, en la que se comprobará que se han conseguido los objetivos propuestos.

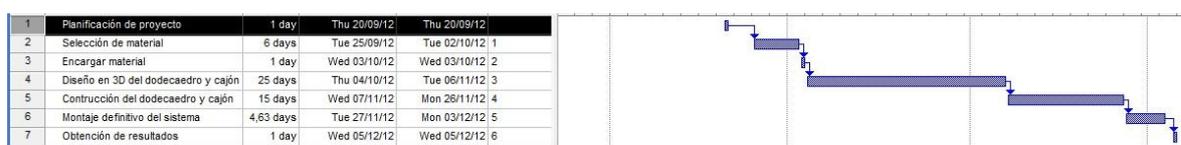


Fig. 1.2 Diagrama de Gantt del proyecto

2. Conceptos básicos de sonido

2.1 La naturaleza del sonido.

El sonido es la sensación que el oído humano percibe como resultado de una rápida fluctuación en la presión del aire. Estas fluctuaciones son creadas por un objeto vibrante que mueve las ondas longitudinales en el aire.

La mayoría de las personas tienen alguna idea intuitiva de lo que constituye una onda: por ejemplo, han visto en el océano como las olas rompen contra las playas, así, podemos afirmar que las ondas sonoras son un tipo particular de ondas conocidas como ondas elásticas, las ondas elásticas pueden ocurrir en un medio que posee propiedades de masa y elasticidad, si una partícula es desplazada sobre un medio, las fuerzas elásticas presentes tenderán a mover las partículas a su posición original. El término "partícula de un medio" denota un volumen lo suficientemente grande para contener millones de moléculas, de tal modo que puede considerarse como un fluido continuo, también denota un volumen lo suficientemente pequeño de tal modo que las variables acústicas como presión, densidad y velocidad, pueden ser consideradas como constantes dentro del mismo elemento volumétrico. La partícula desplazada procesa inercia y puede transferir un momento a las partículas vecinas, la perturbación inicial puede ser propagada a través de todo el medio. Se pueden hacer varias analogías entre la propagación de una onda sonora y la propagación de olas en la superficie de un estanque, por ejemplo ambas perturbaciones viajan desde la fuente a una velocidad constante, ambas perturbaciones viajan por medio de un cambio de momento, no hay transferencia neta de materia desde la fuente sonora, así como tampoco flujo neto de fluido en el estanque. Lo que las distingue es principalmente, que las olas están propagadas por ondas transversales (lo que significa que la velocidad de la partícula forma un ángulo recto con la dirección de propagación) y el sonido en el aire es propagado por ondas longitudinales (lo que significa que la velocidad de la partícula aparece en la dirección de propagación).

2.2 La frecuencia.

La frecuencia del sonido se mide en ciclos por segundo (S^{-1}) o en Hertz (HZ).

Es el número de repeticiones que hay por segundo, es decir, a mayores números de ciclos por segundo, hay más frecuencia, lo que quiere decir un sonido más elevado.

La banda de frecuencias audibles se divide en tres partes:

- **Tonos graves:** de 125 Hz a 250 Hz.
- **Tonos medios:** de 500 Hz a 1000 Hz.
- **Tonos agudos:** de 2000 Hz a 4000 Hz.

Cuando estas determinadas frecuencias llegan a nuestro oído, estas se transforman en señales eléctricas que pueden ser entendidas por nuestro cerebro. Un altavoz actúa de forma similar, cuando recibe una determinada frecuencia a través de una señal eléctrica, este es capaz de reproducir un sonido, gracias, al paso de una corriente eléctrica por su bobina. Este tipo de señal, se la conoce como señal analógica. La forma de onda más sencilla es la senoidal, que se caracteriza por tener una frecuencia y una amplitud constante.

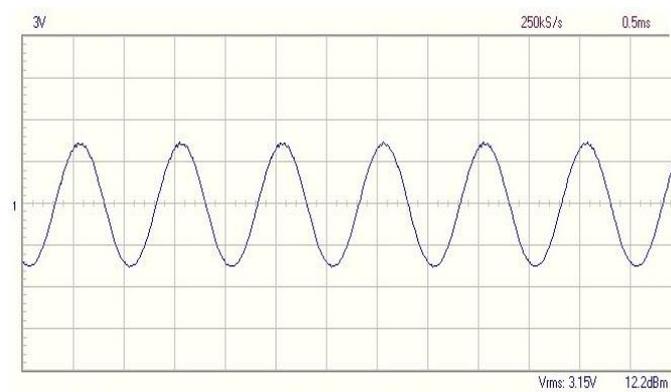


Fig. 2.1 Señal senoidal.

2.3. Curvas de ponderación.

Nuestro sistema auditivo es capaz en términos generales, captar frecuencias que oscilan entre los 20 y 20kHz, pero la respuesta de nuestro oído no es lineal. En el oído humano se hace más notable para niveles de presión sonora bajos que no a tonos graves o frecuencias altas.

El oído humano no es sensible en la misma forma para diferentes frecuencias. Entonces, para un mismo nivel de presión sonora, un sonido será más molesto cuanto más proporción de frecuencias altas contenga. Basándose en las curvas de sonoridad del oído humano, se definieron una serie de filtros, y de esta forma es cómo funcionan los aparatos de medición de ruido, los sonómetros, a través de su micrófono son capaces de ponderar la señal recibida, de acuerdo con la sensibilidad del oído, atenuando las frecuencias bajas, y así poder representar un nivel sonoro representativo de la sensación de sonido realmente recibida.

Para tener en cuenta esta sensibilidad se introduce en la medida filtros el concepto de filtros de ponderación. Estos filtros actúan de forma que los niveles de presión de cada banda de frecuencia son corregidos en función de la frecuencia según unas curvas de ponderación. Con este criterio se han definido diferentes filtros, siendo los más conocidos los denominados A, B, C y D.

Ponderaciones	Características
A	Es el índice de ponderación más utilizado para la valoración del daño auditivo. Empleada para inicialmente para analizar sonidos de baja intensidad, hoy en día es la referencia que utilizan las leyes y reglamentos contra el sonido producido a cualquier nivel. El nivel de presión sonora se expresa en dB(A).
B	Creada para modelar la respuesta del oído humano en niveles intermedios. No obstante, en la actualidad no está muy utilizada, muchos sonómetros no lo utilizan.
C	En sus orígenes se creó para modelar la respuesta del oído delante de sonidos de gran intensidad. En la actualidad se utiliza para la evaluación de sonidos en la comunidad, así, como sonidos de baja frecuencia en la banda de frecuencias audibles.
D	Este índice de compensación tiene su utilidad en el análisis del ruido provocado por los aviones.

Fig. 2.2. Tabla resumen de curvas de ponderación

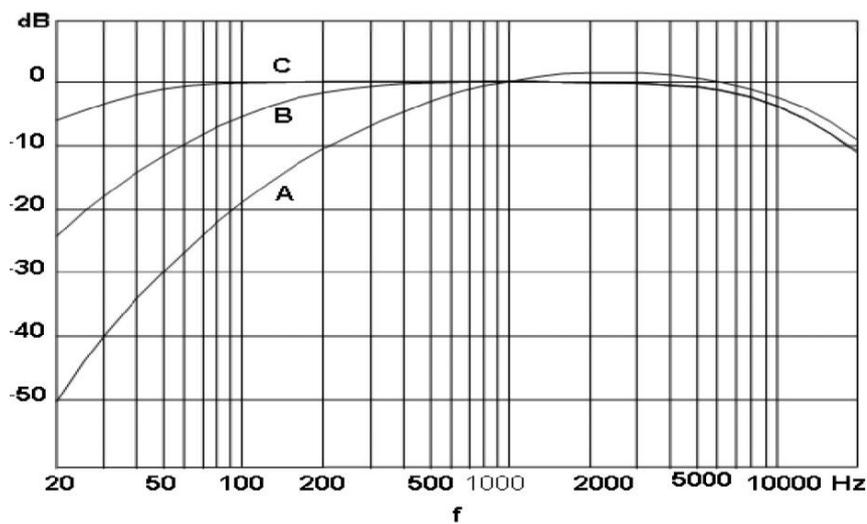


Fig. 2.3. Gráfica de las curvas de ponderación

2.4 Bandas de octava.

La octava es un intervalo de frecuencias para el oído, el mencionado análisis de bandas de octavas ha sido definido como una norma para el análisis de la acústica. El análisis de medida de ruidos con filtro de ponderación A permite resolver la mayor parte, pero a veces es necesario conocer su espectro de frecuencias.

Para analizar el espectro de campo audible entre 20 y 20000Hz se ha dividido en diez bandas de frecuencia. Cada una de estas bandas son consecutivas, ocupan un ancho de frecuencia del espectro llamado banda de octava, y cada banda, se llama por el valor de frecuencia central. Este valor esta normalizado y como característica, cada uno de estos valores es el doble que el anterior y la mitad que posterior

La figura 2.3.2 muestra un espectro típico, de banda de octava, donde se utilizan frecuencias estándar ISO de la banda de octavas. Cada banda de octavas tiene un ancho de banda alrededor del 70% de su frecuencia central. Este tipo de espectro se llama banda a porcentaje constante de su frecuencia central. En otras palabras las bandas de análisis se hacen más anchas en proporción a sus frecuencias centrales.

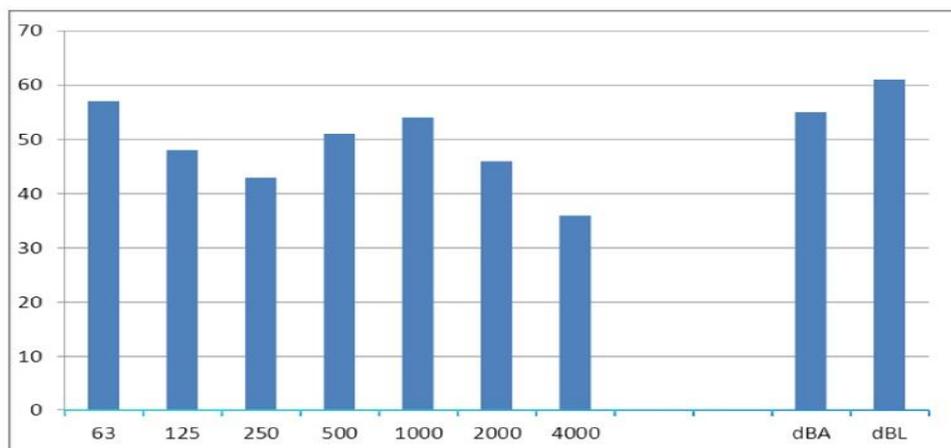


Fig.2.4 Ruido medido en bandas de octavas.

2.5 Fuentes sonoras

Las fuentes sonoras con respecto a la acústica arquitectónica son muy variadas (bocinas, máquinas, la voz, instrumentos musicales, etc.). Las características y los patrones de direccionalidad generados por cada tipo de fuente sonora pueden variar considerablemente. Podría ser complicado conocer el tipo de fuente sonora en términos teóricos. Por lo tanto es afortunado, que muchas fuentes sonoras puedan con buen grado de exactitud ser aproximadas por una o varias combinaciones de fuentes teóricas idealizadas, tales como: las fuentes sonoras mono polares o las bipolares.

2.5.1 Fuentes sonoras, simple o monopolar

El tipo más sencillo de fuente sonora que genera ondas esféricas es una esfera pulsante. Esta fuente simétrica simple, o monopolar, produce ondas esféricas armónicas en cualquier medio que la rodea, siempre y cuando éste sea homogéneo e isotrópico. El comportamiento práctico de muchas de las fuentes sonoras, por lo tanto, se aproximan a las fuentes monopulares, sus dimensiones son pequeñas comparadas con la longitud de onda del sonido radiado. La distancia desde la fuente incrementa el área sobre la cual la energía es emitida y esparcida y consecuentemente, el resultado de la intensidad sonora es reducido.

