



**FACULTAD DE INGENIERÍA  
Y CIENCIAS AGROPECUARIAS.**

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SOFTWARE DIDÁCTICO PARA LA  
MATERIA DE ACÚSTICA ARQUITECTÓNICA.**

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

**Profesor Guía  
Ing. Luis Bravo.**

**Autor  
Ernesto Andrés Páez Maldonado.**

**Año  
2010**

## DECLARACIÓN DEL PROFESOR GUÍA

“Declaro haber dirigido este trabajo a través de reuniones periódicas con el/la 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. Luis Bravo  
CI. 1711710606

## 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”

.....  
Andrés Páez.  
171397742-7

#### AGRADECIMIENTO.

Agradezco profundamente a mi hermana María Soledad Tobar, por toda la fe que tuvo en mí a lo largo de estos años, estoy seguro de que no me alcanzará vida para devolverle un poco de toda la gigante obra que realizó en mi vida. Agradezco a mi Madre Giovanna su coraje y ambición por alcanzar sus metas han sido una inspiración para seguir adelante en cada paso de mi formación profesional. Agradezco a mi padre Ernesto por su amor y por brindarme la oportunidad de tener una profesión, llevo su apellido muy en alto y se que este será el primer peldaño para honrar su ejemplo. Agradezco a mi Hermana Lola Páez que ha sabido ser una verdadera guardiana de mis sueños y anhelos. Agradezco a mis hermanos su apoyo incondicional lo llevo siempre en mi corazón. Agradezco a cada uno de mis tíos y primos no pude haber tenido mejores compañeros para este viaje. Agradezco a mis amigos Cristina, Carlos y Mauricio, por sus consejos ánimos e incondicional apoyo. Agradezco de forma especial a Gabriel sin el nada de esto habría sido posible.

DEDICATORIA

Por ti y para ti Sole  
Gracias.

## RESUMEN

El software para el diseño de resonadores y difusores, abarca dispositivos específicos, tales como, resonadores diafragmáticos y de Helmholtz, y los difusores denominados de Schöeder. El sistema está desarrollado en tecnología Microsoft .Net. Para el diseño de este software se realizó un análisis exhaustivo de los conocimientos impartidos en la asignatura de Acústica Arquitectónica. Luego se realizó una abstracción algorítmica de los procesos para el diseño de los dispositivos acústicos, una vez generado el algoritmo de procesos se introdujo la programación en Visual Basic .Net, generando de esta manera los formularios y eventos necesarios la implementación del programa.

## ABSTRACT

Software to design resonators and diffusors covers specific devices; such as, diaphragmatic resonators, resonators of Helmholtz and the diffusors of Schröder. The system is developed with Microsoft .NET technology. To design this software, an exhausting analysis on Architectural Accoustic dispositives was done. Then, an algorithmic abstraction of the processes was done to design the accoustic devices. Once the process algorithm was generated, programming on Visual Basic .NET was introduced to generate forms and necessary events for setting up the program.

## ÍNDICE

1. Introducción.....	1
1.1 Objetivos.....	1
1.2 Alcance.....	1
2. Marco Teórico.....	2
2.1 Criterios Acústicos.....	2
2.1.1 Fundamentos y definiciones.....	2
2.1.1.1 La Ecuación de onda.....	2
2.1.1.2 Amplitud de la onda.....	3
2.1.1.3 Longitud de onda.....	3
2.1.1.4 Período.....	3
2.1.1.5 Frecuencia.....	3
2.1.2 Absorción, coeficiente de absorción, reflexión y transmisión... 5	5
2.1.2.1 Flujo de Energía Sonora Incidente Sobre Una Superficie.. 5	5
2.1.2.2 Absorción y Coeficiente de Absorción.....	5
2.1.2.3 Coeficiente de Reflexión.....	6
2.1.2.4 Coeficiente de Transmisión.....	7
2.1.3 Absortores.....	7
2.1.3.1 Absortor Poroso.....	7
2.1.3.2 Resonadores.....	9
Resonador Diafragmático, Oscilante o de Membrana.....	9
Resonador Simple de Helmholtz.....	11
Resonador Perforado.....	15
Resonador a Base de Listones.....	17
2.1.4 Reflexión, Difusión.....	18
2. 1.4.1 Reflexiones Regulares.....	18
2. 1.4.2 Reflexiones Difusas.....	19
2.1.5 Difusores.....	20
2.1.5.1 Difusores Policilíndricos.....	20
2.1.5.2 Difusores Geométricos.....	20
2.1.5.3 Difusores de Schröder.....	21
Difusores MLS.....	21
Difusores QRD.....	22
Difusores Unidimensionales QRD.....	22
Difusores Bidimensionales QRD.....	24
Difusores PRD.....	24

2.2 Criterios de Software.....	25
2.2.1 Visual Basic .Net.....	25
2.2.1.1 Definición.....	25
2.2.1.2 Lenguaje Orientado a Objetos.....	25
2.2.1.3 Lenguaje Orientado a Eventos.....	25
2.2.1.4 Entorno de Desarrollo.....	27
2.2.1.5 .NET Framework.....	32
2.2.1.6 Diagramas de Flujo.....	32
<b>3. Desarrollo del Software.....</b>	<b>34</b>
3.1 Resonadores.....	34
3.2 Definición de Variables y abstracción del algoritmo.....	34
3.2.1 Constantes.....	34
3.2.2 Resonador Diafragmático.....	34
3.2.3 Resonador Simple de Helmholtz.....	42
3.2.4 Resonador Múltiple de Helmholtz.....	53
3.2.5 Resonador a Base de Listones.....	61
3.3 Difusores.....	67
3.3.1 Difusores de Schröder.....	67
3.3.1.1 Difusores MLS.....	67
3.3.1.2 Difusor QRD Unidimensional.....	73
3.3.1.3 Difusor QRD Bidimensional.....	81
3.3.1.4 Difusor PRD.....	87
<b>4. Manual de operación.....</b>	<b>93</b>
4.1 Introducción.....	93
4.2 Requerimientos mínimos del sistema.....	93
4.3 Diseño de resonadores.....	94
4.3.1.- Diseño de Resonadores Diafragmáticos.....	94
4.3.2.- Diseño de Resonadores de Simple Cavidad (Helmholtz).....	98
4.3.3.- Diseño de Resonadores de Múltiple Cavidad (Helmholtz).....	106
4.3.4.- Diseño de Resonadores a Base de Listones.....	112
4.4 Diseñar un Difusor.....	114
4.4.1.- Diseño de Difusores MLS.....	114
4.4.2.- Diseño de Difusores QRD (Unidimensionales).....	116
4.4.3.- Diseño de Difusores QRD (Bidimensionales).....	119
4.4.4.- Diseño de Difusores PRD.....	120
<b>5 Evaluación del software.....</b>	<b>124</b>
5.1 Criterios de Evaluación de Software Didáctico.....	124
5.2 Valoración Global por Medio de Encuestas.....	128
5.3 Análisis de los Datos Obtenidos.....	131
<b>6 Conclusiones.....</b>	<b>133</b>
<b>7 Recomendaciones.....</b>	<b>134</b>

8 Bibliografía.....	135
9 Anexos.....	137
9.1. Anexo 1 Módulos de Trabajo.....	137
9.2. Anexo 3 Encuestas.....	145

## **1.- Introducción**

Es necesario que el lector esté familiarizado con conceptos y definiciones acerca de fundamentos básicos de acústica, y comprenda la necesidad de utilizar dispositivos acústicos, tales como resonadores y difusores, para el acondicionamiento acústico de recintos.

La facultad de Ingeniería y Ciencias Agropecuarias de la UDLA, dentro de la carrera de Ingeniería de Sonido y Acústica ha implementado la materia de Acústica Arquitectónica, en la cual se estudian los conceptos, procedimientos y definiciones necesarios para que el alumno se encuentre capacitado para entender el funcionamiento de dispositivos acústicos tales como resonadores y difusores.

La necesidad de diseñar un software como una herramienta profesional de desarrollo es latente, esta herramienta está diseñada para que el alumno pueda aplicar y comprobar conocimientos aprendidos previamente en clases.

Es por eso que este proyecto pretende cubrir la necesidad de una herramienta que permita comprobación de datos obtenidos por alumnos y profesionales en el área de la acústica arquitectónica y también que permita diseñar de una manera rápida y eficaz distintos elementos acústicos utilizados en recintos.

### **1. 1.- Objetivo General.**

Diseñar e implementar un software que permita el diseño de resonadores, y difusores Acústicos. Utilizando la tecnología Microsoft Visual Basic .NET

### **1. 2.- Objetivos específicos.**

1. Entender de manera eficiente las necesidades de los estudiantes y maestros para la elaboración del software y sus aplicaciones.
2. Crear un manual técnico sobre la utilización del SDAAC (Software Didáctico de Acústica Arquitectónica).
3. Evaluar el Software mediante encuestas a los estudiantes que cursan la asignatura de Acústica Arquitectónica.

### **1. 3.- Alcance:**

Se creará el software con el fin de que se implemente en la Universidad de las Américas con sede en Quito, este será utilizado en la materia de Acústica Arquitectónica que se cursa en el quinto semestre de Ingeniería en Sonido y Acústica. EL software estará diseñado para el diseño de dispositivos tales como, resonadores y difusores acústicos.

## 2.- Marco Teórico:

### 2. 1.- Fundamentos Acústicos:

#### 2.1.1 Fundamentos y definiciones

##### 2.1.1.1 La Ecuación de Onda:

Todas las ondas que existen en el entorno tienen en común dos propiedades importantes las cuales son:

- La energía se propaga a puntos distantes.
- La onda viaja a través de un medio.

Estas dos propiedades se cumplen sin se que ocurra un transporte de materia,

Es por esto que se permite definir las con una sola ecuación diferencial (2.1), definida como la Ecuación de onda para movimientos con rapidez constante.

$$\nabla^2 \phi = \frac{1}{c^2} * \frac{\partial^2 \phi}{\partial t^2} \quad (2.1)$$

El Aspecto matemático de cada problema consiste en resolver la ecuación con las adecuadas condiciones de borde y después, interpretar la solución correctamente.

Se considera una perturbación a lo que lo que se propaga por el eje X a una rapidez constante c. Debido a que la perturbación se mueve, depende de la posición x, y del tiempo t, o depende de alguna función de x F(x) que se llama perfil de la onda. Si se supone que la onda se propaga sin cambiar de forma, entonces, después de un tiempo t, el perfil de la onda será el mismo que en t = 0, excepto que este se habrá desplazado en sentido positivo en el eje x, una distancia ct.

Si se toma un nuevo origen en el punto x = ct y se llama X a las distancias medidas de este nuevo origen de tal forma que x = X + ct, entonces la ecuación del perfil de la onda referido a este nuevo origen es.

También se puede ver de forma que el desplazamiento x será igual a la velocidad por el tiempo como en dinámica.

$$\phi = f(x) \quad (2.2)$$

Referida al origen fijo inicial,

$$\phi = f(x - ct) \quad (2.3)$$

La ecuación 2.3, es la expresión más general de una onda que se mueve sin cambiar de forma en el sentido positivo del eje x, a una rapidez constante c. Si la onda viaja en el sentido negativo, entonces la ecuación 2.3 queda como

$$\phi = f( x + ct ) \quad (2.4)$$

El ejemplo más simple de este tipo de onda es el de un movimiento armónico simple, un tono puro que está caracterizado por un seno o por un coseno, si el perfil de la onda en  $t = 0$  es:

$$\phi(x,0) = A \text{ Cos } (mx) \quad (2.5)$$

Entonces en un tiempo t cualquiera, el desplazamiento o perturbación es:

$$\phi(x,t) = A \text{ Cos } m(x - ct) \quad (2.6)$$

#### 2.1.1.2 Amplitud de la Onda.

El valor máximo que toma toda perturbación en el caso de la onda de la ecuación 2.6 es la amplitud "A".

#### 2.1.1.3 Longitud de la Onda.

El perfil de la onda de la ecuación 2.6 se repite a distancias regulares de  $2\pi$ . Esta distancia se llama longitud de onda ( $\lambda$ ). Se puede entonces escribir esta ecuación como:

$$\phi(x,t) = A \text{ Cos } 2\pi / \lambda (x - ct) \quad (2.7)$$

#### 2.1.1.4 Período.

Se llama período de T de una onda, al tiempo que demora una perturbación o una longitud de onda en pasar frente a un observador fijo, luego:

$$T = \lambda / c \quad (2.8)$$

#### 2.1.1.5 Frecuencia.

La frecuencia F de una onda, es el número de perturbaciones que pasan por segundo frente a un observador fijo, entonces:

$$F = 1 / T \quad (2.9)$$

$$c = \lambda * f \quad (2.10)$$

La unidad de medida es Hertz que equivale a 1 ciclo por segundo.  
La ecuación 2.7 entonces se puede escribir de la forma:

$$\phi(x,t) = A \cos 2\pi F (x/c - t) \quad (2.11)$$

La cantidad  $2\pi F$  corresponde a la frecuencia angular  $\omega$  de la onda, luego:

$$\phi(x,t) = A \cos \omega(x/c - t) \quad (2.12)$$

Se define como número de onda a:

$$k = \omega/c \quad (2.13)$$

Por lo tanto:

$$\phi(x,t) = A \cos (Kx - \omega t) \quad (2.14)$$

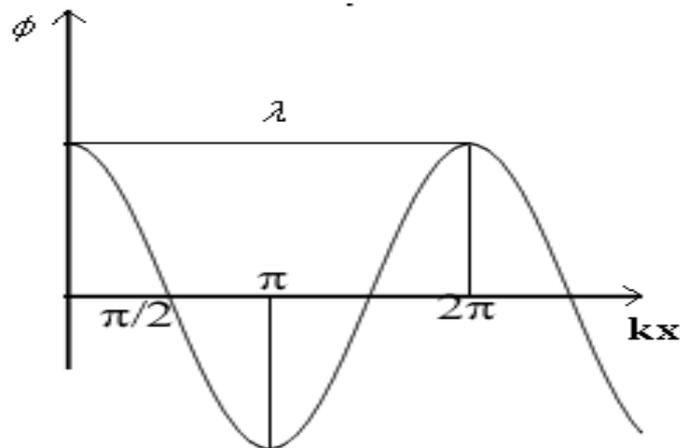


Figura 2.1 Perfil de la onda de la ecuación (2.14) en  $t = 0$ .

## 2.1.2 Absorción, Coeficiente de Absorción, Reflexión y Transmisión.

### 2.1.2.1 Flujo de la Energía Sonora Incidente Sobre Una Superficie.

Al incidir un sonido sobre una superficie sólida, esta se somete a una vibración forzada producto de la presión sonora incidente. Esta vibración trae como consecuencia:

- a) Que parte de la energía se refleje como reflexión radiante.
- b) Que parte de la energía se irradie al espacio que colinda con la parte posterior de la superficie.
- c) Que parte de la energía se transforme en calor producto de la fricción de las moléculas en el sólido.
- d) Que parte de la energía se transmita por el sólido.

Si además la contextura de este sólido es porosa, habrá una cierta cantidad de energía que atraviesa esta superficie por los poros, y otra cantidad que se transforma en calor debido a la fricción de las moléculas que conforman los poros.

Además se puede relacionar los flujos de energía que se absorbe, transmite ó refleja, y de esta forma obtener coeficientes que cuantificarán el poder absorbente, reflectante o la capacidad de transmitir de un material.

### 2.1.2.2 Absorción y Coeficiente de Absorción.

La razón entre la intensidad de energía absorbida y la intensidad de energía incidente sobre una superficie, se llama coeficiente de absorción.

$$\alpha = \frac{I_a}{I_i} \quad (2.15)$$

Donde:

$I_a$  → Intensidad de sonido absorbido por la superficie [ $Wac/m^2$ ].

$I_i$  → Intensidad del sonido incidente sobre la superficie [ $Wac/m^2$ ].

Esta definición, a pesar de ser sencilla, contrasta con la dificultad de su cuantificación. Esto se debe a que el coeficiente de absorción de un material, depende principalmente de la manera como está instalado, de su tamaño, del ángulo de incidencia del sonido y de la frecuencia.

Como en una habitación grande e irregular hay una gran cantidad de ondas que viajan en todas las direcciones posibles, el coeficiente de absorción debe ser el valor promedio de coeficientes de absorción a todos los ángulos de incidencia.

Los coeficientes de absorción sonora dados en las tablas publicadas, se miden en lo posible en esta condición.

Pero, como el coeficiente de absorción también depende de la frecuencia, la especificación completa requiere de una curva de  $\alpha$  en función de la frecuencia, normalmente se muestra en un rango de 125Hz a 4KHz.

El poder absorbente de energía sonora de una superficie, depende de su tamaño y del coeficiente de absorción. La absorción de una superficie esta dada por:

$$A = S * \alpha \text{ m}^2 \text{ Sabine} \quad (2.16)$$

Dimensionalmente la absorción está dada en metros cuadrados. Sin embargo para tener presente en todo instante que esta unidad cuantifica la absorción de la superficie y no su tamaño, se le denomina  $\text{m}^2$  Sabine.

Se define como coeficiente de absorción medio de una sala, al promedio ponderado de todos sus coeficientes de absorción:

$$\bar{\alpha} = \frac{A_1 + A_2 + \dots + A_n}{S} \quad (2.17)$$

Donde:

$A_n \rightarrow$  Absorción de la superficie número n.

$S \rightarrow$  Superficie total de la sala.

### 2.1.2.3 Coeficiente de Reflexión.

La razón entre la intensidad de energía reflejada y la intensidad de energía incidente sobre una superficie se denomina coeficiente de reflexión. Es decir cuantifica la capacidad de un material de reflejar la energía que incide sobre él.

$$\sigma = \frac{I_r}{I_i} \quad (2.18)$$

Donde:

$I_r \rightarrow$  Intensidad de sonido reflejado por la superficie [ $\text{Wac}/\text{m}^2$ ].

$I_i \rightarrow$  Intensidad del sonido incidente sobre la superficie [ $\text{Wac}/\text{m}^2$ ].

Por definición del coeficiente de absorción y reflexión, se deduce que éstos tienen un rango entre 0 y 1, y que la suma de ambos coeficientes debe ser uno

$$\alpha + \sigma = 1 \quad (2.19)$$

### 2.1.2.4 Coeficiente de Transmisión.

La razón entre la intensidad de energía transmitida (de un lado al otro de la superficie), a la intensidad de energía incidente sobre la superficie, se denomina coeficiente de transmisión.

$$\tau = \frac{I_t}{I_i} \quad (2.20)$$

Donde:

$I_t \rightarrow$  Intensidad de sonido transmitida a través de la superficie [ $Wac/m^2$ ].

$I_i \rightarrow$  Intensidad del sonido incidente sobre la superficie [ $Wac/m^2$ ].

En este caso no es posible establecer una relación entre el coeficiente de absorción y el de transmisión. El coeficiente de transmisión depende principalmente de la masa y la rigidez de la pared.

### 2.1.3 Absortores.

Para realizar cualquier trabajo en acústica es necesario conocer las características de absorción de los materiales presentes en un recinto. Como muchas veces la información no se encuentra disponible en tablas, es necesario conocer la forma en que se absorbe la energía y con ello diseñar dispositivos especiales para solucionar problemas puntuales. Los absortores se pueden dividir en:

- Absorotor poroso o material absorbente: Orientado para frecuencias altas mayores a 2 Khz.
- Absortores Resonadores:
  - Resonador Diafragmático (frecuencias bajas: menores a 500 Hz.)
  - Resonador Unitario (frecuencias bajas y medias bajas: menores a 500 Hz)
  - Resonador Perforado (frecuencias medias y medias altas: 500 Hz a 2000 Hz)
  - Resonador a Base de Listones (frecuencias medias y medias altas de 300 Hz a 2000 Hz)

#### 2.1.3.1 Absortor Poroso.

Está constituido por un material cuya superficie es de contextura porosa (finas hendiduras). Cuando el sonido incide en este material la presión hace vibrar al

aire que está en el interior de los poros, generándose roce con las superficies interiores de los poros, transformándose la energía acústica en calor.

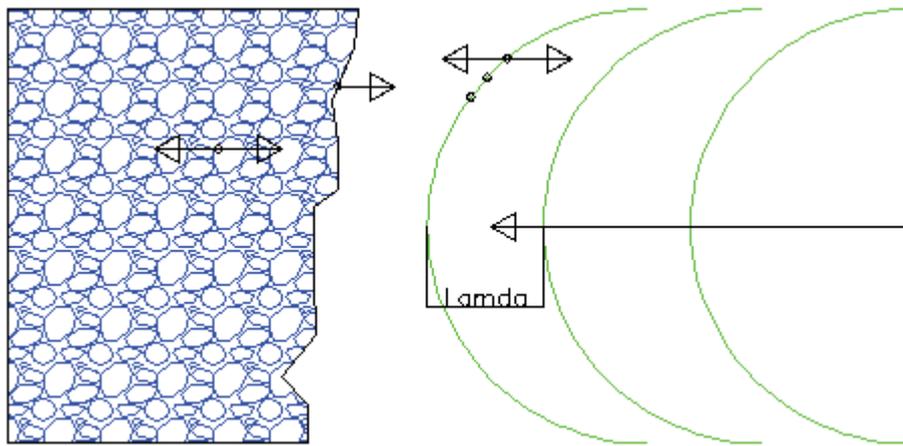


Figura 2.2. Frente de onda sobre un absorbtor poroso.

Hay varios factores que influyen en la cantidad de absorción que presenta el material: La porosidad efectiva de él (El volumen de aire dentro del material), comparado con el volumen total, el factor de la estructura y el espesor.

La Porosidad Efectiva determina la cantidad de energía sonora que entra en los poros y que es susceptible de ser absorbida. El Factor de Estructura determina las características de absorción del material ya que los laberintos cerrados y los poros paralelos a la superficie dificultan el paso del aire a través de ellos. El espesor está estrechamente ligado al rango de frecuencias para el cual la absorción del material será efectiva.

Lo anterior se debe a que la velocidad máxima de las partículas,  $u(t)$  de un sonido que incide sobre una pared rígida, se encuentra a una distancia de  $\lambda/4$  (m) de ella, por lo tanto la mayor eficacia del absorbtor poroso se alcanza para aquellas frecuencias cuyo  $\lambda/4$  es menor o igual al espesor del material.

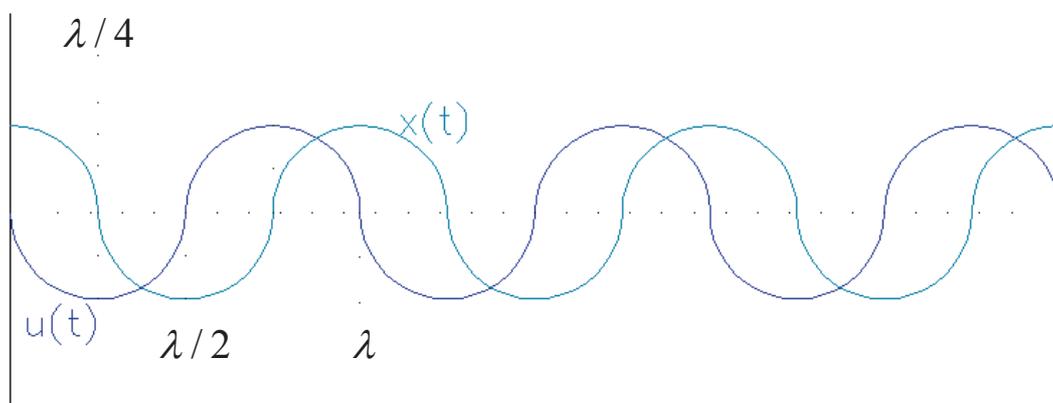


Figura 2.3. Máxima amplitud de la velocidad de la onda.

Donde:

- Desplazamiento de la onda  $x(t)$
- Velocidad de la onda  $u(t)$
- Longitud de onda

Este tipo de material se usa para controlar altas frecuencias no porque absorba energía en frecuencias bajas sino por que desde el punto de vista práctico, se necesita de un espesor demasiado grande para el material, que no sólo disminuye considerablemente el espacio disponible dentro del recinto sino que además aumenta enormemente los costos del material.

### **2.1.3.2 Resonadores.**

Por regla general, los materiales absorbentes de espesor estándar colocados sobre una pared rígida presentan una pobre absorción a bajas frecuencias. Al separarlos de la pared, se produce una notable mejora de la absorción a dichas frecuencias.

De todas formas, si se pretende obtener una gran absorción a frecuencias bajas con objeto de reducir sustancialmente los valores del tiempo de reverberación, es preciso hacer uso de absorbentes selectivos o resonadores. Se trata de elementos que presentan una curva de absorción con un valor máximo a una determinada frecuencia (generalmente situada por debajo de los 500 Hz) de resonancia, y depende de las características tanto físicas como geométricas del resonador. Los resonadores pueden utilizarse de forma independiente, o bien, como complemento a los materiales absorbentes. Básicamente, existen los siguientes tipos de resonadores.

- De membrana o diafragmático.
- De cavidad simple (Helmholtz).
- De cavidad múltiple (Helmholtz) a base de paneles perforados o ranurados.
- Resonador a base de listones.

#### **2.1.3.2.1 Resonador Diafragmático, Oscilante o de Membrana.**

Está construido con una superficie dispuesta a cierta distancia de un muro, sellado de manera hermética y de una rigidez tal, que sea capaz de vibrar cuando el frente de ondas incide sobre él.

Cuando una onda sonora incide sobre el panel, éste entra en vibración como respuesta a la excitación producida. Dicha vibración, cuya amplitud depende principalmente de la frecuencia del sonido y es máxima a la frecuencia de resonancia, provoca una cierta deformación del material y la consiguiente

pérdida de una parte de la energía sonora incidente, que se disipa en forma de calor. Por otro lado aunque el panel también produce una pequeña radiación a efectos prácticos resulta ser totalmente inaudible.