Para las ondas armónicas radiadas por una fuente monopolar la intensidad de sonido es:

$$I = W / 4 \pi r^2 \quad (2.1)$$

Donde:

I= Intensidad sonora (W/m²)

W= Potencia sonora (W)

R= Distancia desde la fuente sonora monopolar (m)

Con logaritmos de base diez y con la relación entre intensidad y la presión sonora obtenemos:

$$SPL = SWL - 20 \log(r) - 10 \log 4\pi \quad (2.2)$$

$$SPL = SWL - 20 \log(r) - 11 \text{dB} \quad (2.3)$$

Donde:

SPL= Nivel de presión sonora $2 \cdot 10^{-5} \text{ Pa}$

SWL= Nivel de potencia sonora re 10^{-12} Watt

R= Distancia desde la fuente en metros.

Para el resto de radiaciones esféricas el SPL decrece por $20 \log(2) = 6 \text{ dB}$ cada vez que la distancia es duplicada. Este resultado es conocido como “La ley del cuadrado de los inversos”.

La presión media al cuadrado medida a una distancia r desde una esfera de un radio promedio y con una determinada frecuencia f, asumiendo que $ka \ll 1 \text{ rad}$, es dado por:

$$P^2 = 1/16(pckQ / \pi r)^2 \quad (2.4)$$

Donde:

K= $2 f \pi / c$ número de onda (rad/m)

C= Velocidad del sonido (m/s)

P= Densidad del aire (kg/m³)

Q= Fuerza de la fuente (m³/s)

R= Distancia de la fuente sonora (m)

La fuerza de la fuente (Q) es definida como el producto del área de la superficie y la amplitud de la velocidad rms de la superficie (U) que es:

$$Q = 4\pi a^2 U \quad (2.5)$$

Las cantidades Q , p y U deben estar en las mismas unidades, y el mismo tipo de evaluación, por ejemplo: todos los sistemas de evaluación deben darse en promedios, picos o en rms.

La intensidad, (i) de las ondas sonoras producidas por una fuente monopolar es

$$I = P^2_{rms} / \rho c \quad (2.6)$$

De las ecuaciones anteriores se puede ver, que en ambas la presión media al cuadrado y la intensidad desciende según se aleja de la fuente, en una proporción al cuadrado de la distancia. La potencia sonora (W) radiada por una fuente es:

$$W = \rho c k^2 Q^2_{rms} / 4\pi \quad (2.7)$$

Independientemente de la distancia por el principio de la conservación de las energías probablemente la fuente práctica más simple que se comporta como un monopolar sea una bocina montada en un recinto absorbente especial y que esté en espacio libre, cuando la longitud de onda del sonido producido sea mucho más grande que las dimensiones de la fuente de sonido, por ejemplo: $ka \ll 1$, las presiones sonoras medidas a distancias desde la fuente, tales como $r \gg a$; son las mismas para todas las fuentes de igual eficacia a pesar de la superficie radiada.

2.5.2 Dipolar

Si se considera una bocina montada en un gabinete abierto en la parte posterior, el patrón direccional producido será el resultado de la radiación desde ambos lados del gabinete. Como las dimensiones del gabinete son más pequeñas, comparadas con la longitud de onda del sonido emitido, entonces el patrón de direccionalidad se aproxima a una dipolar o doble acústica. La situación puede ser tensada como dos monopoles de 180° fuera de fase, con una eficacia de fuente (Q) y separada por una pequeña distancia. La presión sonora (P_d) producida por el sistema es:

$$P_d = (pck^2Qi / 4r\pi)(\cos \theta) \quad (2.8)$$

Las unidades de P_d y Q deben ser del mismo tipo; todos los picos o todos los rms esta fórmula sólo es válida cuando $kr \gg 1$.

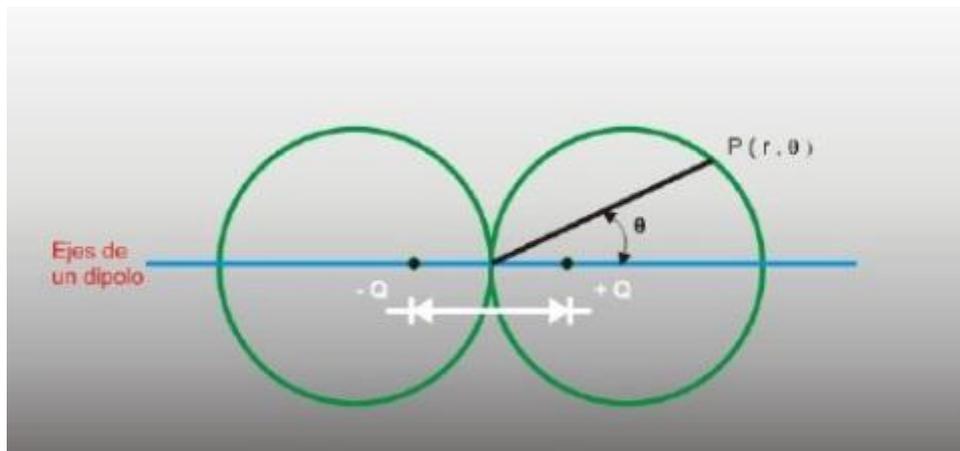


Fig.2.5 Índice de presión sonora

2.6 Índice de direccionalidad

Muchas de las fuentes sonoras que se encuentran en la práctica son más complicadas que un monopolo o un dipolo, su comportamiento ha sido determinado por mediciones en lugar de su predicción teórica.

La medición de niveles de presión sonora a una distancia elegida desde una fuente, en diferentes direcciones, genera diferentes niveles. La gráfica de esto niveles sobre un diagrama polar es conocida como “índice de direccionalidad de una fuente”. Una superficie puede ser descrita alrededor de una fuente sobre aquel mismo nivel de presión sonora existente. Por lo tanto, es suficiente especificar el patrón de direccionalidad en las direcciones verticales y horizontales.

El índice de direccionalidad es útil para suministrar una gran cantidad e información acerca de la naturaleza de la fuente sonora, en una forma muy fácil de asimilar.

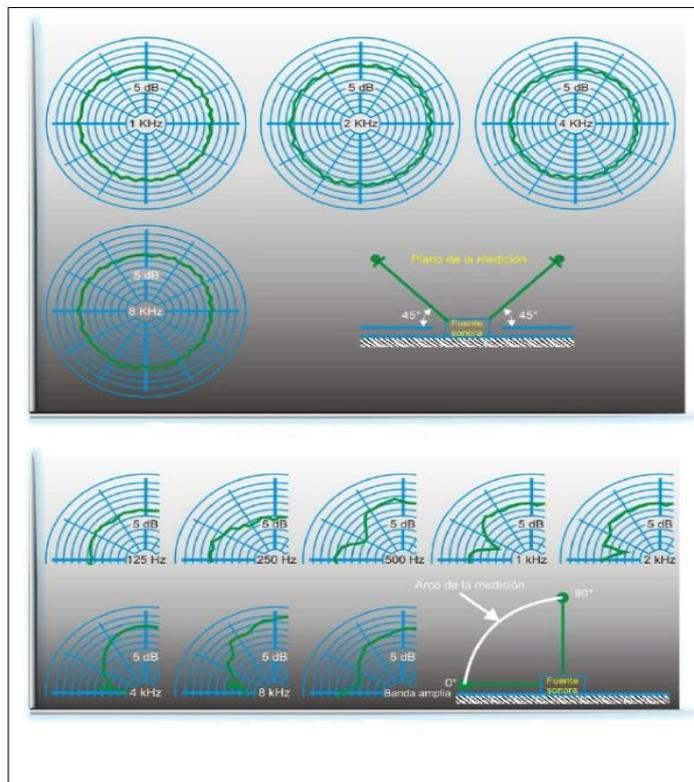


Fig. 2.6. Índice de direccionalidad horizontal y vertical

Estos índices varían con la frecuencia, la mayoría de las fuentes tienen una gran definición de dirección en altas frecuencias y casi ninguna en bajas frecuencias. También describen la naturaleza de las fuentes sonoras tales como bocinas, y referencia de fuentes sonoras (maquinas etc.) el concepto de patrón de direccionalidad se utiliza para describir la respuesta de presión de micrófonos y también medidores de niveles de sonido (sonómetros o decibelímetros).

2.6.1 Factor e índice de direccionalidad

La direccionalidad de una fuente puede ser especificada, ya sea por su factor de direccionalidad (D) que no tiene dimensiones y es definida por:

$$D = I / I_{ref} \quad (2.9)$$

O por el índice de direccionalidad (d) expresado en decibeles y es definida por:

$$d = 10 \log D = 10 \log(I / I_{ref}) \quad (2.10)$$

En estas ecuaciones, I es la intensidad medida a una cierta distancia desde una fuente en la dirección en que es especificada, I_{ref} una intensidad de referencia definida por:

$$I_{ref} = W / 4\pi r^2 \quad (2.11)$$

Donde:

W = Salida de potencia sonora de la fuente.

Los valores de factores de direccionalidad varían desde la unidad para el caso de un monopolar, a números grandes, para fuentes de alta directividad, La directividad también depende de la posición de la fuente, en la figura 2.6.2 se muestra el factor y el índice de directividad para un monopolar en varias direcciones.

LOCALIZACIÓN DE LA FUENTE	ÍNDICE DE DIRECTIBILIDAD	
	FACTOR DE DIRECTIBILIDAD	
Campo Libre (suspendida entre piso y techo)	1	0
Sobre un piso plano	2	3
En la unión de dos planos Perpendiculares (piso y muro)	4	6
En la unión de tres planos perpendiculares (en una esquina)	8	9

Tabla 2.1 Índice y factor de directividad para una fuente en varias direcciones

2.7 Campo sonoro de una fuente

La naturaleza del campo sonoro de alrededor de una fuente sonora dentro de un recinto consta de dos elementos, el campo directo y el campo reverberante. (Figura. 2.7).

La inmediata vecindad de la fuente es conocida como el campo cercano, en esta región la velocidad de la partícula no es necesariamente hacia la dirección de la propagación de la onda sonora, más aún, la presión sonora puede variar considerablemente con la posición y la intensidad sonora y no está relacionada con la posición media la cuadrado.

La extensión del campo cercano es difícil de definir ya que depende de varios factores, tales como la frecuencia, el tamaño de la fuente y las fases de las superficies de radiantes.

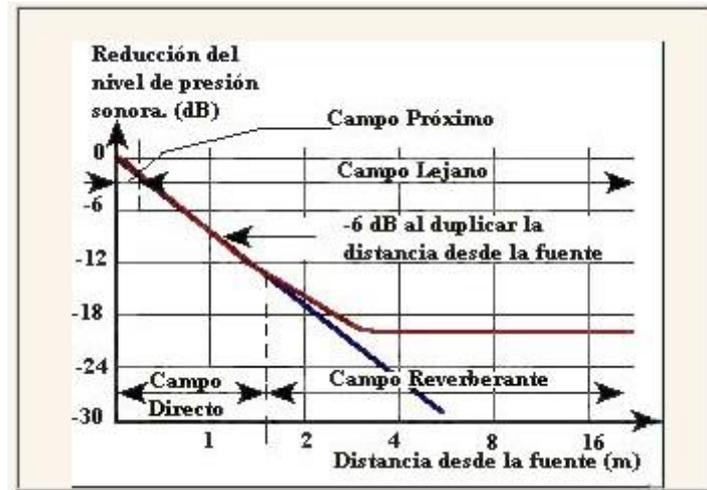


Fig. 2.7 Descripción de un campo sonoro que rodea a una Fuente

En la región conocida como campo lejano, el nivel de presión sonora disminuye 6 dB cada vez que la distancia entre un micrófono de medición y la fuente es duplicada cuando se coloca la fuente en un espacio abierto (este espacio puede ser simulado dentro de una cámara anecoica). En esta región, la velocidad de la partícula es, principalmente, en la dirección de la programación y la intensidad es proporcional al cuadrado de la presión media.

Si la fuente radia hacia el interior de un recinto normal, entonces las reflexiones de las ondas sonoras en los límites del cuarto crean un campo reverberante, el que se superpone al campo lejano de la fuente, en un recinto altamente reverberante, dicho campo puede cubrir al campo lejano al mismo tiempo. El campo reverberante es referido como un campo difuso si la densidad de la energía sonora es, en esta parte o región, casi un uniforme.

2.8 Norma ISO 140-04:1998

En este capítulo se va a describir el contenido de la norma ISO-4:1998, que es el marco legal donde se regulan todos los ensayos acústicos, sus procedimientos y como deben ser los equipos de generación de sonido.