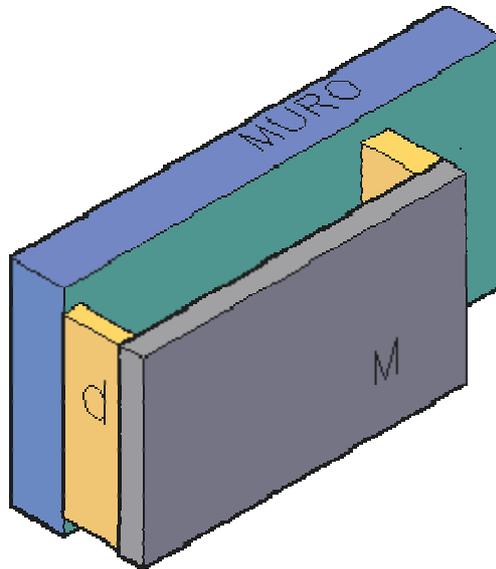


Figura 2.4. Resonador diagramático.

Partiendo de que las frecuencias de diseño son generalmente bajas, se cumple que:

$$d \ll \lambda \quad (2.21)$$

El aire en la cavidad se comporta como un resorte, cuya rigidez aumenta a medida que el volumen de la misma disminuye (una distancia  $d$  menor). Dicha rigidez de aire junto con la masa del panel constituyen un sistema resonante que presenta un pico de absorción a la frecuencia de resonancia  $f_0$ .

Suponiendo que la onda sonora incide perpendicularmente sobre el panel, la expresión teórica para el cálculo de  $f_0$  es la siguiente:

$$f_0 = \frac{600^2}{\sqrt{M * d}} \text{ Hz} \quad (2.22)$$

Donde:

- $M$  → Masa por unidad de superficie del panel en ( $\text{Kg}/\text{m}^2$ ).  
 $d$  → distancia del panel a la pared rígida en (m).

La expresión anterior puede considerarse suficientemente aproximada para espesores del panel de hasta 2 cm (caso habitual en la práctica), siempre y

cuando la distancia entre los puntos o líneas de fijación consecutivas no sea inferior a 80 cm.

En cuanto a la variación del coeficiente de absorción, para la frecuencia de resonancia se tendrá un valor  $\alpha = 1$ , y este irá decreciendo a medida que la frecuencia se aleje de la frecuencia  $F_0$ , hasta llegar a 0. Se puede rellenar parte del volumen del resonador con material absorbente con el fin de suavizar la curva de absorción del dispositivo.

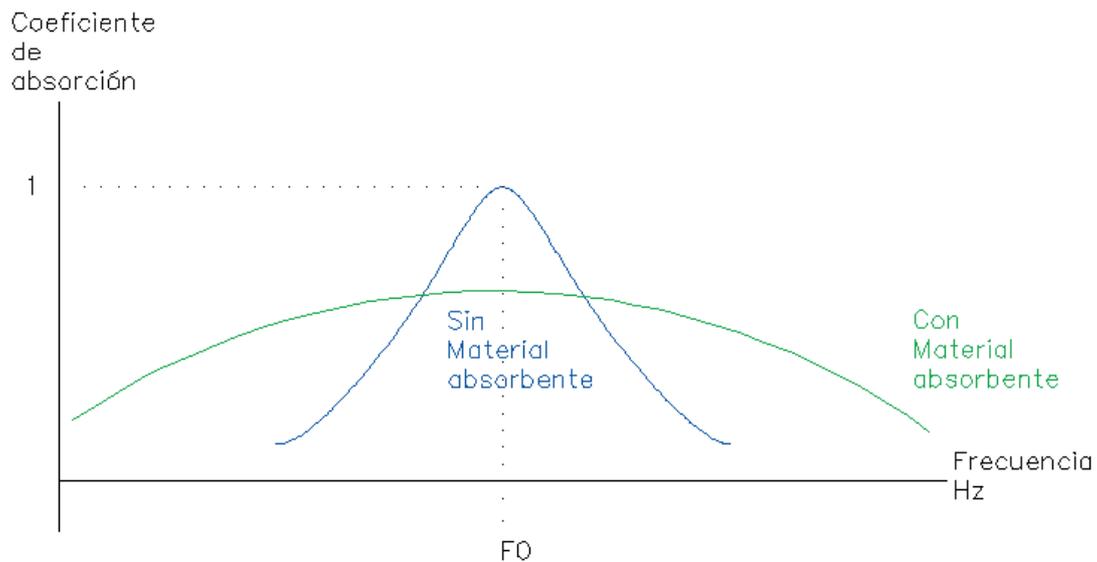


Figura 2.5. Diferencia entre el volumen del resonador con material absorbente y sin material absorbente.

### 2.1.3.2.2 Resonador Simple de Helmholtz.

Está formado por una cavidad cerrada de aire conectada a la sala a través de una abertura o cuello estrecho.

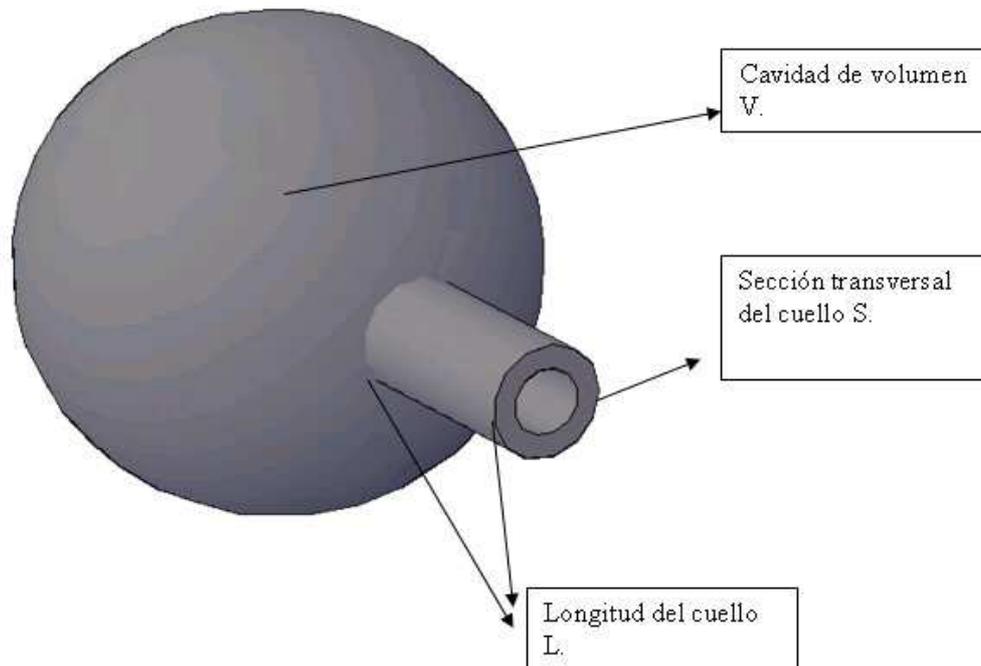


Figura 2.6. Resonador de simple cavidad (Helmholtz).

En la figura se muestra un esquema básico de este tipo de resonador. El volumen de la cavidad se indica por  $V$ , mientras que la sección transversal y la longitud del cuello se indican por  $S$  y  $L$ , respectivamente.

Partiendo de que las frecuencias de diseño son generalmente bajas, se cumple que:

$$L \ll \lambda \quad (2.23)$$

$$3\sqrt{V} \ll \lambda \quad (2.24)$$

El aire del cuello se mueve como una unidad, y constituye el elemento de masa, mientras que el aire de la cavidad se comporta como un muelle, constituyendo el elemento de rigidez. De forma análoga al resonador de membrana, la masa del aire del cuello junto con la rigidez del aire de la cavidad dan lugar a un sistema resonante que presenta un pico de absorción a la frecuencia de resonancia  $f_0$ .

En este caso, la expresión teórica para el cálculo de  $f_0$  es la siguiente:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{MaCa}} \text{ Hz} \quad (2.25)$$

El cálculo de la masa acústica y de la compliancia acústica se realizará de acuerdo con las siguientes fórmulas:

$$Ca = \frac{V}{\rho_0 C^2} \left[ \frac{m^5}{N} \right] \quad (2.26)$$

$$Ma = \frac{\rho_0 L'}{a^2 \pi} \left[ \frac{Kgr}{m^4} \right] \quad (2.27)$$

$$a = \sqrt{\frac{S}{\pi}} \quad (2.28)$$

Donde:

- V → Es el volumen de la cavidad de aire (m<sup>3</sup>).
- $\rho_0$  → Es la densidad volumétrica del aire 1,18 [Kg/m<sup>3</sup>].
- L → Es el largo del cuello (m).
- L' → Es el largo efectivo del cuello (m).
- a → Es el radio del cuello (m).
- C → Velocidad del sonido en el aire (m/s).

La corrección de extremos se debe a que las partículas que actúan como masa acústica se desplazan más allá de los límites del cuello y en ambos sentidos. A diferencia del resonador diafragmático, el de Helmholtz es mucho más selectivo. Su absorción puede aumentar aumentando la resistencia del cuello (poniendo una malla delgada o de género en la boca del cuello), sin embargo su valor debe ser cuidadosamente calculado ya que el exceso de amortiguación hará que el efecto de absorción desaparezca. Respecto a la selectividad del resonador, se puede extender llenando total o parcialmente la cavidad de aire con material absorbente. En ambos casos se debe cuidar que el volumen no deje de comportarse como resorte. Para este resonador la Absorción Máxima (Amáx) viene dada por:

$$A_{\max} = \frac{\lambda^2}{4\pi} \quad (2.29)$$

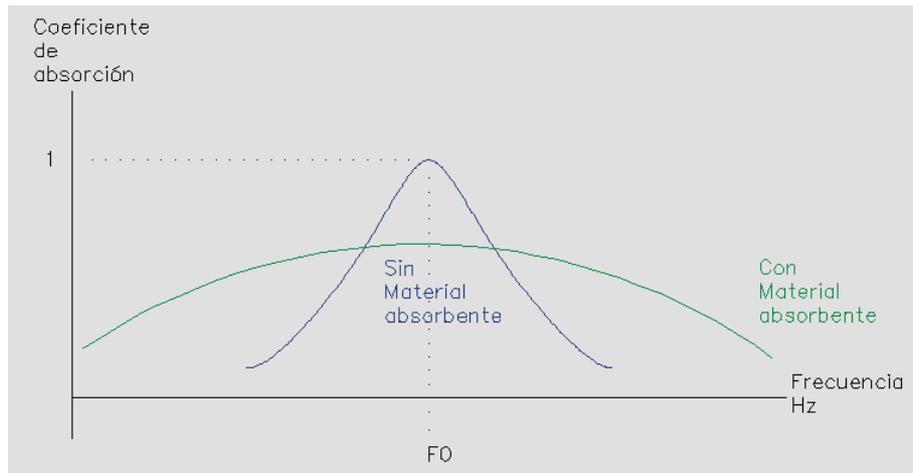


Figura 2.7. Diferencia entre el volumen del resonador con material absorbente y sin material absorbente.

### Observaciones:

- Como la absorción máxima depende de la longitud de onda, mientras más baja sea la frecuencia de diseño, mayor será la absorción que aporta el resonador.
- Si el T60 del resonador es mayor al T60 de la sala, el resonador se comporta como un dispositivo de reverberación artificial, entregando energía al medio.

Para que lo anterior no ocurra, se deben aplicar las siguientes restricciones:

1. Para que la cavidad de aire actúe como compliancia acústica (elemento elástico del sistema o resorte):

$$\text{Dimensiones asociadas al volumen} \leq \lambda/16 \quad (2.30)$$

2. Para que el cuello actúe como masa acústica:

$$l \leq \lambda/16 \quad (2.31)$$

$$0.0027\sqrt{\lambda} \leq a \leq 0.029\lambda \quad (2.32)$$

3. Se recomienda también que el diámetro del cuello siempre sea un valor igual o muy cercano a la mitad del valor de la longitud del cuello L, es decir:

$$a = L/4 \quad (2.33)$$

### 2.1.3.2.3 Resonador Perforado:

Debido a que la absorción máxima de un resonador de Helmholtz es proporcional a la longitud de onda al cuadrado, es necesario usar una gran cantidad de ellos para tener una absorción apreciable cuando la frecuencia aumenta y la longitud de onda se hace más pequeña. La forma más fácil y económica, es acoplarlos en un panel rígido de la siguiente forma:

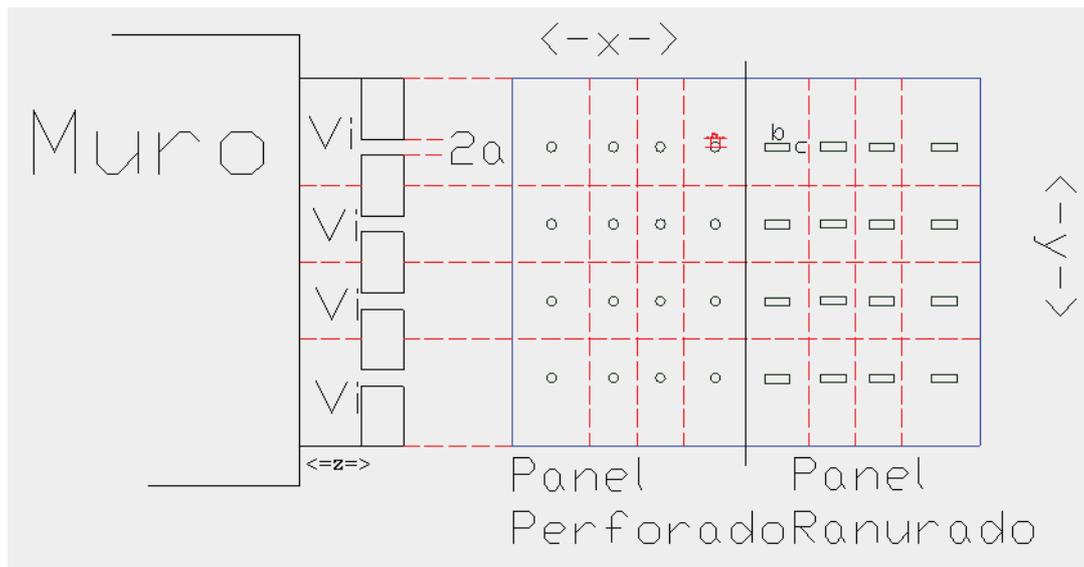


Figura 2.8. Resonador perforado.

Donde:

- $V$  → Es el volumen de aire total detrás del panel ( $m^3$ ).
- $V_i$  → Es el volumen de cada resonador ( $m^3$ ).
- $V_i$  → =  $xyz$  ∴  $V = \text{Sumatoria de } V_i$ .
- $Z$  → Es la distancia al muro (m).
- $X, Y$  → Son las dimensiones totales del panel (m).
- $L$  → Longitud del cuello del resonador, espesor del panel (m).
- $2a$  → diámetro de la perforación (m).
- $b, c$  → dimensiones de la ranura (m).

El funcionamiento de este resonador es análogo al funcionamiento del resonador unitario de Helmholtz, y su uso está orientado para frecuencias medias de 500 Hz a 2 KHz.

Tiene ciertas diferencias con el resonador unitario de Helmholtz.

- En el resonador de Helmholtz se desplaza una sola masa acústica, en tanto que en el resonador perforado se desplazan tantas masas como perforaciones tenga el panel.

- En este caso el largo del cuello viene dado por el espesor del panel que además debe ser completamente rígido para que no entre en vibración, razón por la cual  $l$  generalmente varía de 1 (cm) a 5 (cm). La masa acústica ( $M_a$ ) viene dada por:

$$M_a = \frac{\rho_0(l+1.7a)}{a^2\pi} = \frac{1.18(l+1.7a)}{a^2\pi} \frac{Kg}{m^4} \quad (2.34)$$

Donde:

$\rho_0 \rightarrow$  Es la densidad volumétrica del aire en Kg /m<sup>3</sup>.

- Para calcular la Compliancia Acústica ( $C_a$ ) se considera el volumen de cada resonador, por esta razón la distribución de orificios en el panel debe ser homogénea, entonces:

$$C_A = \frac{V_i}{\rho_0 C^2} \frac{m^5}{N} \quad (2.35)$$

$$V_i = \frac{V}{Q_t} \quad (2.36)$$

Donde:

$Q_t \rightarrow$  Número total de perforaciones.

$Q_t \rightarrow$  q(horizontales) \* q (verticales).

Q(horizontales) = X/x  $\rightarrow$  Número de perforaciones horizontales.

Q(Verticales) = Y/y  $\rightarrow$  Número de perforaciones verticales.

- El panel debe estar acoplado herméticamente al muro ya que de otra forma el aire escaparía y se perderían las propiedades de la Compliancia Acústica.
- Se mantienen las mismas restricciones que se usan para el resonador de Helmholtz a las dimensiones de este panel.
- La frecuencia de resonancia  $f_0$  y la Absorción Máxima ( $A_{máx}$ ) vienen dadas por:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{M_a * C_a}} Hz \quad (2.37)$$

$$A_{máx} = \frac{\lambda^2}{4\pi} Q_t \quad (2.38)$$

El número de perforaciones  $Q_t$  siempre es un número entero, y el volumen de cada uno de los resonadores debe ser un paralelepípedo.

### 2.1.3.2.4 Resonador a Base de Listones.

Este resonador está hecho con listones de madera sobre un soporte ubicado a cierta distancia del muro y separados por unas ranuras (razón por la cual también se llama resonador ranurado).

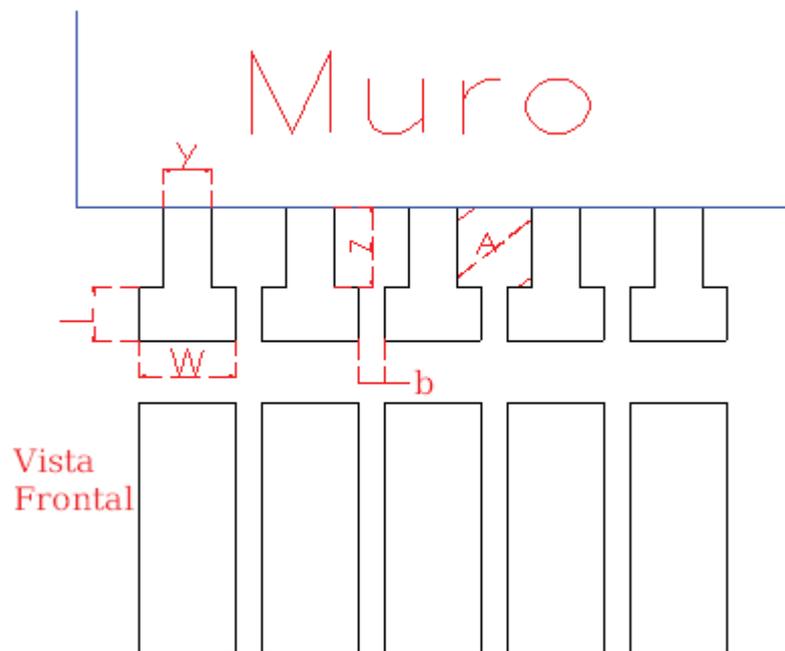


Figura 2.9. Resonador a base de listones.

Donde:

- b → Ancho de la ranura en metros (m).
- L → Espesor del listón (m).
- A → Área transversal detrás de la ranura (m<sup>2</sup>).
- Y → Ancho del listón de apoyo (m).
- W → Ancho del listón principal (m).

La base teórica para la deducción de la Frecuencia de Resonancia ( $f_0$ ) es bastante compleja ya que la ranura constituye un tubo abierto para el flujo de aire donde se cumple que una de sus dimensiones es mucho mayor que la longitud de onda del frente de ondas incidente. La ecuación deducida por Pedersen para el cálculo de  $f_0$  es:

$$F_0 = \frac{c}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{HA}} Hz \quad (2.39)$$

$$F_0 = \frac{1}{b} + \left(\frac{2}{\pi}\right) \ln\left(\frac{\lambda}{b\pi}\right) + 0.7 \quad (2.40)$$

Como se aprecia, la ecuación para el cálculo de  $H$  y por consiguiente de  $f_0$ , depende de la longitud de onda y por tanto es necesario realizar un proceso iterativo de ajuste que consiste en suponer una frecuencia inicial y con ella calcular la frecuencia de resonancia del dispositivo, hasta que la diferencia obtenida entre las frecuencias en dos cálculos consecutivos no supere los 2 Hz.

#### **2.1.4 Reflexión, Difusión.**

Las superficies duras y rígidas, como las de concreto, yeso, piedra, etc, son aptas para reflejar un gran porcentaje del sonido incidente, si las superficies presentan irregularidades, el sonido no se refleja siempre de forma en que se generen reflexiones en un solo sentido, desde este punto de vista se dividen las reflexiones en:

- Reflexiones regulares.
- Reflexiones difusas.

Para estudiar la forma como un sonido se refleja en una superficie irregular, se debe comparar la longitud de onda del sonido incidente con las dimensiones (largo, ancho y profundidad) de las irregularidades.

##### **2.1.4.1 Reflexiones regulares.**

Si las irregularidades de una superficie son mucho menores que la longitud de onda, entonces la superficie reflectante se puede considerar como lisa, y por lo tanto, la reflexión es regular. Si la longitud de onda es mucho menor que las asperezas de la superficie reflectora, se produce una reflexión regular, aunque no como sucede para longitudes de onda mayores (frecuencias más bajas), en donde la superficie total actúa como un solo elemento, sino que ahora cada saliente o entrante constituye un obstáculo independiente al paso del sonido.

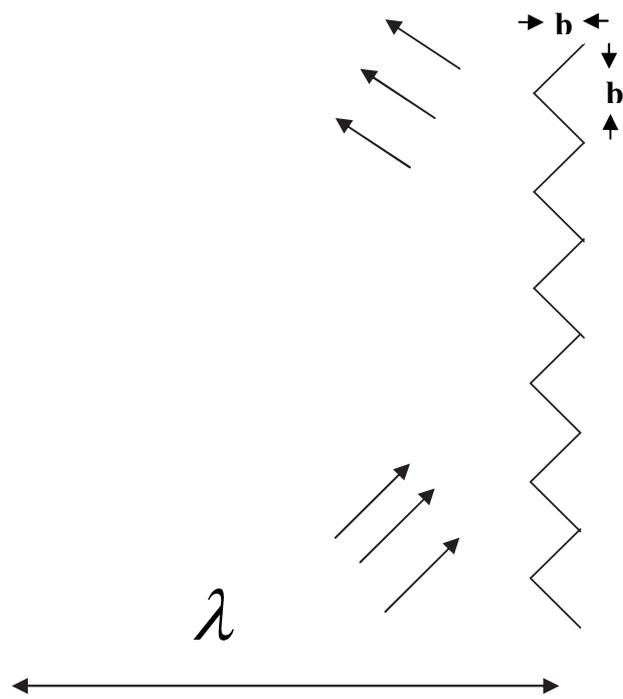


Figura 2.10. Reflexión Regular  $\lambda \ll b$ .

#### 2.1.4.2 Reflexiones difusas.

Si la longitud de onda es aproximadamente igual al tamaño de las asperezas de la superficie, se produce una reflexión difusa.

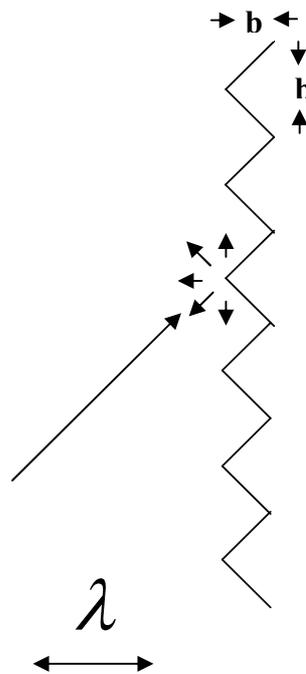


Figura 2.11. Reflexión difusa  $\lambda = b$ .

En un recinto, se dice que el campo sonoro es perfectamente difuso, cuando el sonido se distribuye uniformemente, ya que éste se encuentra viajando con igual probabilidad en todas las direcciones posibles.

Bajo estas condiciones, el nivel de presión sonora del sonido reflejado, es igual en cualquier lugar, a excepción de aquéllos puntos cercanos a la fuente.

La difusión dentro del recinto, puede incrementarse de distintas formas, tales como:

1. La instalación de objetos dentro del recinto, a fin de provocar la dispersión del sonido incidente.
2. La aplicación irregular del material absorbente sobre las paredes perimetrales.
3. La distribución de irregularidades sobre dichas paredes.  
Las irregularidades típicas están formadas por:

- ✓ Difusores policilíndricos de pared.
- ✓ Irregularidades de techo.
- ✓ Difusores de SCHRÖEDER (MLS, QRD, PRD)

## **2.1.5 Difusores**

### **2.1.5.1 Difusores policilíndricos**

Los difusores policilíndricos consisten en un conjunto de superficies lisas de forma convexa dispuestas secuencialmente y con un radio de curvatura inferior, aproximadamente a 5m.

Habitualmente, el material empleado para su construcción suele ser madera.

Se utilizan en recintos donde se requiere una gran cantidad de reflexiones útiles hacia el público, debido a que esto ayuda a aumentar la inteligibilidad de la palabra.

Este difusor no rompe el frente de ondas, es decir, distribuye el sonido en forma de reflexiones regulares. Constituye un caso particular de difusor.

### **2.1.5.2 Difusores Geométricos**

Consisten en secuencias homogéneas, similares al policilíndrico, se utilizan distintas figuras geométricas (Pirámides, paralelepípedos, etc.). Su rango de difusión óptima es de alrededor de un tercio de octava, por lo que su uso se recomienda principalmente para estudios de grabación.

### 2.1.5.3 Difusores de Schröder

A parte de las superficies irregulares y de los difusores policilíndricos, existen una serie de elementos que habitualmente se colocan por delante de las superficies límite de la sala (paredes y techo) y que están específicamente diseñados para actuar como superficies difusoras del sonido, en un margen de frecuencias determinado. Todos ellos tienen su origen en la denominada teoría de los números, desarrollada por el prestigioso investigador alemán Manfred R. Schröder se denominan genéricamente RPG (*“Reflection Phase Grating”*).