Objeto y campo de aplicación:

Esta parte de la Norma ISO 140 especifica los métodos aplicables *in situ* para medir las propiedades de aislamiento acústico al ruido aéreo de las paredes interiores, de los techos y de las puertas entre los recintos en condiciones de campo sonoro difuso, y para determinar la protección aportada a los ocupantes del edificio.

Estos métodos proporcionan los valores del aislamiento de acústico al ruido a aéreo en función de la frecuencia. Estos valores pueden transformarse en un número único, que caracteriza sus cualidades acústicas, al aplicar la Norma ISO 717-1

Normas para la consulta:

ISO 140-2:1991-*Acústica. Medición del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos construcción.*

Parte 2: Determinación, verificación y aplicación de datos de protección

ISO 140-3:1995-*Acustica. Medición del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción.*

Parte 3: Medición en laboratorio del aislamiento acústico al ruido aéreo de los elementos de construcción.

ISO 354:1998- *Acústica .Medición de la absorción acústica en una cámara reverberante.*

ISO 717-1:1996- *Acústica. Evaluación del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de edificación*

Parte 1: Aislamiento al ruido aéreo.

CEI 60651:1979- *Sonómetros.*

CEI 60804:1985- *Sonómetros integradores promediadores.*

CEI 60942:1998- *Calibraciones acústicos.*

CEI 61260: 1995-*Electroacústica. Filtros de banda de octava y filtros de una fracción de banda de octava.*

Definiciones:

Para los fines de esta parte de la Norma ISO 140 se aplicaran las definiciones dadas en la Norma ISO 140-3

Equipo:

Los requisitos que debe cumplir la fuente sonora vienen dados en el apartado 6.2 y en el anexo A.

6.2-Generación del campo sonoro en el recinto emisor

El sonido generado en el recinto emisor debe ser estacionario y debe tener un espectro continuo en el rango de frecuencias considerado. Si se utilizan filtros, estos deben tener un ancho de banda de tercio de octava como mínimo. Si se utiliza un ruido de banda ancha, el espectro puede conformarse para asegurar una relación señal-ruido adecuada en altas frecuencias en el recinto receptor (se recomienda ruido blanco). En cualquier caso, el espectro sonoro en el recinto emisor no debe tener diferencias de nivel mayores de 6dB entre bandas de tercios de octavas adyacentes.

La potencia sonora debería ser lo suficientemente alta como para que el nivel de presión sonora en el recinto receptor sea, al menos 10db, mas alto que el nivel de ruido de fondo en cualquier banda de frecuencia. Si esto no se cumple, se deben aplicar las correcciones del apartado 6.6.

Si la fuente sonora contiene más de un altavoz funcionando simultáneamente, los altavoces deban estar conectados en fase o se deberá asegurar que la radiación es uniforme y omnidireccional, como se especifica en apartado A.1.3. Se permite el uso de múltiples fuentes sonoras a la vez, siempre que sean del mismo tipo y sean excitadas al mismo nivel mediante señales similares para no correlacionadas entre sí. Cuando se utilice una sola fuente. Debería utilizarse, en al menos, dos posiciones. Si los recintos tienen diferentes volúmenes, el de mayor tamaño debería elegirse como recinto emisor, cuando se evalúe la diferencian de nivel estandarizada, siempre que no se acuerde lo contrario.

Debe situarse la fuente sonora de tal forma que se cree un campo tan difuso como sea posible ya una distancia tal del elemento constructivo separador y de los elementos laterales que puedan influenciar la transmisión, de manera que la radiación directa sobre ellos no sea dominante. Los campos sonoros en los recintos dependen en gran medida del tipo y la posición de la fuente sonora. La calificación de los altavoces y de sus posiciones se debe llevar a cabo los procedimientos del anexo A.

Apartado 1.12 Posiciones de los altavoces con respecto a las posiciones de micrófono

Cuando se utilice una fuente de sonido omnidireccional, la distancia de a un micrófono no debe sea menor a un metro.

Apartado 1.13 Procedimiento de ensayo para la directividad de radiación del altavoz

En todas las posiciones de la fuente del espacio libre del recinto, los altavoces deberían usarse con sus transductores montados en una caja cerrada. Todos los transductores deberían radiar en fase.

Una aproximación adecuada de radiación omnidireccional uniforme consiste en montar los altavoces en las superficies de un poliedro, preferiblemente un dodecaedro. La radiación omnidireccional puede también conseguirse con un altavoz poliédrico semiesférico (montado directamente sobre el suelo). Se llevan en este caso, medidas verticales, desde el recinto inferior al superior.

Se puede suponer que la radiación es omnidireccional y uniforme si los altavoces de DI (índice de direccionalidad) están dentro de los límites de $\pm 2dB$ en el rango de frecuencias comprendido entre 100Hz y 360Hz. En el rango de 630Hz a 1000Hz, los límites aumentan linealmente de $\pm 2dB$ a $\pm 8dB$. Estos límites son de $\pm 8dB$ para frecuencias de 1000Hz a 5000Hz.

3. Diseño y montaje

En el apartado número tres de esta memoria, se a describir todo el proceso de diseño y construcción de la fuente de sonido omnidireccional. En primer lugar se van a dar unos conceptos básicos del altavoz y las baterías.

3.1 Principio de funcionamiento del altavoz

Dos son los sistemas en los que se divide un altavoz, uno es el de excitación y otro el acústico.

El sistema de excitación, también conocido como el motor del altavoz, está constituido básicamente por un imán permanente que pode un fuerte campo magnético, dentro de este campo magnético está situada una bobina unida al cuello del cono, que pertenece al sistema acústico.

El principio básico se basa en circular una corriente eléctrica por una bobina, esta crea un campo magnético que posee una polaridad. Si esta bobina esta situada dentro de la acción de otro campo magnético, dependiendo de la polaridad de la bobina, esta experimenta una rechazo o un acercamiento dentro del campo magnético en que está situada, o lo que es lo mismo, se desplazara en sentido longitudinal a la propia bobina.

El sistema acústico tiene por finalidad transmitir un movimiento al aire que lo rodea. Este movimiento es el ideal para convertir en sonido la señal eléctrica entregada al altavoz por el equipo amplificador. La señal eléctrica hace que se desplace la bobina y está mueva el cono. Montado en un armazón metálico y en su borde exterior sujeto a un elemento flexible, el cono posee en su centro un dispositivo (centrador) encargado de que la bobina se mantenga en el campo magnético.

A la hora de construir el cono del altavoz se tendrá en cuenta la medida del diámetro de este, debido a la influencia que tiene el diámetro del altavoz con respecto a la longitud de onda de transferencia emitida por el mismo y a la direccionalidad que se obtiene en la reproducción sonora. Por tal motivo son de dimensiones reducidas los altavoces preparados para reproducir altas frecuencias.

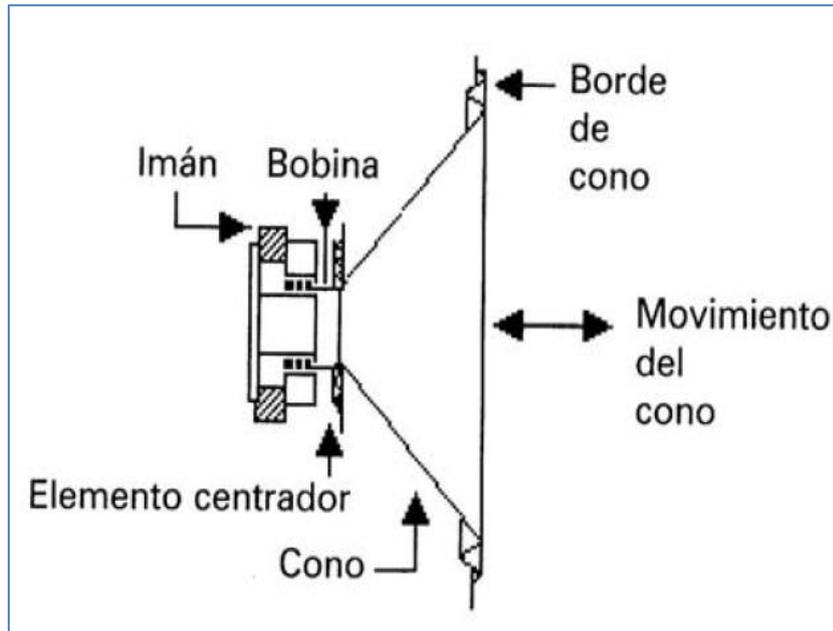


Fig. 3.1 Esquema del altavoz

3.2 Elección del altavoz de la fuente de sonido

A la hora de realizar la selección de los altavoces se ha tenido en cuenta que se tiene que generar un sonido para realizar ensayos acústicos, por lo tanto, se ha mostrado especial interés en un modelo que tenga una baja respuesta en frecuencia. No se ha tenido en cuenta que el altavoz entregue una buena calidad de sonido.

Los puntos más importantes para la elección del bafle han sido los siguientes:

- ❖ Precio
- ❖ Diámetro de montaje.
- ❖ Relación potencia de nominal/Pico.
- ❖ Sensibilidad.
- ❖ Impedancia.
- ❖ Peso.
- ❖ Calidad de la rejilla
- ❖ Respuesta en frecuencia

En este sentido, una vez se han escogido trece modelos diferentes de altavoces (ver anexo). Para realizar la selección del altavoz, se ha realizado una tabla comparativa entre todos los modelos.

MARCA	MODELO	DIÁMETRO	POTENCIA W (RMS)	PRECIO UNITARIO €	TOTAL	IMPEDANCIA	RESPUESTA EN FRECUENCIA (HZ)
Alpine	SXE-1025S	4"	25	29,45	176,7	4	100hz a 20khz
Alpine	SPG-10C2	4"	45	38,72	232,32	4	101hz a 20 khz
Alpine	SPG-13C2	5"	50	41,14	246,84	4	82 hz a 20 hz
Alpine	SXE-1325S	5"	35	32,67	196,02	4	70 hz a 20hz
Belson	BELSON RF-402	4"	40	39	234	4	80 hz a 25 khz
Beyma	5MP60	5"	50	38,89	466,68	8	50 hz a 12 khz
Clarion	SRE1022R	4"	30	26,62	159,72	4	65 hz a 20 khz
Clarion	SRE1032R	4"	30	36,3	217,8	4	65 hz a 20 khz
JBL	GTO 428	4"	35	61,41	368,46	2	90 hz a 20 khz
Kenwood	KFC-E1064C	4"	20	22,99	137,94	4	45 hz a 20 khz
Pioneer	TS-1002I	4"	25	32,67	196,02	4	38 hz a 20 khz
Rockford Fosgate	T142	4"	40	78,46	470,76	4	90 hz a 20 khz
Sony	XS-F1027SE	4"	30	22,13	132,78	4	60 hz a 6 khz

Tabla 3.1 listado de modelos de altavoces

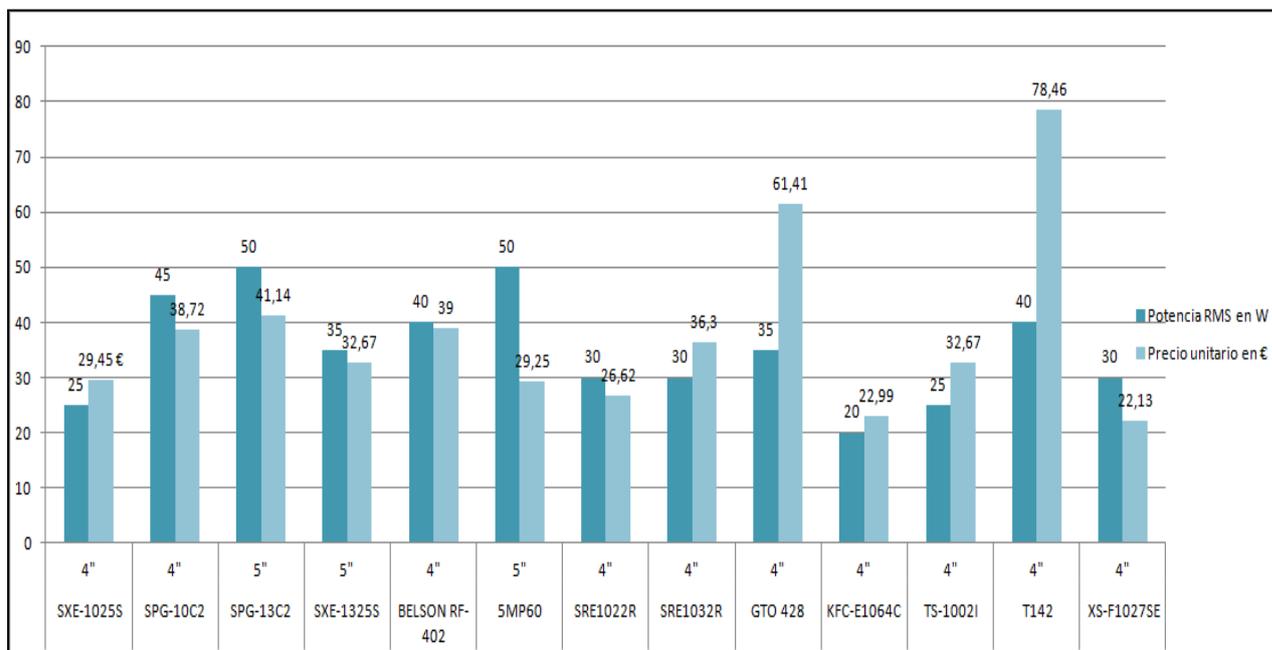


Tabla 3.2 Relación potencia/precio

Como se puede observar en el gráfico los modelos que mejor se ajustan al diseño por precio y potencia son los siguientes:

- Alpine SPG-10C2.
- Alpine SPG-13C2.
- Belson RF-402.
- Beyma 5MP60
- Clarion SER 1022R.

A continuación se vuelve a realizar una segunda comparación, en este caso comparando la parte baja de su respuesta de frecuencia y su precio.

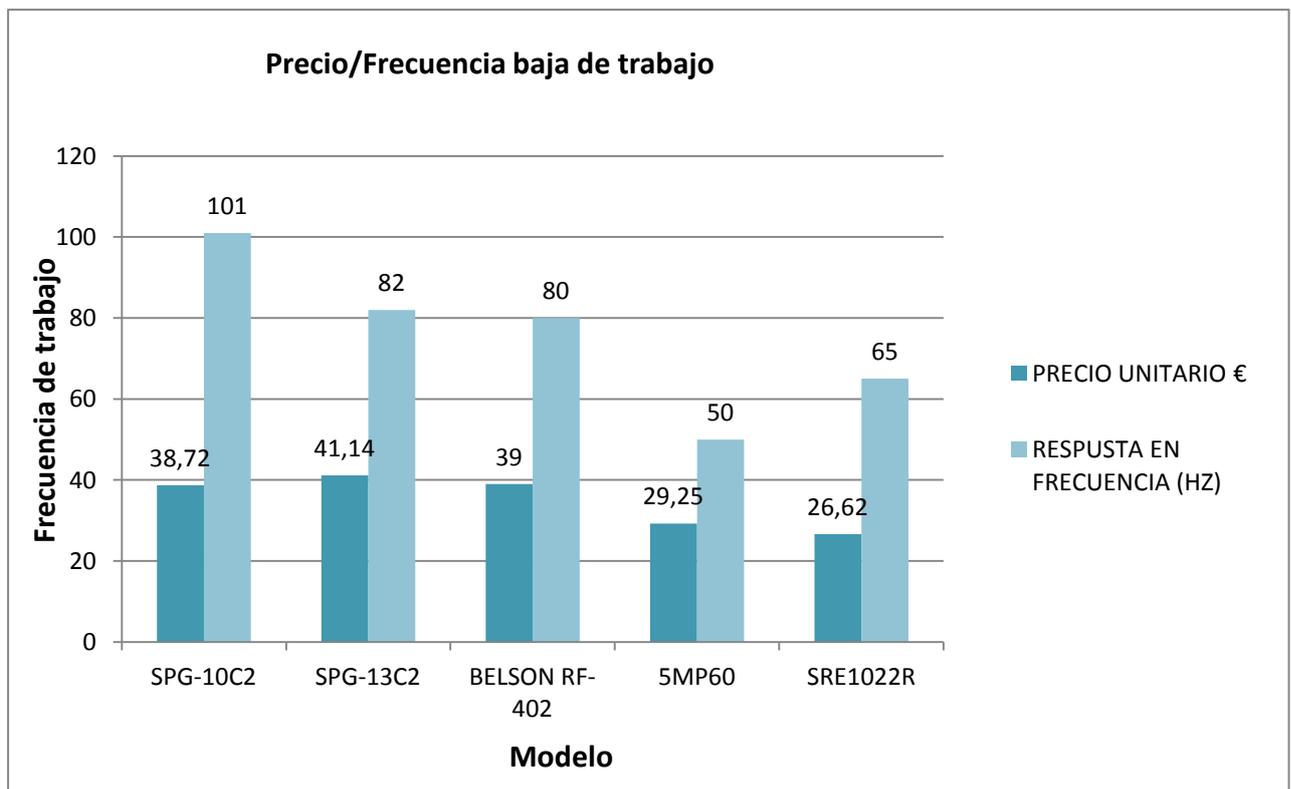


Tabla 3.3 Comparación Precio/Respuesta baja de frecuencia

Una vez se ha realizado la segunda comparación, se puede observar que el modelo que mejor se ajusta por precio, buena respuesta de frecuencia y potencia nominal, es el Beyma 5MP60.



Fig. 3.2 modelo 5MP60 de Beyma

3.3 Elección de la etapa de potencia

A la hora de seleccionar la etapa de potencia, se ha tenido que tener en cuenta la potencia total del grupo de altavoces, por consiguiente, tenemos un total de doce altavoces, cada uno da una potencia de 50w rms, por lo tanto, existe de una potencia subministrada del conjunto de los 12 altavoces de 600w rms. Por otro lado, la impedancia es otro factor importante, pero la gran mayoría de las etapas preparadas para car-audio trabajan en 2Ω o a 4Ω , dependiendo de la configuración escogida para instalar los altavoces.

Otra condición que se debe de tener en cuenta para la elección de la etapa de potencia, es que la potencia nominal por canal sea menor a la que pueden emitir los altavoces, ya que una potencia superior en la etapa, dañaría el sistema de altavoces.

Las condiciones que se han tenido en cuenta para elección de la etapa de potencia han sido los siguientes:

- Potencia RMS por canal.
- Precio.
- Peso.
- Impedancia.

Los fabricantes que se han escogido bajo las condiciones anteriores han sido los siguientes:

- Kenwood.
- Pioneer.
- Vieta.

De forma análoga al proceso anterior, se ha realizado otra tabla, pero en este caso para las etapas de potencia, en este apartado se ha tenido que ajustar el presupuesto, pero sin olvidar las necesidades mínimas de potencia para la fuente de sonido. Cabe destacar que existen etapas de potencia en el mercado que dan más potencia por canal, pero su precio está por encima de presupuesto asignado para la realización de este trabajo.

MARCA	MODELO	P X CANAL rms en W	POTENCIA MAX	PESO KG	IMPEDANCIA DE CARGA	PRECIO €	POTENCIA POR CANAL en W
Kenwod	KAC-5205	2*60w	350	5	2	73,57	60
Pioneer	GM-3400T	2*60w	350	5	4	94,38	60
Pioneer	GM-5400T	2*125w	760	5	4	166,98	125
Pioneer	GM-5500T	2*125w	820	5	4	139,15	125
Vieta	M-2130	2*130	500	5	4	169	130
Kenwod	KAC-6405	4*60w o 2*130w	500	6	4	91,96	130

Tabla 3.4 Tabla comparativa de etapas de potencia

Una vez se realiza la tabla comparativa, se vuelve a realizar un nuevo gráfico para ver cual de ella se ajusta mejor al proyecto

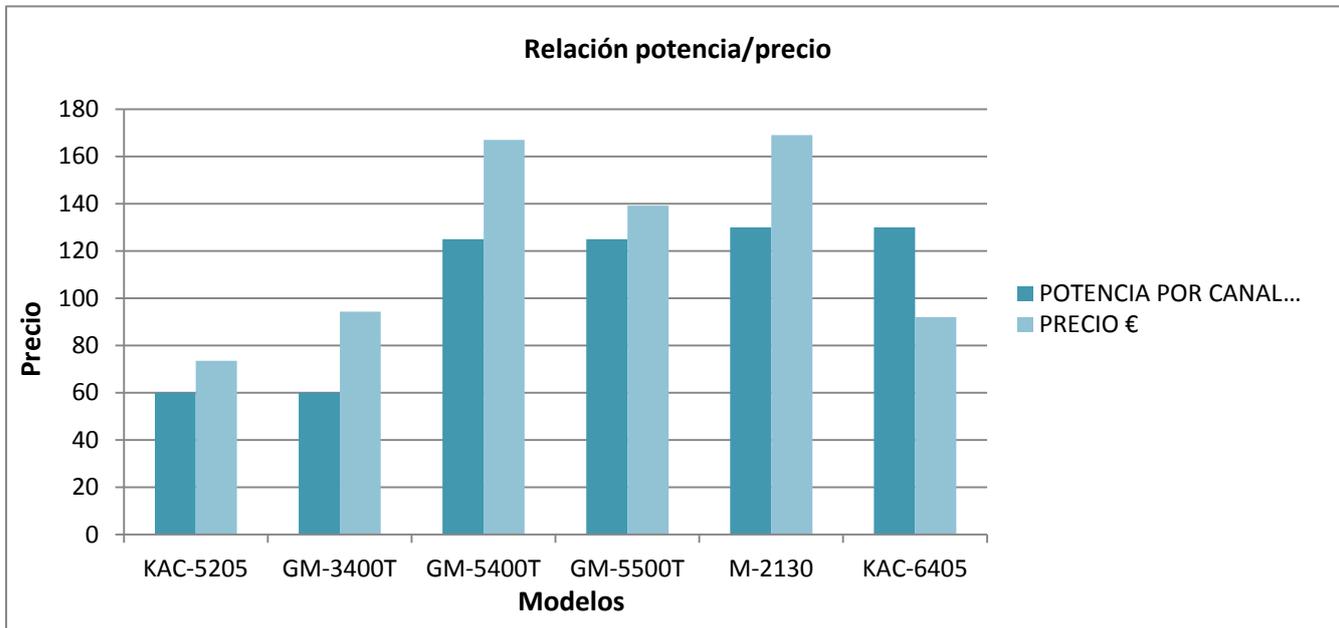


Tabla. 3.5 Relación potencia por canal-Precio de venta

Una vez realizado el gráfico podemos se puede observar con facilidad que el amplificador que ofrece mejor relación precio-potencia es el modelo KAV-6405 de Kenwood.



Fig. 3.3 modelo KAV-6504 de Kenwood

3.4 Fundamentos de las baterías

La batería tiene un determinado número de celdas, unidas por medio de barras metálicas, cada celda acumula algo más de dos voltios. Las baterías para automóviles tienen 6 celdas, que unidas dan un total de 12 voltios. La batería tiene un determinado número de celdas, unidas por medio de barras metálicas, cada celda acumula algo más de dos voltios. Las baterías para automóviles tienen 6 celdas, que unidas dan un total de 12 voltios.

Al funcionar la celda, el ácido reacciona y convierte la energía química en energía eléctrica. En las placas de peróxido de plomo se genera carga positiva (+) y en las de plomo poroso carga negativa (-). La corriente eléctrica, que se mide en amperios circula por el sistema eléctrico desde un terminal de la batería hasta el otro, activando el electrolito. Conforme continúa la reacción química, se forma sulfato de plomo en la superficie de ambos juegos de placas, y el ácido sulfúrico se diluye gradualmente. Cuando la superficie de ambos juegos de placas se cubre completamente con el sulfato de plomo, se descarga la batería. Al recargarlo con una corriente eléctrica, las placas vuelven a su estado original, y el ácido sulfúrico se regenera.