Los tipos de difusores RPG más relevantes son los siguientes:

- Difusores MLS
- Difusores QRD
- Difusores PRD

Seguidamente se describe cada tipo de difusor por separado.

#### 2.1.5.3.1 Difusores MLS

Los difusores MLS (*“Maximum Length Sequence”*) están basados en unas secuencias pseudo aleatorias periódicas, denominadas de longitud máxima o de Galois, que sólo pueden adquirir dos valores diferentes: (-1) y (+1).

El elemento difusor consiste en una superficie dentada. Se crea partiendo de una superficie lisa y reflectante, subdividiéndola en tramos de igual anchura y creando la misma ranura de igual profundidad. A cada tramo se le asigna un valor de la secuencia pseudo aleatoria de acuerdo con el siguiente procedimiento (el proceso inverso es igualmente correcto):

- Si el valor es -1, el correspondiente tramo de la superficie queda inalterado.
- Si el valor es + 1, se crea una ranura en el espacio ocupado por el correspondiente tramo.

La anchura  $W$  de cada tramo y la profundidad “ $d$ ” de cada ranura vienen dadas por:

$$w = \frac{\lambda}{2} \text{ [m]} \quad (2.41)$$

$$d = \frac{\lambda}{4} \text{ [m]} \quad (2.42)$$

Donde  $\lambda$  es la longitud de onda correspondiente a la frecuencia de diseño del difusor.

El rango de difusión para un difusor MLS es de una octava, por lo que la difusión para las frecuencias fuera de este rango será como el de una pared lisa y reflectante, es decir nulo.

Este tipo de difusores presenta una menor absorción a bajas frecuencias que los difusores QRD y PRD. Ello significa que, en salas de conciertos se pueden utilizar en un porcentaje mayor de superficie sin que ello suponga una disminución excesiva en el tiempo de reverberación a dichas frecuencias.

En la práctica los difusores MLS son poco utilizados.

### 2.1.5.3.2 Difusores QRD

Existen dos tipos de difusores de residuos cuadráticos QRD (“*Quadratic-Residue Diffusor*”): los unidimensionales y los bidimensionales. A continuación se expone cada uno de ellos por separado:

#### 2.1.5.3.2.1 Difusores Unidimensionales QRD:

Los difusores unidimensionales QRD son los más utilizados a nivel práctico, tanto en salas de conciertos como en estudios de grabación. Consisten en una serie de ranuras paralelas de forma irregular, de igual anchura y de diferente profundidad. Generalmente, dichas ranuras están separadas por unos divisores delgados y rígidos.

La profundidad de cada ranura se obtiene a partir de una secuencia matemática prefijada dando lugar a estructuras repetitivas (periódicas) que producen, en un determinado margen de frecuencias una dispersión o difusión del sonido incidente en planos perpendiculares a dichas ranuras.

Procedimiento de diseño:

1.- Secuencia Generadora:

$$S_n = n^2 \bmod p \quad (2.43)$$

Donde:

$p \rightarrow$  Número primo (3,7,11,...)

$n \rightarrow$  Número entero que va desde 0 hasta  $(p-1)$ .

Mod  $\rightarrow$  Operación matemática “módulo”, indicativa de que cada valor de  $S_n$  se obtiene como el resto o residuo del cociente entre  $n^2$  y  $p$  (de ahí el nombre de difusor de residuos cuadráticos).

La secuencia resultante es periódica, simétrica en el centro y de periodo p.

## 2.- Frecuencia máxima de difusión

El rango de difusión para este caso es de aproximadamente 3 octavas fuera de lo cual se comporta como una superficie plana.

$$f_{\text{máx}} = 2^3 f_0 \text{ (Hz)}. \quad (2.44)$$

## 3.- Ancho de la ranura:

$$W = \frac{C}{2f_{\text{max}}} - T \text{ (m)}. \quad (2.45)$$

Donde:

c → Velocidad del Sonido [m/s].

T → Ancho del divisor (entre el 10% y 15% de w) [m].

El valor de T debe ser lo mas pequeño posible para no alterar las características reflectantes del difusor. El objetivo del divisor es obligar al frente de onda a recorrer la totalidad de la profundidad de la ranura.

Los divisores se fabrican habitualmente de madera y aluminio.

El rango de frecuencias de diseño óptimo para difusores QRD varía entre 700 Hz y 3 Khz.

## 4.- Profundidad de las ranuras:

$$dsn = \frac{SnC}{2pf_0} \text{ (m)} \quad (2.46)$$

Donde:

P → Número primo (3,7,11,...)

C → Velocidad del Sonido.

Sn → Elemento de la secuencia generadora (Número entero positivo).

F0 → Frecuencia de diseño (Hz)

Observaciones:

- 1) Para lograr la asignación máxima de alturas, a Sn máximo le corresponde la mayor profundidad y al Sn mínimo le corresponde la altura máxima.
- 2) La secuencia generadora del QRD es simétrica respecto al centro.
- 3) Los números primos "óptimos para el diseño" varían entre 13 y 47.

5.- Ancho Total para una secuencia.

$$Wt = w * p \quad \text{Sin divisores.} \quad (2.47)$$

$$Wt = (w + T) * p \quad \text{Con divisores} \quad (2.48)$$

### 2.1.5.3.2 Difusores Bidimensionales QRD:

Los difusores bidimensionales QRD aparecen como una generalización de los unidimensionales con el objetivo de obtener una óptima difusión del sonido incidente en todas las direcciones del espacio.

En este tipo de difusores, las ranuras son sustituidas por pozos dispuestos en paralelo de profundidad variable y su forma habitualmente es un paralelepípedo.

Las expresiones a utilizar en el diseño de los difusores bidimensionales son iguales que las correspondientes a los difusores unidimensionales, con la única diferencia que la secuencia adimensional de profundidades de los pozos se obtiene a partir de la siguiente expresión generadora:

$$Sm, n = (m^2 + n^2) \text{ mod } p \quad (2.49)$$

Donde:

- p → Número primo (3,7,11,...).  
 m, n → Son números enteros que van desde 0 hasta (p-1).

La profundidad real de las ranuras se obtiene multiplicando los valores de la secuencia adimensional por el mismo factor que en el caso de los difusores unidimensionales.

En la práctica los difusores QRD bidimensionales son relativamente poco utilizados.

### 2.1.5.3.3 Difusores PRD

Los difusores de raíces primitivas PRD son análogos a los difusores unidimensionales QRD, con la única diferencia de que la profundidad de cada ranura se obtiene a partir de una secuencia generadora distinta. Dicha secuencia se obtiene a partir de la siguiente expresión generadora.

$$Sn = g^n \text{ mod } p \quad (2.50)$$

Donde:

- p → número primo (3,7,11,...).  
 g → raíz primitiva de p.  
 n → número entero que va desde 1 hasta (p-1).

Para que  $g$  sea una raíz primitiva de  $p$ , es preciso que el número de residuos distintos generados a través de la operación matemática anterior sea igual a  $(p-1)$ .

Se los utiliza como canceladores de ecos debido a que no producen difusión especular.

## 2.2 Criterios de Software.

### 2.2.1 Visual Basic .Net.



#### 2.2.1.1 Definición

Visual Basic .NET es un lenguaje orientado a objetos y eventos.

Es una mejora a Visual Basic formando parte de Visual Studio y compartiendo el entorno de desarrollo con Microsoft Visual C++ .NET, Microsoft Visual C# .NET, etc.

#### 2.2.1.2 Lenguaje orientado a objetos:

La programación orientada a objetos se define como toda una innovadora estructura para el desarrollo de software, en la cual se crean nuevos elementos u “objetos”, los cuales tienen propiedades, dentro de las que se pueden programar procedimientos o funciones que devolverán un resultado o simplemente podrán operar con las variables que se hayan definido dentro de la clase.

Una clase es un archivo en el cual se encuentran declaradas las variables, propiedades, funciones del objeto.

#### 2.2.1.3 Lenguaje orientado a eventos:

Visual Basic .NET soporta la Programación Orientada a Eventos en la cual las aplicaciones reconocen y responden a eventos.

- **Evento**

Un Evento es una acción o acontecimiento reconocido por algunos objetos para los cuales es necesario escribir el código para responder a dicho evento. Los eventos pueden ocurrir como resultado de una acción del usuario (*onClick*), por invocación a través de código o disparados por el sistema (*Timer Tick Event*).

- **Manejador de Eventos**

Un Manejador de Eventos contiene código que responde a eventos particulares. Un desarrollador diseña cuidadosamente sus aplicaciones determinando los controles disponibles para el usuario y los eventos apropiados asociados a estos controles, entonces, el desarrollador escribe el código para integrar los eventos consistentes con el diseño de la aplicación.

### **Procedimientos**

Un procedimiento es un conjunto de sentencias que realizan una acción lógica. Existen tres tipos de procedimientos en Visual Basic .NET:

1. *Event procedures/Event handler*, procedimiento que contiene código que es ejecutado en respuesta a un evento. Cuando el evento es disparado el código dentro del manejador de eventos es ejecutado.

Visual Basic .NET para los manejadores de eventos utiliza una convención estándar la cual combina el nombre del objeto seguido de un guión bajo y el nombre del evento.

```
Private|Public Sub objeto_Evento(parámetros) handles Objeto.Evento
    sentencias
End Sub
```

Cada manejador de eventos provee dos parámetros, el primer parámetro llamado *sender* entrega una referencia al objeto que dispara el evento, el segundo parámetro es un objeto cuyo tipo de dato depende del evento que es manejado. Ambos parámetros son pasados por valor.

Si un parámetro es declarado por referencia *ByRef* el parámetro apunta al argumento actual. Por defecto los argumentos se pasan por valor *ByVal* el parámetro es una copia local del argumento.

2. *Sub procedures*, contiene código que el desarrollador crea para realizar una acción lógica.

3. *Function procedures*, contiene código que el desarrollador crea para realizar una acción lógica y regresa un valor. El valor que una función envía de regreso al programa que lo invoco es llamado valor de regreso. Para regresar un valor se utiliza la sentencia *Return*.

### **Ámbito de las variables**

Cuando es declarada una variable, también se define su ámbito. El ámbito de una variable es la región de código en la cual la variable se referencia directamente. Existen dos tipos de ámbitos de las variables:

1. Local, es una variable declarada dentro de un procedimiento y se anula cuando el procedimiento termina de ejecutarse.
2. Modular, es una variable declarada a nivel módulo fuera de cualquier procedimiento y son declaradas en la parte superior del Editor de Código arriba del primer procedimiento, este espacio es llamado Sección de Declaraciones Generales (*General Declaration Section*).

### 2.2.1.4 Entorno de Desarrollo

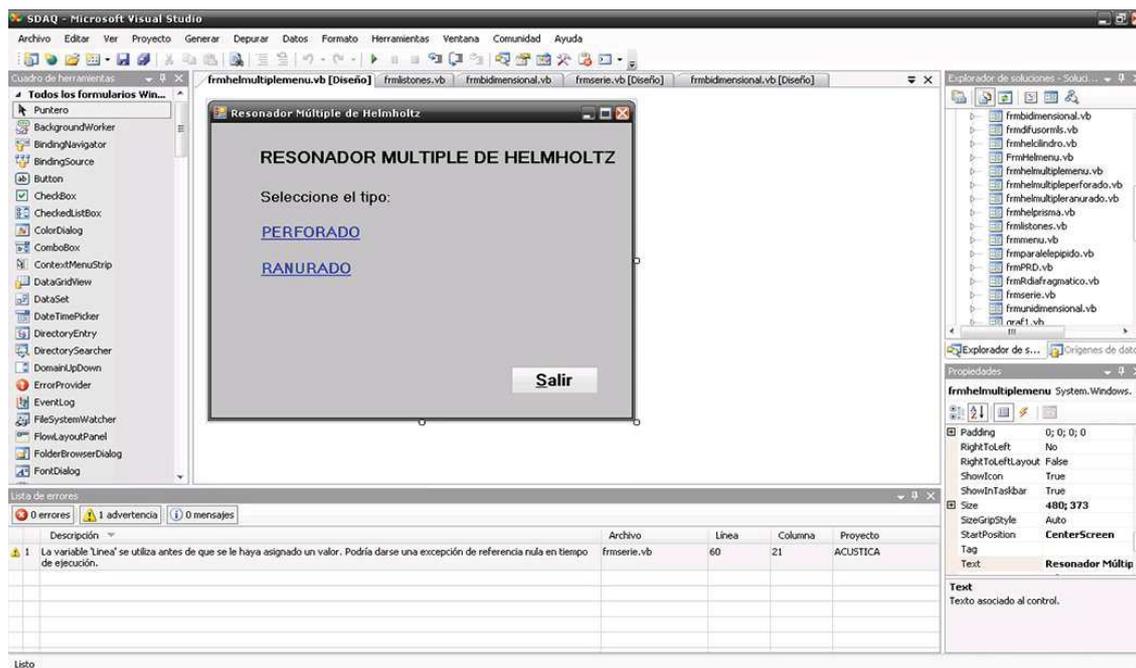


Figura 2.12. Entorno de desarrollo de Visual Basic 2005.