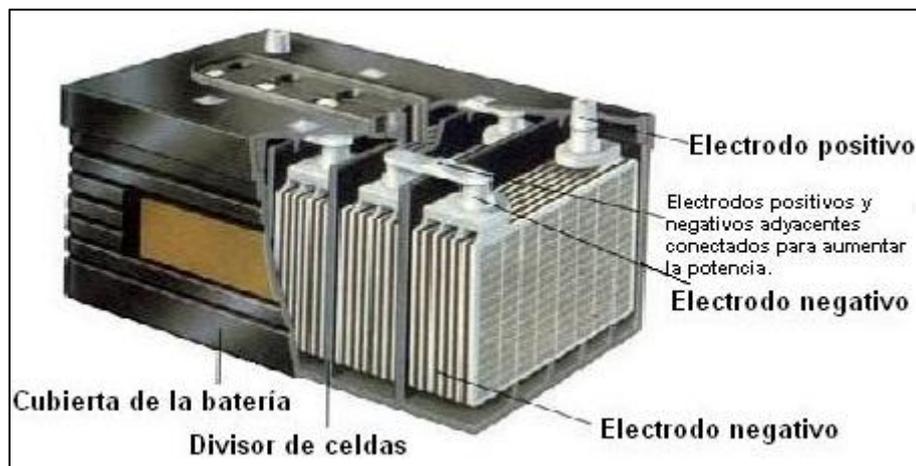


Fig.3.4. Esquema de una batería

3.4.1 Selección de la batería.

A la hora de escoger la batería, para la alimentación del equipo, se ha tratado de seleccionar una que cumpla los requisitos de consumo de la etapa de potencia, en este caso 20 amperios. Además, se ha tenido en cuenta el tamaño de la batería, ya que no podía ser excesivamente grande, para que así sea fácil de transportar, y tenga un peso aceptable.

Con esas razones se ha elegido el siguiente modelo de batería:

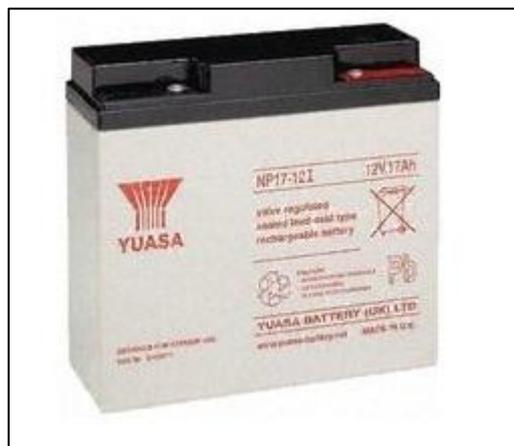


Fig.3.5 Batería YUASA modelo NP17-121

Tensión nominal	12 v
Capacidad(amperios hora)	17ah
Dimensiones	167*181*79 mm
Peso	6.1kg
Temperatura de trabajo	-20° +60°

Tabla 3.1 Características técnica de la batería YUASA NP17-121

3.5. Fuente de alimentación.

Para poder probar la fuente de sonido omnidireccional, se ha utilizado una fuente de alimentación ATX, utilizada en los ordenadores de sobremesa. Hay que destacar que no es la mejor solución para la alimentación del equipo, ya que este tipo de fuente no tienen entregan una gran cantidad de corriente, y por esa razón la potencia de la fuente de sonido no generará toda la potencia que podría suministrar. No obstante, en el apartado de mejoras de esta memoria trataremos esa solución.

El papel que tiene la fuente de alimentación de en este diseño, es el cargar la batería en el momento en que no está funcionando. Para que una batería pueda cargar correctamente, al menos le tienen que llegar 13,5V de tensión para que esta comience a cargar, según el ciclo de carga de las baterías. En este caso a la batería del equipo le llegan 12v de la fuente ATX, y no quiere decir que no cargue la batería, lo único que tardará más tiempo en realizar una carga.



Fig. 3.6 Fuente de alimentación ATX

Las fuente de alimentación que se ha utilizado es de 650W de potencia, tiene diferentes salidas de tensión, ver figura 3.7.

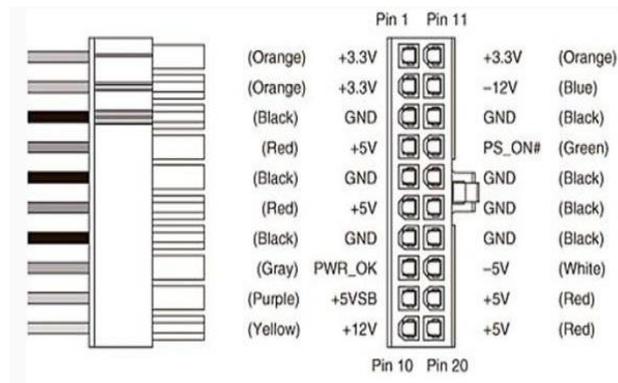


Fig. 3.7 Salidas de tensión de la fuente de alimentación

3.6 Modelización en 3D con SolidWorks

SolidWorks es un programa de diseño mecánico en 3D que utiliza un entorno gráfico basado en Microsoft Windows, intuitivo y fácil de utilizar. El programa, además, permite modelar piezas y conjuntos y extraer planos de ellos y otro tipo de información.

Las características principales de este software son: la capacidad que tiene para trabajar con otros programas de diseño, como por ejemplo el AUTOCAD, las funciones geométricas inteligentes y el gestor de diseño.

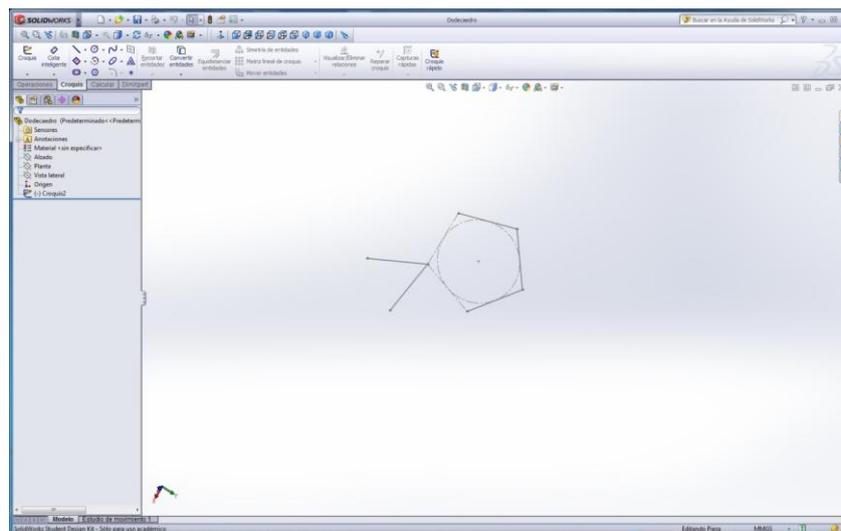


Fig. 3.8 Entorno de diseño de SolidWorks

3.6.1 Modelización del dodecaedro

La base principal del proyecto es que la fuente de sonido que se tiene que diseñar debe de ser omnidireccional, para conseguir ese efecto, que el sonido vaya en 360°, la figura geométrica que se debe realizar es un dodecaedro. Es una figura que está formada de doce pentágonos. I en cada uno de ellos llevará un altavoz.

La pieza más importante para comenzar a realizar el diseño, es el tamaño del altavoz, pues, de él depende el tamaño del pentágono. Antes de comenzar a explicar el diseño de los pentágonos se tiene que tener claro el principio de funcionamiento de las cajas acústicas cerradas.

Una caja cerrada, significa que la onda de sonido sólo se mueve dentro de la caja, esto repercute que la presión del interior está cambiando constantemente. Cuando funciona el altavoz la presión aumenta y si el tamaño de la caja es reducido, a causa de esa presión, a niveles altos de volumen, estos distorsionarían. Pero por otro lado, a la hora de realizar el diseño, se penaliza calidad de sonido a elevado volumen, ya que en los ensayos acústicos se necesita reproducir ruido y no calidad musical. Por ese motivo en el diseño se puede reducir de tamaño sin que importe a la calidad de sonido.

El dodecaedro, tiene que llevar la ubicación para poder introducir el soporte del mástil y el Speakon de conexión de los altavoces. A la hora de realzar el diseño se introdujo una barra metálica que va de un vértice a otro, para así dar una mayor sujeción a la fuente sonora ya que esta sometida a grandes vibraciones. Por esta razón, cada lado del pentágono tiene una distancia de 16cm.

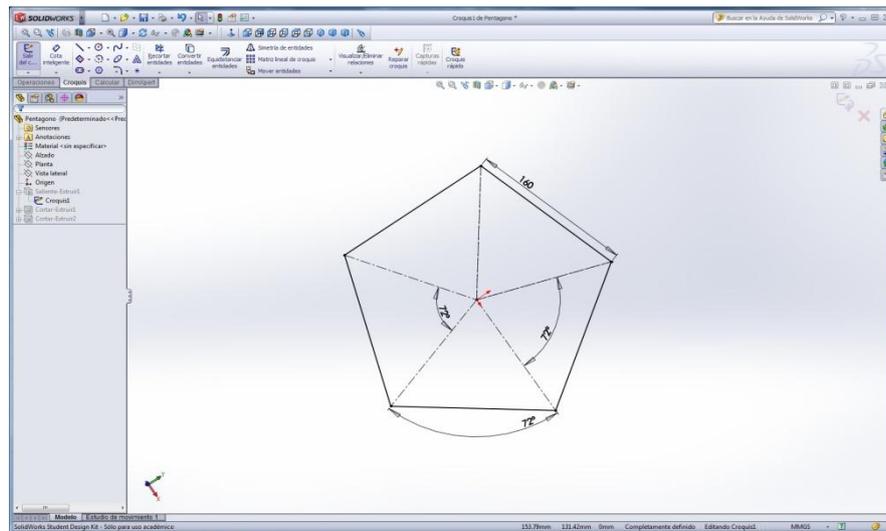


Fig. 3.9 Diseño del pentágono base en SolidWorks.

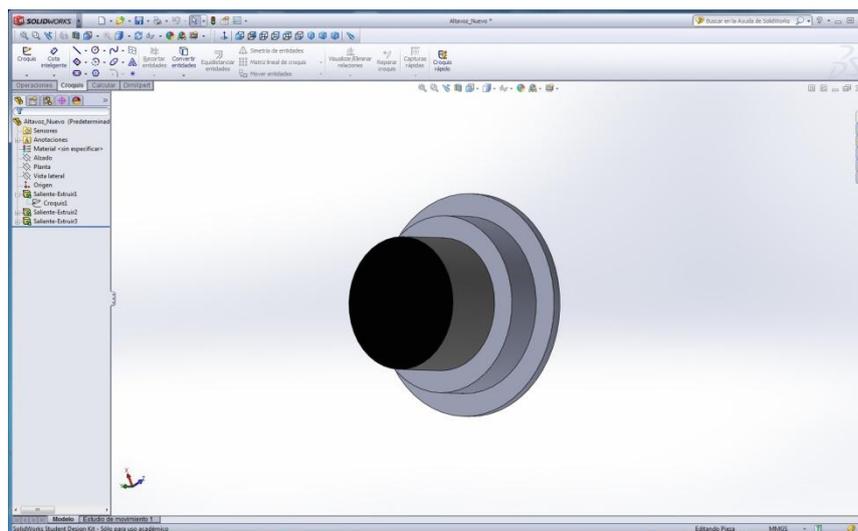


Fig. 3.10 Diseño del altavoz

Un vez ya se conocen las medidas exactas del altavoz, se puede realizar el diseño en 3D, ver figura 3.5.

Como se ha comentado anteriormente, para dar una mayor firmeza a la sujeción del dodecaedro, se ha realizado una barra que va de un extremo a otro del dodecaedro, a la hora de realizar la barra se tiene que tener en cuenta que tiene haber una separación mínima entre el imán del altavoz y la barra, de al menos 1 cm, para así evitar las posibles interferencias electromagnéticas.

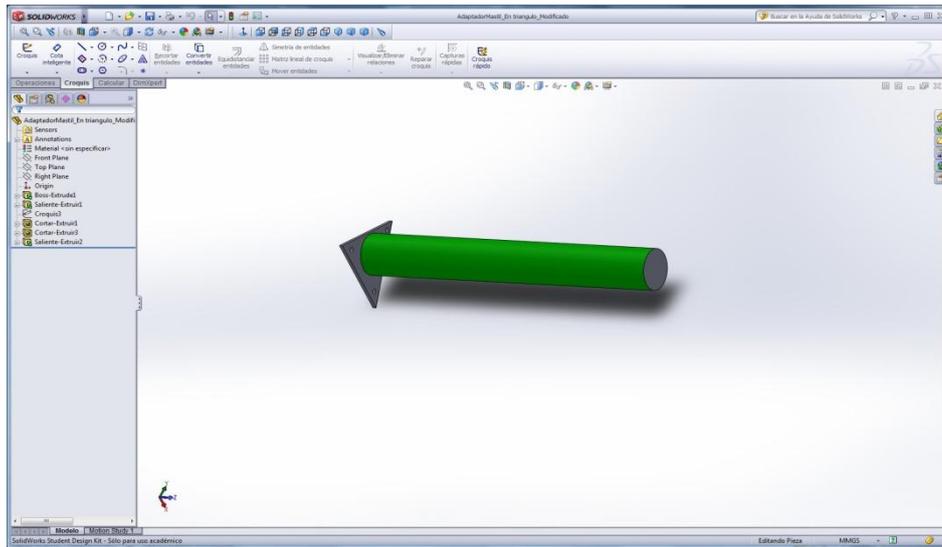


Fig.3.11 Barra de sujeción del dodecaedro

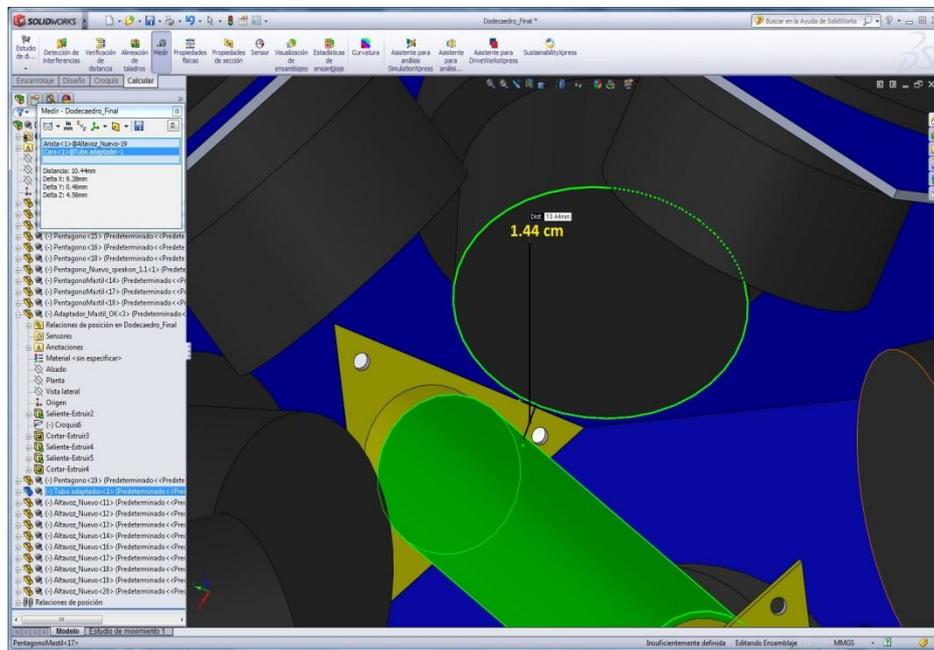


Fig.3.12 Distancia entre la barra y el imán del altavoz de 1.44cm

El soporte del mástil, tiene forma triangular por que de esa forma se reduciría la superficie de montaje para que no se tengan que realizar los pentágonos más grandes.

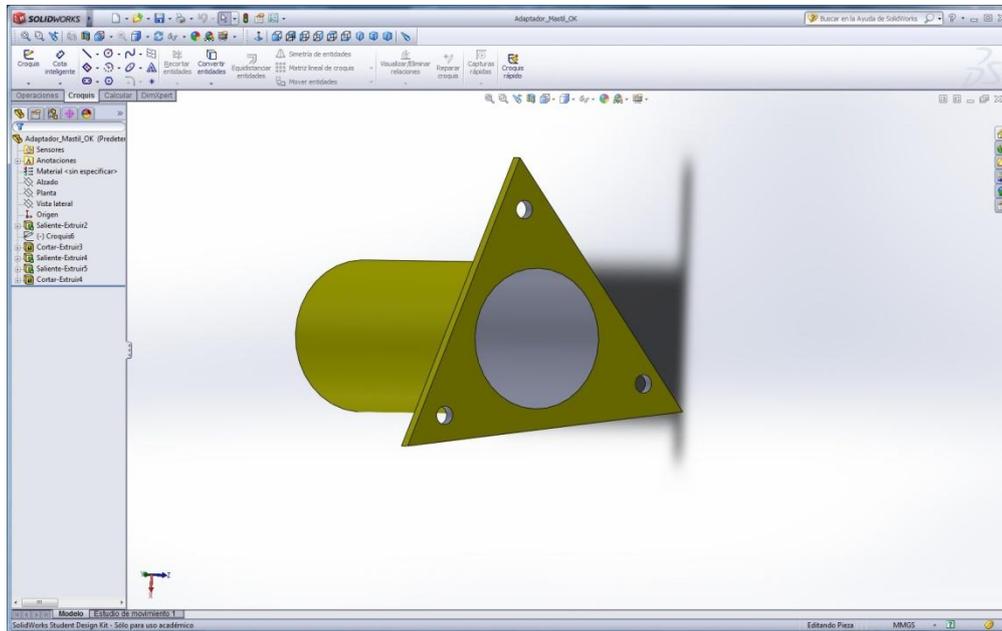


Fig.3.13 Adaptador de mástil en triangulo

Para la conexión de los altavoces se ha utilizado un conector Speakon, y también se ha tenido que elaborar su soporte en SolidWorks, ver figura 3.10.



Fig. 3.14 conector Speakon macho

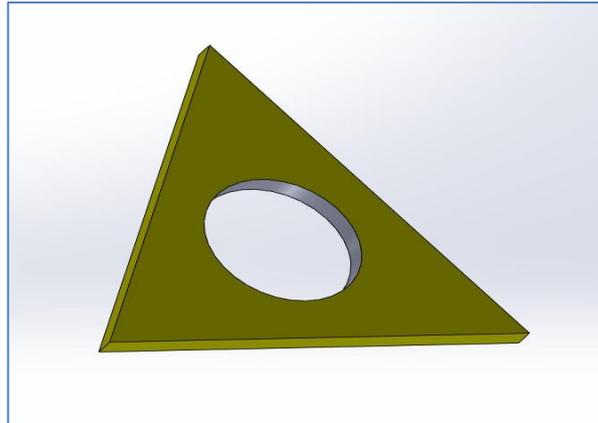


Fig. 3.15 Base de Speakon en SolidWorks

Una vez se han diseñado todas las piezas ya se puede confeccionar el dodecaedro en el entorno 3D y comprobar que todas las medidas son las correctas y poder sacar el molde para realizar la construcción.

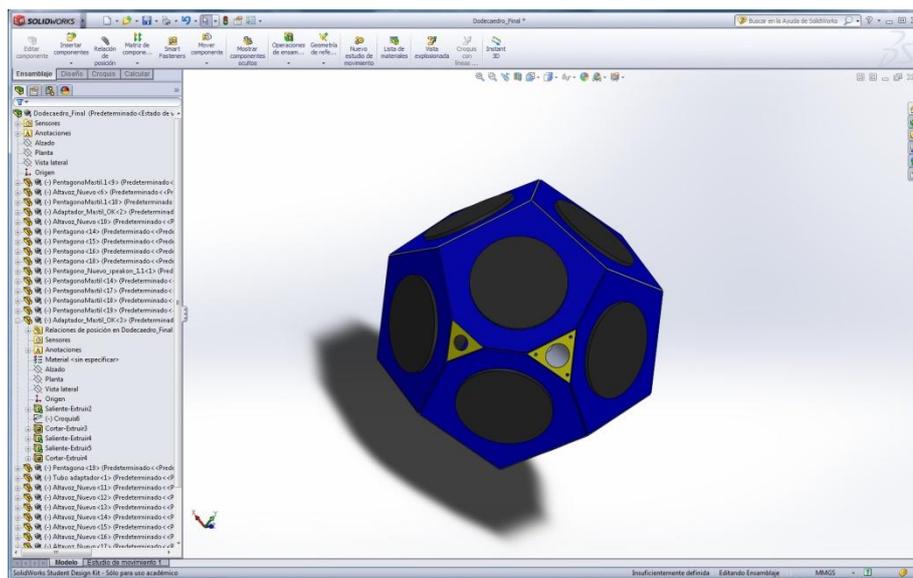


Fig. 3.16 Diseño final en 3D, de la fuente de sonido omnidireccional

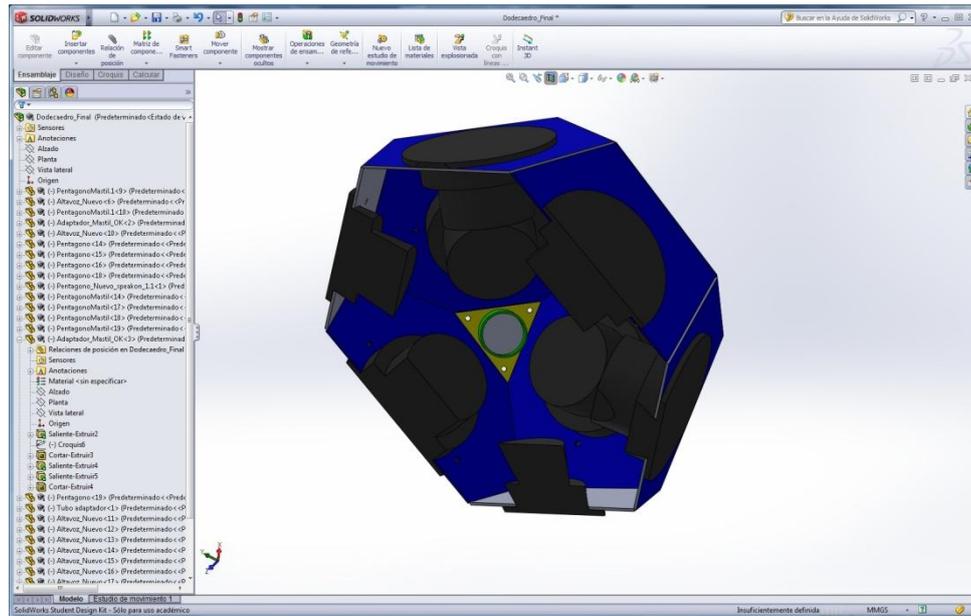


Fig. 3.17 Vista interior del dodecaedro

3.6.2 Proceso de construcción del dodecaedro.

Para el proceso de construcción de la fuente de sonido, el Tecno-Campus, ofrece la posibilidad de utilizar la impresora laser que tiene en sus laboratorios de mecánica.



Fig. 3.18 Impresora laser del Tecno-Campus

Para imprimir los pentágonos en la impresora laser, se tienen que pasar los archivos del SolidWorks al programa CorelDraw.

Primero:

La pieza que tenemos en SolidWorks, la tenemos que pasar a plano 2D. En la pantalla principal de SolidWorks, hacemos clic en la pestaña de nuevo y elegimos **dibujo**, ver figura 3.14.