El Entorno de Desarrollo recibe el nombre de Entorno de Desarrollo de Microsoft Visual Studio .NET. Este entorno contiene todas las herramientas necesarias para construir programas para Microsoft Windows.

El Entorno de Desarrollo contiene múltiples ventanas y múltiples funcionalidades y es por consecuencia llamado un entorno de desarrollo integrado (*integrated development environment "IDE"*).

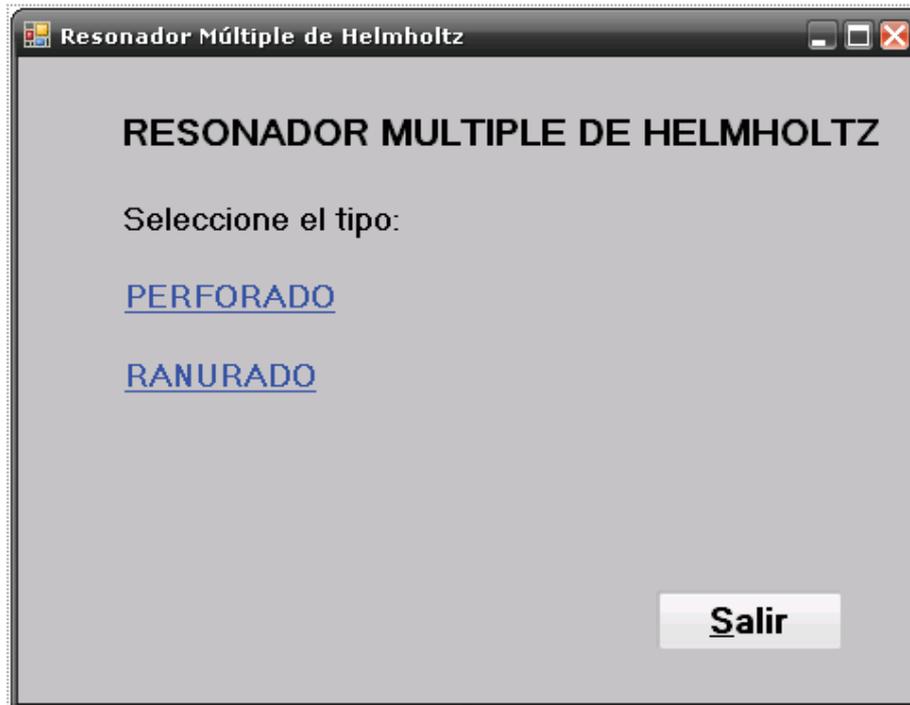


Figura 2.13. Ventana central del entorno de desarrollo.

La ventana central es la ventana de diseño (*Designer Window*), la cual contiene el formulario a desarrollar.

La caja de herramientas (*ToolBox*) se localiza de lado izquierdo. En el extremo derecho se tiene la ventana de explorador de soluciones (*Solution Explorer*). Para agregar una herramienta a la ventana de diseño basta con escogerlo con el Mouse y arrastrarlo hacia la ventana de diseño. Para programar un evento en la herramienta agregada, basta con hacer doble clic sobre la misma.

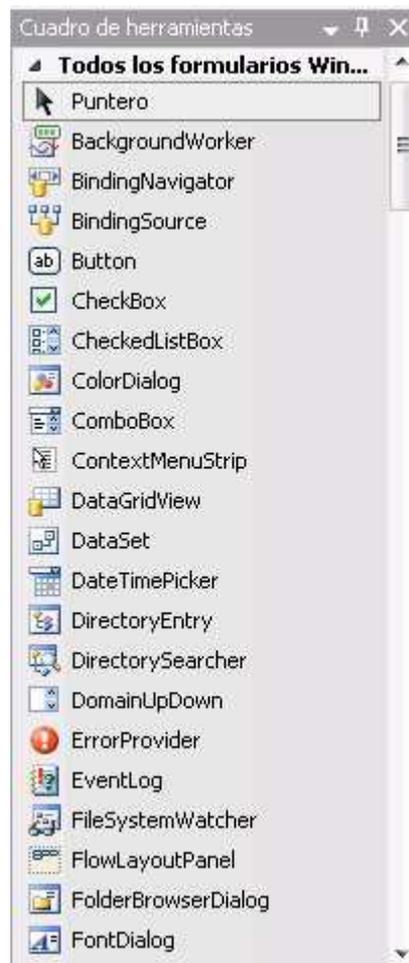


Figura 2.14. Caja de herramientas Visual Basic .Net 2005.

La ventana de propiedades (*Properties window*) contiene tres partes:

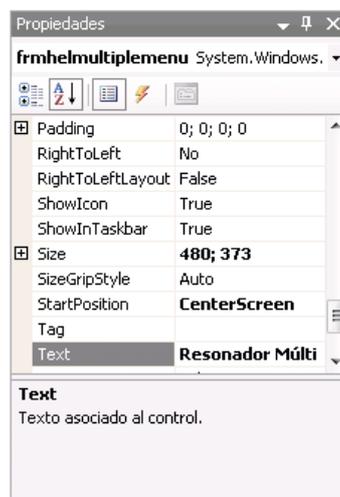


Figura 2.15. Ventana de propiedades Visual Basic .Net 2005.

1. La parte superior muestra el nombre y la clase del objeto seleccionado.



Figura 2.16. Ventana de propiedades parte superior.

2. La parte media contiene la lista de propiedades del objeto seleccionado, El lado derecho contiene un conjunto de cajas para ver y editar el valor de la propiedad seleccionada.

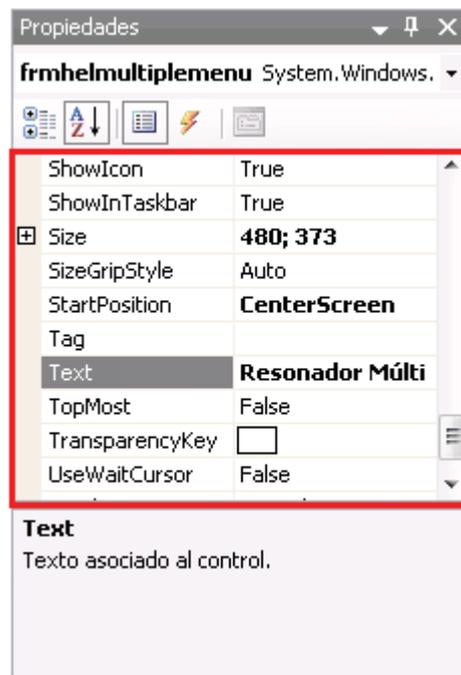


Figura 2.17. Ventana de propiedades parte media Visual.

3. La parte inferior es un cuadro descriptivo que proporciona una breve descripción de la propiedad seleccionada.

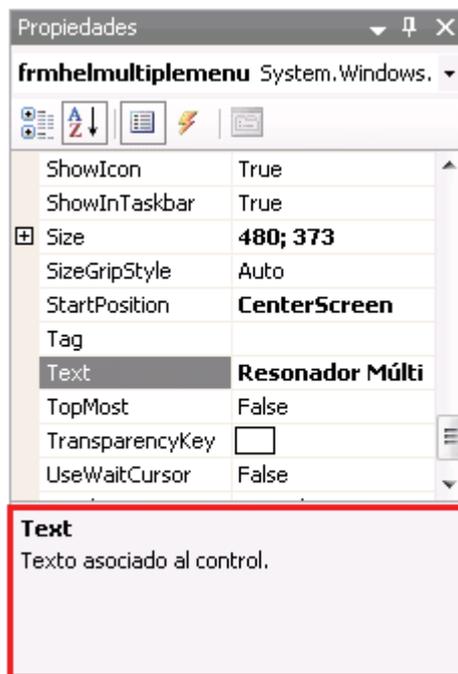


Figura 2.18. Ventana de propiedades parte inferior.

En Visual Basic .NET existen dos archivos:

1. Un archivo de proyecto .vbproj, el cual contiene información específica para una determinada tarea de programación.
2. Un archivo de solución .sln, el cual contiene información relacionada con uno o más proyectos. Este tipo de archivo puede administrar varios proyectos relacionados entre sí y son similares a los archivos de grupos de proyecto (.vbg) en Visual Basic 6

Si la solución tiene un único proyecto, abrir el archivo de proyecto .vbproj o el archivo de solución .sln tiene el mismo resultado, pero si la solución es multiproyecto entonces deberá abrir el archivo de solución.

Los formularios en Visual Basic .NET tienen la extensión .vb. Se mostrarán a manera de pestañas la página de inicio, la vista de diseño y el código del formulario.

### 2.2.1.5 .NET Framework

Visual Studio .NET tiene una nueva herramienta que comparte con Visual Basic, Visual C++, Visual C#. Llamada .NET Framework que además es una interfaz subyacente que forma parte del propio sistema operativo Windows.

La estructura de .NET Framework es por Clases. mismas que pueden incorporar a sus proyectos a través de la instrucción *Imports*, por ejemplo una de sus Clases es System.Math la cual soporta los siguientes métodos

Método	Descripción
Abs(n)	Calcula el valor absoluto de n
Atan(n)	Calcula el arco tangente de n en radianes
Cos(n)	Calcula el coseno del ángulo n expresado en radianes
Exp(n)	Calcula el constante de e elevada a n
Sign(n)	Regresa -1 si n es menor que cero, 0 si n es cero y +1 si n es mayor a cero
Sin(n)	Calcula el seno del ángulo n expresado en radianes
Sqr(n)	Calcula la raíz cuadrada de n.
Tan(n)	Calcula la tangente del ángulo n expresado en radianes

La biblioteca de clases .NET es una biblioteca de clases incluida en el Microsoft .NET Framework y está diseñada para ser la base sobre las cuales las aplicaciones .NET son construidas.

### 2.2.1.6 Diagramas de Flujo.

Un diagrama de flujo es una forma de representar gráficamente los detalles algorítmicos de un proceso multifactorial es decir dar soluciones a problemas que se pueden resolver en una manera que a veces no es sencilla. Se utiliza principalmente en programación, economía y procesos industriales, pasando también a partir de estas disciplinas a formar parte fundamental de otras, como la psicología cognitiva. Estos diagramas utilizan una serie de símbolos con significados especiales y son la representación gráfica de los pasos de un proceso. En computación, son modelos tecnológicos utilizados para comprender los rudimentos de la programación secuencial

## Símbolos utilizados

Los símbolos que se utilizan para diseño se someten a una normalización, es decir, se hicieron símbolos casi universales, ya que, en un principio cada usuario podría tener sus propios símbolos para representar sus procesos en forma de Diagrama de flujo. Esto trajo como consecuencia que sólo aquel que conocía sus símbolos, los podía interpretar. La simbología utilizada para la elaboración de diagramas de flujo es variable y debe ajustarse a las normas preestablecidas universalmente para dichos símbolos o datos.

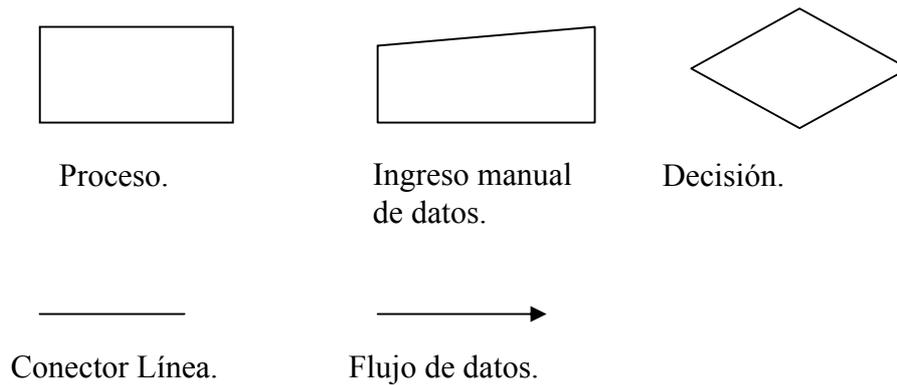


Figura 2.19. Símbolos utilizados.

### 3 Desarrollo del Software.

#### 3.1 Resonadores.

Como se estudió en el capítulo anterior los resonadores tienen un procedimiento matemático para su diseño, a continuación se presentará cómo se realizó la traducción a algoritmos de programación y cómo fueron introducidos en Visual Studio .Net.

#### 3.2 Definición de Variables y Constantes.

Para el caso de los resonadores y difusores se declararon dos módulos de trabajo, que no son más que un empaquetamiento de funciones y variables, las cuales serán llamadas desde los diferentes eventos generados durante la programación. Estos módulos de trabajo llevan los nombres "ModuleUnico.vb", "ModuleDifusor.vb" y puede verse su contenido en el ANEXO 1 (Módulos de trabajo).

##### 3.2.1 Constantes.

A continuación se muestran las constantes declaradas, Se denominan constantes y se declaran de forma global para poder acceder a ellas desde cualquier evento generado a lo largo del proyecto. Esta es una forma de optimizar espacio de memoria dentro del computador durante la utilización del software.

Nombre	Constante	Valor	Dimensión
Velocidad del sonido en el aire	c	344	m/s
Densidad volumétrica del aire	$\rho_0$	1,18	M4/kg
Coeficiente de absorción de un resonador diafragmático	coefabsorcion	0,89	No

Tabla 3.1. Constantes.

##### 3.2.2 Resonador diafragmático.

En el capítulo anterior se definieron los datos que necesitará el software para realizar el diseño del dispositivo, en el cual se presentó el proceso matemático. Se conoce que el usuario debe ingresar la frecuencia de diseño del resonador, así como la absorción total que necesita aportar a la sala a acondicionar. El procedimiento se presenta a continuación:

Para explicar de mejor manera el funcionamiento del algoritmo para el resonador diafragmático se realiza un clic sobre el botón diseñar del formulario presentado a continuación:

Figura 3.1. Formulario Resonador Diafragmático.

Después de visualizar el formulario se puede observar que para cada a texto se le asignará una variable con su correspondiente valor, a continuación una tabla con las variables y su correspondiente nombre y dimensión. Así como también se define si es una variable de entrada de datos por parte del usuario, ó una variable para mostrar resultados.

Texto	Nombre de la variable	Dimensión	Entrada/salida
Frecuencia	F	Hz	Entrada
Absorción Total	At	m <sup>2</sup> Sabine	Entrada
Densidad superficial	M	Kg/m <sup>2</sup>	Salida
Distancia del panel a la pared	D	M	Salida
Superficie Total	St	m <sup>2</sup>	Salida
Número de resonadores			Salida
Bruto	bruto		Salida
Neto	neto		Salida
Desperdicio %	d1	%	Salida
Desperdicio m2	d2	m <sup>2</sup>	Salida

Tabla 3.2. Variables para el resonador diafragmático.

El botón “Diseñar”, generará un evento mostrado en el código 3.1, dentro del cual está programada la siguiente acción mejor explicada en el diagrama de flujo de la figura 3.2.

```

Public Class frmRdiafragmatico
    Private Sub btndisenar_Click(ByVal sender As System.Object,
        ByVal e As System.EventArgs) Handles btndisenar.Click
        Try
            Dim f As Double = Cdbl(txtf.Text)
            If f.ToString = txtf.Text Then
                If (f >= 20 And f <= 500) Then
                    lblrd.Text = CStr(RDiafragmatico1(f),
4) )
                    lblrm.Text = CStr(RDiafragmatico2(f),
4) )

                Else
                    MsgBox("La frecuencia de diseño debe estar
entre 20 y 500 Hz.")
                    txtf.Text = ""
                End If
            Else
                MsgBox("Revise el separador decimal")
                txtf.Text = ""
            End If
        Catch
        End Try
    End Sub

```

Código 3.1 Evento clic botón diseñar del formulario resonador diafragmático.

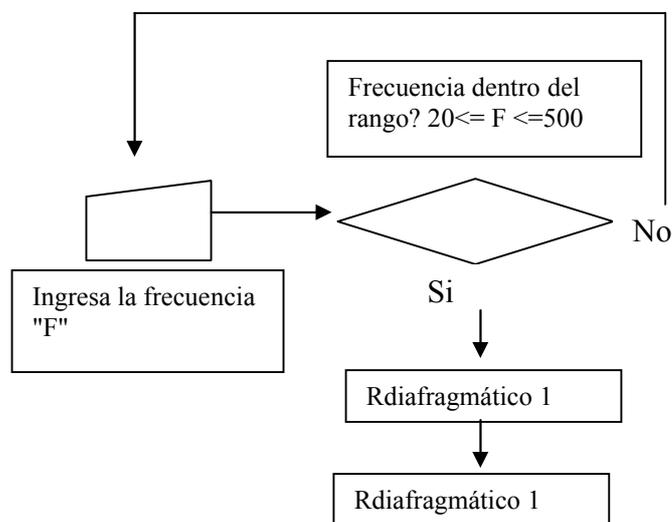


Figura 3.2. Diagrama de Flujo del botón diseñar.

Como se puede ver la primera acción que se realiza es asignar a la variable “F” el valor ingresado por el usuario, después se procede a realizar una validación, la cual está explicada en el capítulo anterior. Se refiere a que estos resonadores son diseñados para frecuencias bajas menores a 500 Hz. Si el valor devuelto de la validación no supera la condición  $20 \leq F \leq 500$ , entonces se solicitará que se ingrese nuevamente un dato de frecuencia.

Suponiendo que la variable ha superado la condición, se llamará a las funciones Rdiafragmático 1 y Rdiafragmático 2.

Función Rdiafragmático1.- Esta función es la encargada de calcular la longitud de onda y el valor para “d”, de acuerdo con el siguiente código.

```
Function Rdiafragmatico1(ByVal f1 As Double) As Double
    lambda = c / f1

    d = lambda / constante1
    Return (d)
End Function
```

Código 3.2 Función Rdiafragmatico1.

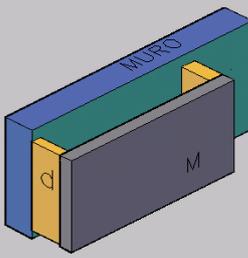
Como se puede visualizar el software para el cálculo del valor “d” realiza una división entre la longitud de onda de la frecuencia de diseño y un valor constante1, el valor constante1 está declarado en el “modulounico.vb” está asignado un valor específico, Constante1= 16 es decir mediante esta programación el usuario siempre obtendrá un valor para “d” óptimo, esta opción no es personalizable, es decir el usuario no podrá variar el valor de 16 para obtener “d” (distancia del panel al muro).

Función Rdiafragmático2.- Esta función está encargada de calcular el valor de “m” para de acuerdo con el siguiente código:

```
Function RDiafragmatico2(ByVal f1 As Double) As Double
    m = (600 * 600) / (f1 * f1 * d)
    Return (m)
End Function
```

Código 3.3 Función Rdiafragmatico2.

Se calcula m mediante la fórmula (2.22) (resonador diagramático capítulo 2), y se procede retornar su valor al evento generado al presionar el botón diseñar. Una vez retornados los valores, se presentarán los datos obtenidos al usuario. A continuación se muestra un ejemplo de los datos mostrados para una frecuencia de diseño de 500 Hz:



Superficie Total:  m<sup>2</sup>

Número de Resonadores:

Bruto:

Neto:

Desperdicio:  %

Desperdicio:  m<sup>2</sup>

El peso por defecto es de 0,9 Kg.

Frecuencia:  Hz.

Absorción Total:  m<sup>2</sup> Sabine

Masa por unidad de superficie M:  Kg/m<sup>2</sup>

Distancia del panel a la pared d:  m

Figura 3.3. Datos obtenidos a una F<sub>0</sub> de 500 Hz.

Ahora se revisará el algoritmo para calcular el número de resonadores a utilizar para conseguir una absorción total proporcionada por el usuario.

El procedimiento de cálculo para el número de resonadores, se basa en encontrar la superficie de la cara frontal del resonador. Una vez hallada esta superficie, se dividirá la superficie total a cubrir, para el valor de superficie de un resonador.

Una vez mostrados los datos de masa por unidad de superficie y distancia del panel a la pared, se ingresa una absorción total, después al presionar el botón calcular se genera un evento clic sobre el botón programado con el siguiente código:

```

Private Sub btncalcular_Click(ByVal sender As System.Object,
ByVal e As System.EventArgs) Handles btncalcular.Click
    Try
        Dim a As Double = CDb1(txtatotal.Text)
        If txtp.Text = "" Then
            peso = 0.9
        Else
            peso = CDb1(txtp.Text)
        End If
        If a.ToString = txtatotal.Text Then
            lbl1.Show()
            lbl2.Show()
            txtsuperficie.Text=CStr(RDiafragmatico3(a), 4)
            txtbruto.Text = CStr(RDiafragmatico4(peso), 4)
            tneto.Text = CStr(RDiafragmatico5(), 4)
            txtdesperdicio1.Text = CStr(RDiafragmatico6(), 4)
            txtdesperdicio2.Text = CStr(RDiafragmatico7(), 4)
        Else
            MsgBox("Revise el separador decimal")
            txtatotal.Text = ""
        End If
    Catch
    End Try
End Sub

```

Código 3.4. Evento clic botón calcular del formulario Resonador Diafragmático.

Se explica el código con el siguiente diagrama de flujo:

Ingreso de la absorción total "At"

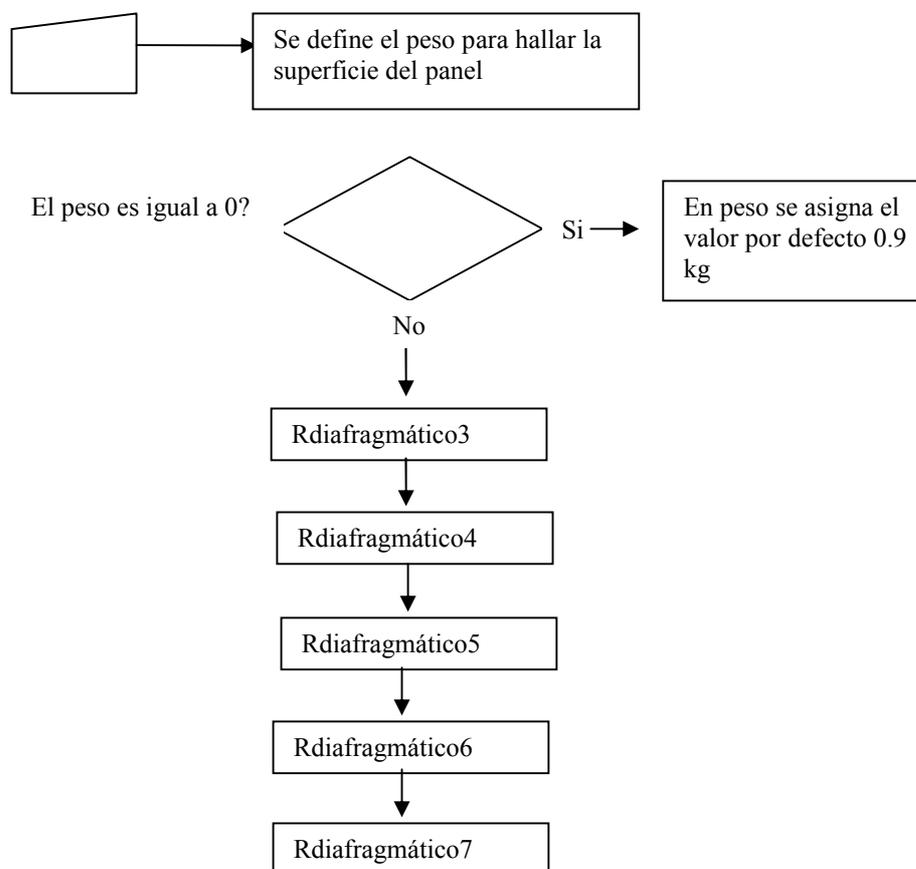


Figura 3.4. Diagrama de flujo para el evento clic del botón calcular.

Como se puede ver en el código y en el diagrama, al ingresar un valor de absorción total se procede a llamar a las funciones Rdiafragmático 3, 4, 5, 6 y 7. Estas funciones están definidas a continuación.

Función Rdiafragmático3.- Esta función está encargada de devolver el valor de la superficie total, el código se muestra a continuación.

```

Function RDiafragmatico3(ByVal at As Double) As Double
    st = at / coefabsorcion
    Return (st)
End Function
  
```

Código 3.5. Función Rdiafragmático3.

La constante "coefabsorcion" contiene un valor por defecto de 0,89 y como fue explicado en el capítulo anterior, retorna la superficie total a cubrir de resonadores.

Función Rdiafragmático4.- Esta función está encargada de devolver el número de resonadores bruto, es decir con decimales, a continuación se muestra su código:

```
Function RDiafragmatico4(ByVal pp As Double) As Double
    sr = pp / m
    nr1 = st / sr
    Return (nr1)
End Function
```

Código 3.6. Función Rdiafragmático4.

En “sr” (superficie de un resonador diafragmático), se almacena la división entre el peso y la masa por unidad de superficie, siguiente se divide la superficie total a cubrir, para hallar el número de resonadores con decimales.

Función Rdiafragmático5.- Esta función posee un código encargado de quitarle los decimales al número de resonadores e incrementar su valor al inmediato superior, esto debido a que no se puede diseñar un número decimal de resonadores, su código a continuación:

```
Function RDiafragmatico5() As Double
    nr2 = Round(nr1)
    If (nr2 > nr1) Then
        Return (nr2)
    Else
        Return (nr2 + 1)
    End If
End Function
```

Código 3.7. Función Rdiafragmático5.

Función Rdiafragmático6 y 7.- Estas funciones se encargan de calcular el desperdicio, es decir multiplican la parte decimal del número de resonadores para así hallar el desperdicio.

```
Function RDiafragmatico6() As Double
    desper1 = (nr2 - nr1) * 100
    Return (desper1)
End Function
```

Código 3.8. Función Rdiafragmático6.

```
Function RDiafragmatico7() As Double
    desper2 = desper1 * sr
    Return (desper2)
End Function
```

Código 3.9. Función Rdiafragmático7.