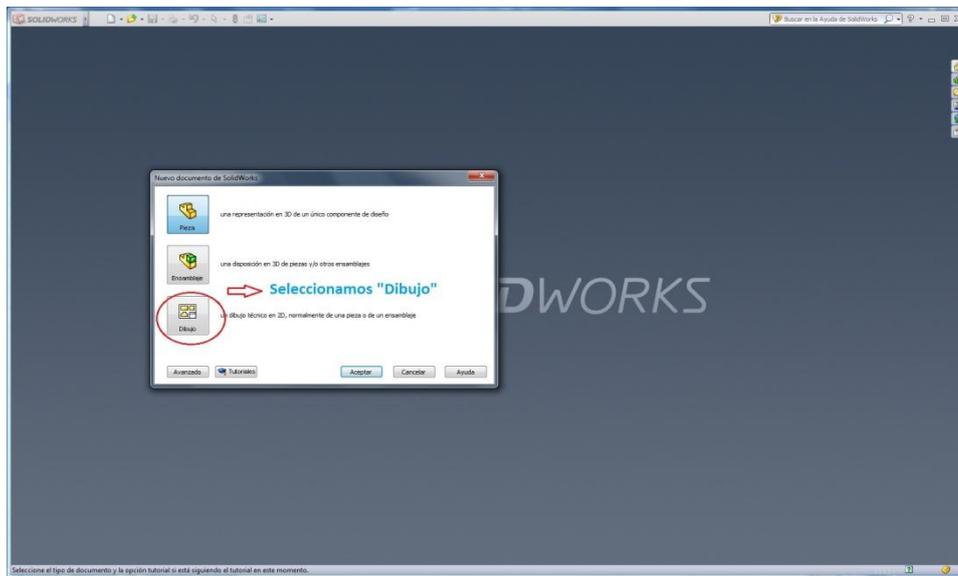


Fig. 3.19 Pantalla principal de SolidWorks

Segundo:

Una vez seleccionamos dibujo, podemos cargar cada pieza que se ha diseñado y realizar el plano 2D. Primero de todo nos pide que escojamos el tipo de hoja que queremos utilizar.

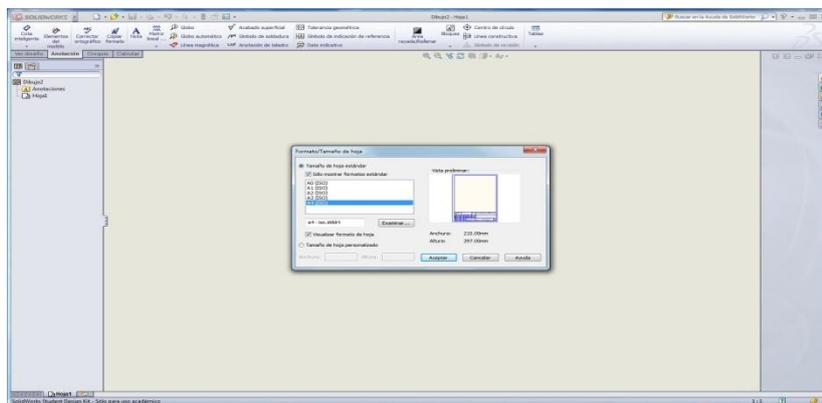


Fig. 3.20 Selección de medida estándar

A continuación se carga la pieza para realizar el plano en 2D, ver figura 3.21.

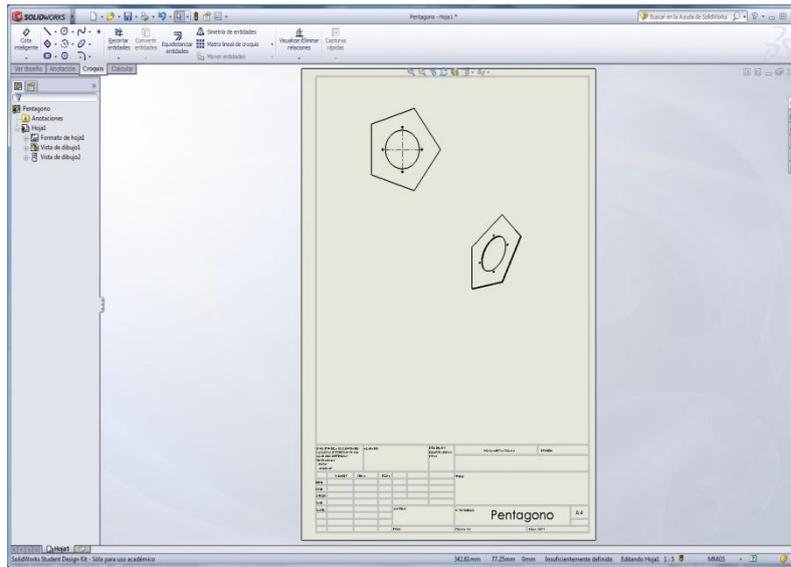


Fig.3.21 Pentágono en plano 2D.

Una vez se ha cargado la pieza, lo guardamos en archivo PDF, ver figura 3.17.

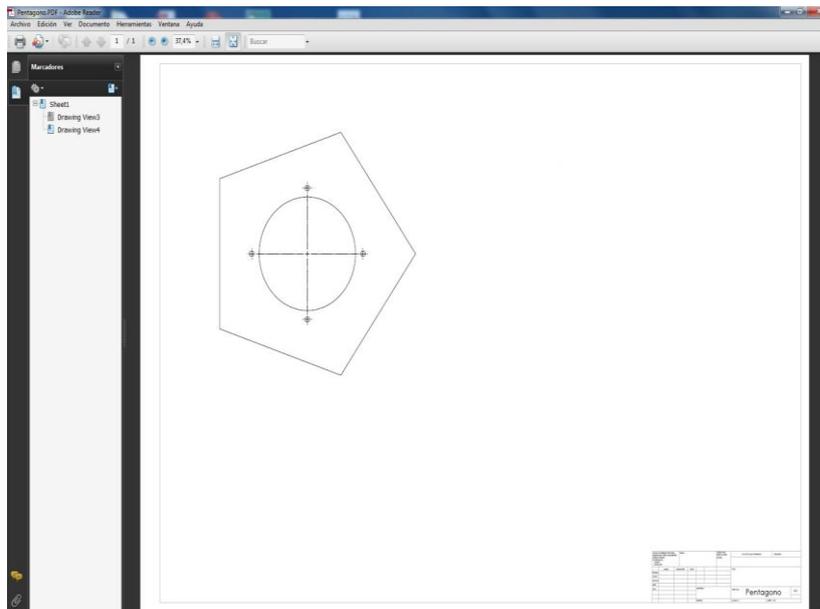


Fig.3.22 Pentágono en archivo PDF.

Tercero:

Desde CorelDraw cargamos el archivo PDF, que se ha creado desde SolidWorks.

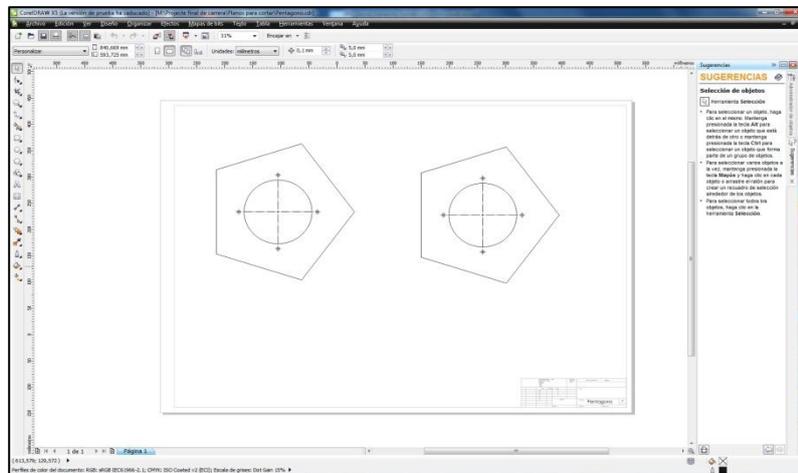


Fig.3.23 Pantalla de inicio de CorelDraw.

Antes de imprimir es muy importante saber, que la impresora laser, trabaja con prioridades de corte, eso quiere decir, que en el caso de este proyecto, tiene que hacer un corte exterior en forma de pentágono y un corte circular en el interior del mismo. Para que el pentágono se corte correctamente es importante dar “*esa prioridad*” en el CorelDraw, lo primero que se debe realizar en CorelDraw, para que se haga primero el exterior y después el interior es lo siguiente.

Una vez con el archivo PFD cargado en la pantalla principal, seleccionamos los lados del pentágono y los ponemos en color negro y a continuación el círculo interior en color rojo, ver figura 3.19.

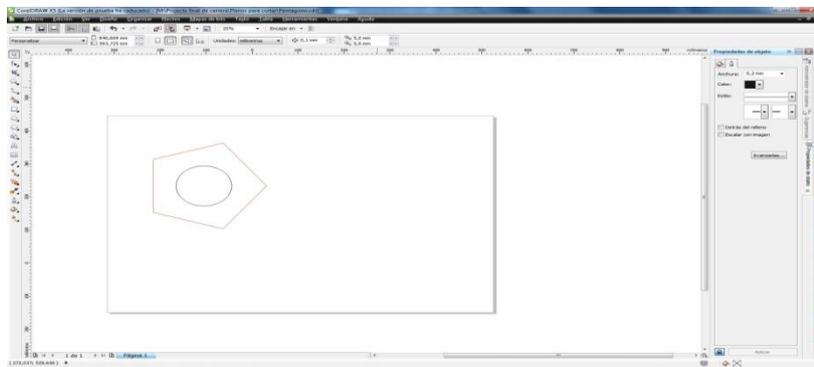


Fig. 3.24 Exteriores del pentágono en rojo y círculo en negro.

Una vez se ha preparado el pentágono tal y como indica ya le podemos dar a imprimir, pero antes le tenemos que indicar los parámetros según el tipo de madera que pongamos en la impresora, en este caso se ha puesto una de una grosor de 4mm. Ver figura 3.20

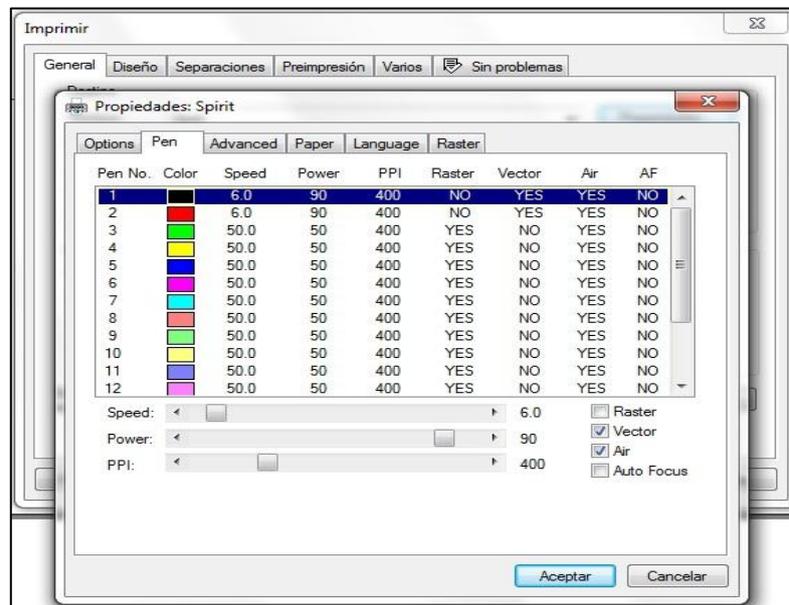


Fig.3.25 Parámetros de la impresora laser.

Este paso de hace análogo para todas las piezas de dodecaedro, y una vez ya tenemos cortados todos los pentágonos ya podemos realizar el molde para poder construirlo. Ver figura 3.26.

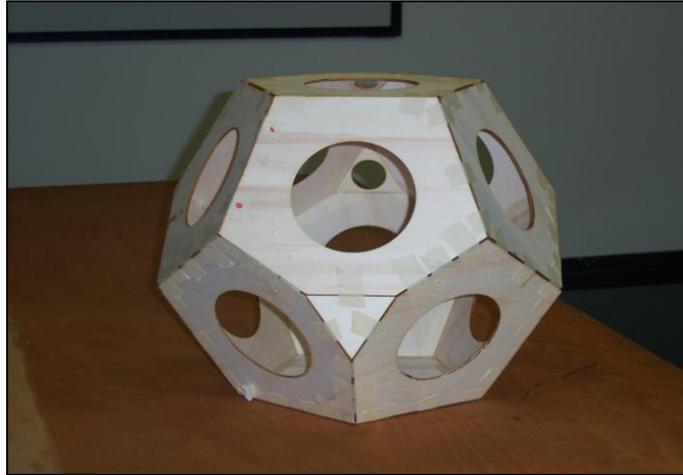


Fig. 3.26 molde de la fuente de sonido omnidireccional.

Otras de las condiciones de este proyecto, es que la fuente de sonido, sea ligera y resistente, y para conseguir tal efecto, se le aplica una capa en fibra de vidrio. La fibra de vidrio es un material que tiene buena resistencia y es muy ligero.

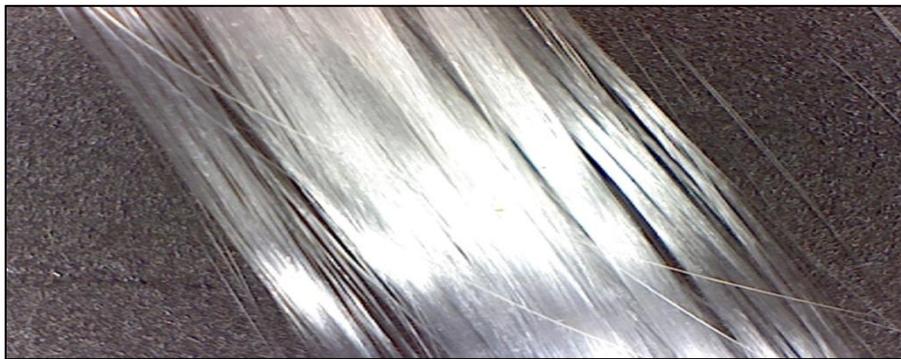


Fig. 3.27 Imagen de la fibra de vidrio en lupa electrónica.

Antes de comenzar a utilizar la fibra de vidrio es muy recomendable utilizar guantes protectores, estar al aire libre o en un lugar donde haya una buena ventilación, ya que los productos que se utilizan son perjudiciales para la salud.

Una vez se ha preparado el lugar de trabajo y se utilizan los equipos de protección recomendables, guantes, y traje de trabajo, ya se puede comenzar a trabajar sin problemas.

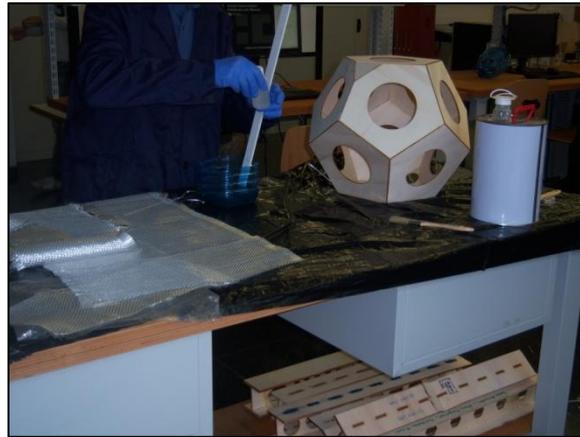


Fig.3.28 Preparación de la zona de trabajo.

Finalmente, se le aplica la capa de fibra de vidrio la fuente de sonido, quedando con este aspecto, ver figura 3.29.



Fig. 3.29 Dodecaedro con fibra de vidrio

3.7 Modelización del cajón de ubicación

Para que el equipo sea fácil de transportar se ha diseñado un cajón de ubicación. Dentro del cajón está la batería, etapa de potencia y la fuente de alimentación del equipo. Se ha realizado en forma de maletín y se ha reducido al máximo. También se podía haber optado por un armario tipo rac, ver figura 3.23, pero su precio está por encima del presupuesto, y se ha optado por hacer uno propio.



Fig. 3.30 Ejemplo de armario tipo rac.

A través de SolidWorks, se ha podido modelizar el cajón de ubicación. Una vez se saben las medidas de la batería, etapa de potencia y fuente la alimentación. Ver figura 3.24.

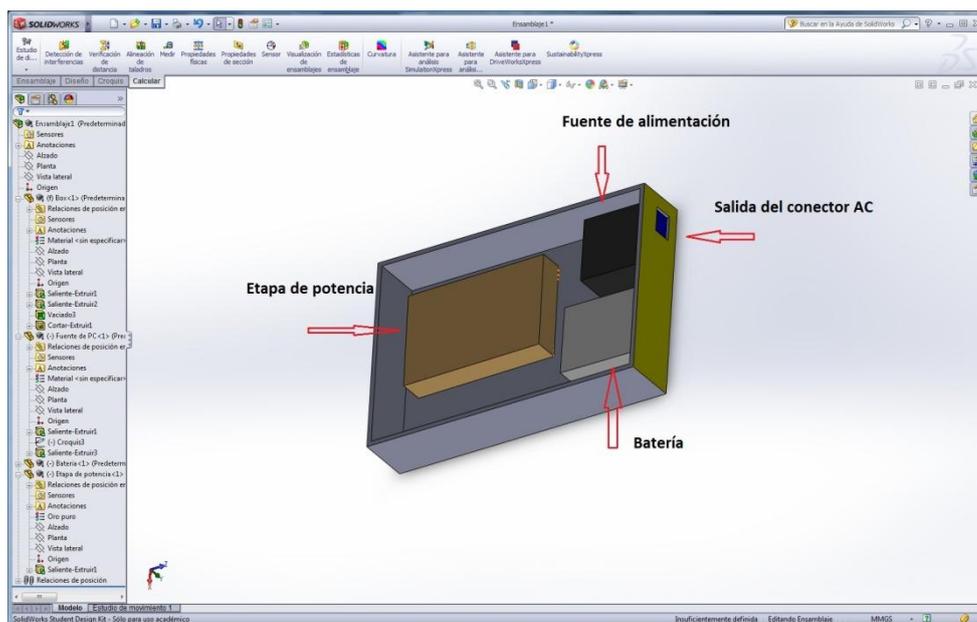


Fig. 3.31 Diseño en 3D del cajón de ubicación.

Como se puede observar en la figura anterior, se puede comenzar a confeccionar un cajón para utilizarlo como maletín de transporte.



Fig. 3.32 Cajón de ubicación.

Y se pueden ubicar todos los componentes tal y como se puede observar en la figura 3.26.



Fig.3.33 Cajón con todos los componentes de la fuente de sonido.

4. Impacto medioambiental

Para un desarrollo sostenible y la protección del medio ambiente deben aparecer especificados los procesos del proyecto por tal de reducir su impacto ambiental.

Los procesos de este proyecto son tres: Estudio, diseño y montaje. En el apartado de estudio no aparece ninguna acción que pueda dañar el medio ambiente.

En la fase de diseño, se han utilizado ordenadores, los cuales cuentan con sistemas de suspensión de actividad, y así, conseguir un ahorro de consumo eléctrico.

En el proceso de montaje, cuando se está trabajando con la fibra de vidrio y que el equipo este equipado de una batería, sí que hay que cumplir la Ley reguladora de residuos municipales 6/93 de residuos de Barcelona, y la Ley de residuos industriales art 3 del Decreto legislativo 1/2009.

5. Conclusiones finales

La realización de este proyecto ha sido una apuesta tanto personal como profesional, en primer lugar porque no tenía ningún conocimiento en cuáles son los pasos a seguir cuando se desarrolla un nuevo producto, y más si tiene que ver con la ingeniería mecánica. También he tenido la posibilidad de utilizar el programa SolidWorks y adquirir las nociones básicas para continuar aprendiendo y también para poder realizar una pieza en 3D y conseguir llegar a construirla. Otras de las cosas beneficiosas que me ha aportado el poder realizar este proyecto, es el tener la oportunidad de poder utilizar la fibra de vidrio para crear moldes.

Continuando con la experiencia, he podido utilizar una impresora laser para poder cortar los pentágonos para elaborar el molde. En temas de acústica, he aprendido como se efectúan los ensayos acústicos, como se divide el espectro de frecuencia, las mencionadas bandas de octavas. Como se calcule y como se mide el índice de direccionalidad de una fuente de sonido.

En lo referente a montaje y diseño, he aprendido conceptos sobre las baterías, como por ejemplo el ciclo de carga, la tensión nominal de carga. He conseguido poner en práctica temas que he aprendido en mis estudios de electrónica, como por ejemplo la como colocar los altavoces para que se puedan adaptar a la etapa de potencia, he utilizado conectores que hasta el momento desconocía, como el conector Speakon.

Pare terminar, creo que con la elaboración de este trabajo se ha realizado una aportación al Tecno-Campus, pudiéndose utilizar para hacer ensayos acústicos, pruebas de sonido en la cámara anecoica, y también para la realización de otro proyecto final de carrera.

En definitiva, estoy contento con lo que he aportado y sobre todo con lo que me ha enseñado mi tutor Joan Altabella, de cómo se deben afrontar los problemas, que aunque ya lo sabía, el de alguna forma me lo ha recordado.

5.1. Posibles mejoras i/o ampliaciones

Durante el desarrollo de este proyecto se ha visto algunos aspectos que pueden ser mejorables y otros que pueden completar aún más el producto final.

❖ **La fuente de alimentación:**

La que hay instalada en el equipo es para dar soporte a la alimentación de la batería. Aunque la finalidad principal de este proyecto era el diseño y construcción de una fuente de sonido omnidireccional, si hubiese dado tiempo se podría haber realizado el diseño de una fuente de alimentación que entregase a su salida una tensión de 14V/20a, un diseño posible, sería, un transformador toroidal, para evitar parásitos de red, y con protección galvánica para proteger el equipo, y con dos diodos que den la tensión necesaria. En su defecto, si no se pudiese realizar un diseño, se podría comprar, pero los precios de este tipo de fuentes de tensión están sobre los 400€.

❖ **Embalaje del dodecaedro:**

El embalaje del dodecaedro debe servirle de protección, tiene que estar acolchado para evitar los daños producidos por los golpes, y también los altavoces estarían mas protegidos, todo y que llevan su propia rejilla, además, este embalaje tendría que ser ligero e impermeable, para proteger de la lluvia.

❖ **Encendido a distancia:**

El encendido a distancia es una de los aspectos que se podrían haber puesto en este mismo proyecto, pero por falta de medios y algunos imprevistos, no se ha llevado a la práctica. En el mercado existen varias propuestas que pueden ser muy válidas para accionar el equipo a distancia, por ejemplo a través de un emisor/ receptor de radio frecuencia ver figura 5.1 y 5.2. A parte de accionamiento a distancia por radio frecuencia, también está la posibilidad de accionamiento a través de bluetooth.

Continuado con el accionamiento a distancia, también se dispone accionamiento a través de teléfono móvil con tecnología GPRS, incluso se podría desarrollar un programa para encender el equipo con un ordenador.



Fig. 5.1 Receptor de CEBEK de 1 salida.



Fig. 5.2 Emisor de CEBEK de una salida

❖ Banco de sonidos:

Otra de las prestaciones que se podrían mejorar, es la implementación de un pequeño ordenador o una tableta electrónica. En nuestro prototipo introducimos la música gracias a conector RCA de la etapa de potencia, pero eso obliga a llevar siempre un portátil o un dispositivo que tenga un conector minijack. En el mercado hay muchos productos electrónicos que podrían servir de reproductor, de menor tamaño y de fácil implementación.

❖ Incorporar un Subwoofer:

La etapa de potencia que se ha elegido para el trabajo, tiene 4 canales, y la conexión ocupa 2 canales, dejando la posibilidad de incorporar una subwoofer, y así mejorando las frecuencias bajas.

6. Referencias

Para la realización de este proyecto se han utilizado diferentes medios para buscar la información necesaria.

a) Proveedores:

- [1] www.autohifi-rm.com, Venta de equipos de sonido para coche.
- [2] <http://profesional.beyma.com/ingles/>, Distribuidor de equipos de sonido.
- [3] <http://www.yuasabatteries.com/>, Distribuidor de baterías.
- [4] Droguería *Can Boter*, en Mataró.
- [5] *Electrónica Mataronense*, venta de material electrónico.

b) Consultas:

- [6] Cajas Acústicas, Escuela superior de ingenieros de Bilbao.
- [7] Acústica Arquitectónica, Iñigo López Cebrián.
- [8] <http://es.scribd.com/doc/65087500/21/FACTOR-E-INDICE-DE-DIRECCIONALIDAD>, Acústica en los recintos, Jesús Huizar.
- [9] <http://es.scribd.com/doc/65087500/21/FACTOR-E-INDICE-DE-DIRECCIONALIDAD>, video Tutorial de SolidWorks.
- [10] <http://srtv-2011-2012.wikispaces.com/1.5.1+Octavas.+Representaci%C3%B3n+en+un+tercio+de+octava>, Representación de la banda de octava.