A continuación se muestra un ejemplo, del cálculo del número de resonadores y el desperdicio para un resonador cuya  $f_0$  es de 500 Hz, y una absorción total de 500m<sup>2</sup> sabine.

**RESONADOR DIAFRAGMÁTICO**

Superficie Total:  m<sup>2</sup>

**Número de Resonadores:**

Bruto:

Neto:

Desperdicio:  %

Desperdicio:  m<sup>2</sup>

El Coeficiente de absorción de este tipo de resonador es de 0,89 en la Fq de diseño.  
El peso por defecto es de 0,9 Kg.

Frecuencia:  Hz.

Absorción Total:  m<sup>2</sup> Sabine

Masa por unidad de superficie M:  Kg/m<sup>2</sup>

Distancia del panel a la pared d:  cm

Figura 3.5. Presentación de resultados para una  $f_0$  de 500Hz y 50m<sup>2</sup> sabine de absorción total.

### 3.2.3 Resonador Simple de Helmholtz.

Se definen dos valores de ingreso por parte del usuario. Como se revisó en el capítulo anterior apartado 2.1.3.2.2, para el resonador simple de Helmholtz existe un proceso matemático el cual guía en el diseño de estos resonadores. Siendo estos resonadores más complejos y de mayor uso práctico, se agregó una nueva funcionalidad: la posibilidad de realizar un diseño automático, o realizar un diseño manual por parte del usuario. Como se conoce el volumen del resonador puede tomar cualquier forma geométrica. Para una optimización del software, se permitió crear tres tipos de formas geométricas, las más utilizadas en este tipo de resonadores. Se crearon tres formularios: el formulario Prisma, Paralelepípedo y cilindro. Se creó un menú para acceder a cada uno de los resonadores que comparten una misma programación en sus eventos.

Para este dispositivo fue necesario declarar las siguientes variables de entrada y de salida representadas en la siguiente tabla.

Texto	Nombre de la variable	Dimensión	Entrada/salida
Radio del cuello a	a	m	Entrada
Largo del cuello l	l	m	Entrada
Frecuencia	F	Hz	Entrada
Absorción total	At	m <sup>2</sup> Sabine	Entrada
Superficie Total	St	m <sup>2</sup>	Salida
Número de resonadores			Salida
Bruto	bruto		Salida
Neto	neto		Salida
Desperdicio %	d1	%	Salida
Desperdicio m <sup>2</sup>	d2	m <sup>2</sup>	Salida

Tabla 3.3. Variables para el Resonador Simple de Helmholtz.

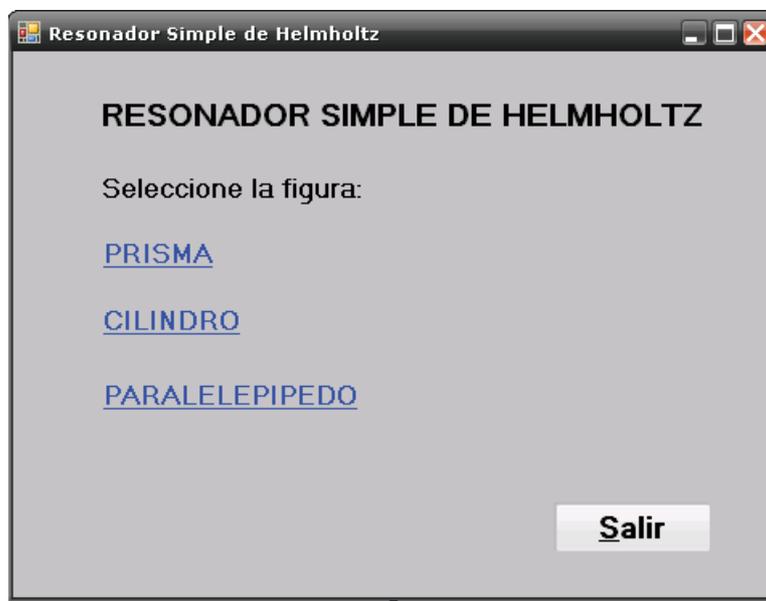
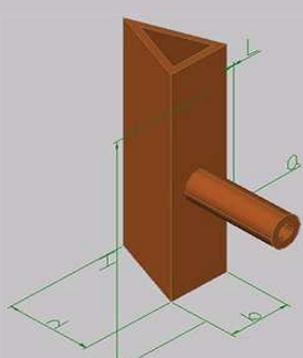


Figura 3.6. Formulario menú para el Resonador de Helmholtz.

Para facilitar el estudio del algoritmo empleado, se explica el funcionamiento del resonador con un volumen en forma de prisma, el cual es análogo para las dos formas restantes.

Resonador Simple de Helmholtz

### PRISMA



a: m  
 l: m  
 v: m<sup>3</sup>  
 H: m  
 h: m  
 b: m

Absorción Máxima:  m<sup>2</sup> sabine  
 Número de Resonadores:  
 Bruto:   
 Neto:   
 Desperdicio:  %  
 Desperdicio:  m<sup>2</sup>

Ingreso de Datos

Radio del Cuello a:  m  
 Largo del Cuello l:  m  
 Frecuencia:  Hz  
 Absorción Total:  m<sup>2</sup> sabine

Figura 3.7. Formulario Resonador Simple de Helmholtz con forma de prisma.

Al hacer clic sobre el botón diseño manual, se creará un evento definido en el siguiente código:

```

Private Sub btndisenar2_Click(ByVal sender As System.Object,
ByVal e As System.EventArgs) Handles btndisenar2.Click
    Try
        Dim f As Double = CDb1(txtf.Text)
        Dim a2 As Double = CDb1(txta.Text)
        Dim l2 As Double = CDb1(txtl.Text)
        If ((f.ToString = txtf.Text) And (a2.ToString =
txta.Text) And (l2.ToString = txtl.Text)) Then
            If (f >= 20 And f <= 500) Then
                RHelmholtz1(f)
                If (l2 <= (lamda / 16) And l2 > 0) Then
                    If (a2 <= (0.029 * lamda) And a2 >=
(0.0027 * raiz_lamda)) Then
                        lblv.Text = CStr(Round(volumen1(f, a2,
12), 6))
                        lblh2.Text = CStr(Round(prisma(), 4))
                        lblh.Text = CStr(Round(prisma1(), 4))
                        lblb.Text = CStr(Round(prisma2(), 4))
                    Else
                        MsgBox("El valor de ""a"" debe ser
mayor que 0.029 por lamda y menor que 0.0027 por la raiz de
lamda.")
                        txta.Text = ""
                    End If
                Else
                    MsgBox("El valor de ""l"" debe ser menor
que lamda/16 y mayor que 0")
                    txtl.Text = ""
                End If
            Else
                MsgBox("La frecuencia de diseño debe estar
entre 20 y 500 Hz")
                txtf.Text = ""
            End If
        Else
            MsgBox("Revise el separador decimal")
            txtf.Text = ""
            txta.Text = ""
            txtl.Text = ""
        End If
    Catch
    End Try
End Sub

```

Código 3.10. Evento Clic para el botón diseño manual del Resonador de Helmholtz

Para explicar de una manera más clara el funcionamiento de este código, se utiliza el siguiente diagrama de flujo:

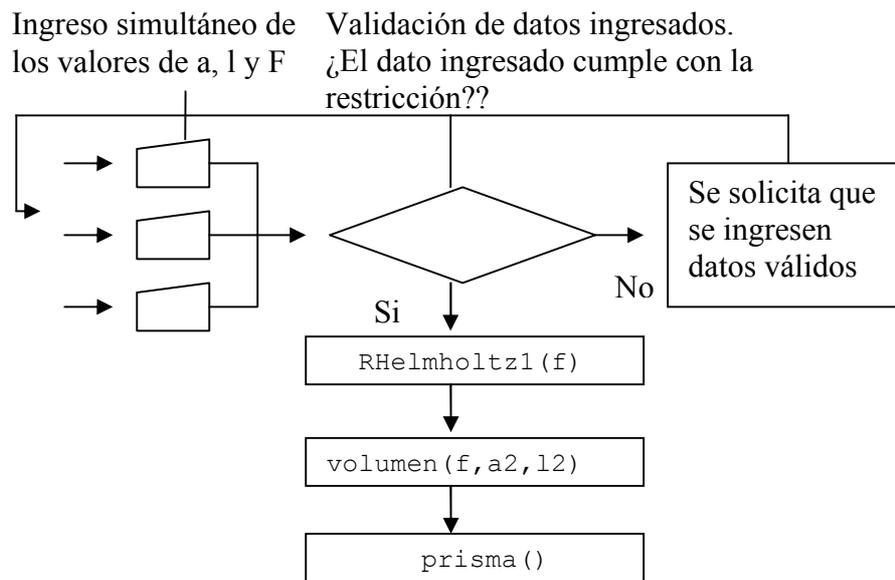


Figura 3.8. Diagrama de flujo para el evento clic en el botón diseño manual.

Después de ingresar los valores de radio del cuello, largo de cuello y frecuencia de diseño, se procede a la siguiente validación:

- La frecuencia de diseño debe ser menor que 500Hz.
- El radio del cuello “a” debe cumplir con la condición  $0.0029 * \lambda \leq a \leq \sqrt{\lambda} * 0.027$ .
- El largo del cuello “L” debe ser menor que  $\lambda/16$ .

Una vez que se han cumplido las restricciones, el evento llamará a las funciones RHelmholtz1, Volumen y Prisma.

Función RHelmholtz1.- Esta función es la encargada de calcular el valor de la longitud de onda, a partir de la frecuencia así como de hallar la raíz cuadrada de la misma.

```

Function RHelmholtz1(ByVal f1 As Double) As Double
    landa = c / f1
    raiz_landa = Sqrt(landa)
    Return (1)
End Function
  
```

Código 3.11. Función RHelmholtz1.

Función Volumen1.- Esta es quizás la función más importante para el resonador simple de Helmholtz, debido a que ella es la encargada de calcular los valores de Masa acústica, compliancia acústica y volumen, de acuerdo con las fórmulas planteadas en el capítulo anterior. Esta fórmula será llamada

independientemente de la forma geométrica del resonador simple de Helmholtz.

```
Function volumen(ByVal f1 As Double, ByVal a1 As Double, ByVal l1
As Double) As Double
    ma = (1.18 * (l1 + (1.7 * a1))) / (a1 * a1 * 3.14)
    ca = 1 / (ma * 4 * PI * PI * f1 * f1)
    v = ro * c * c * ca
    Return (v)
```

Código 3.11. Función Volumen.

Función Prisma.- Una vez obtenido el volumen del resonador de helmholtz, esta función calcula las dimensiones óptimas para el diseño geométrico del prisma.

```
Function prisma() As Double
    h = 1
    b = 1
    h2 = (2 * v) / (b * h)
    Return (h)
End Function
```

Código 3.12. Función Prisma.

De esta manera los valores quedarán dentro de las restricciones mencionadas para que el tiempo de reverberación del resonador sea menor que el tiempo de reverberación del recinto y el dispositivo se comporte como un absorbtor.

Para el caso de las dos formas geométricas restantes, la programación es análoga y la única diferencia que existe es la función que calcula las dimensiones óptimas para el diseño del dispositivo, a continuación mostramos la programación de estas funciones.

Para el caso del cilindro es necesario calcular la altura y el radio de la base, la función encargada de este cálculo es Cilindro2.

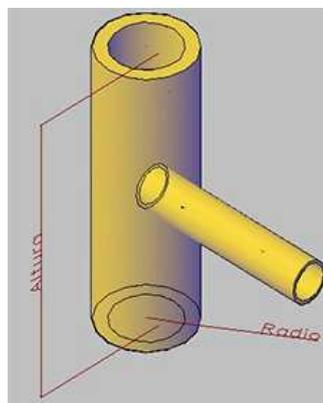


Figura 3.9. Resonador de Helmholtz con forma de cilindro.

```
Function Cilindro2() As Double
    h=l
    r = Sqrt(v / (h * PI))
    Return (r)
End Function
```

Código 3.13. Función Cilindro2.

Si el diseño escogido es un paralelepípedo, se necesitará calcular los valores x, y, z, estos valores definen el ancho, alto y profundidad del resonador respectivamente. La función encargada de esta tarea recibe el nombre de equiz.

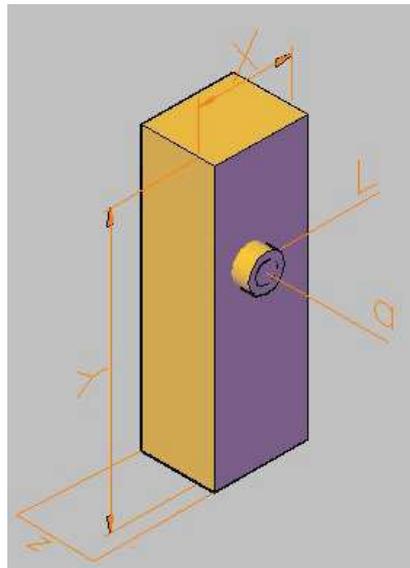


Figura 3.10. Resonador de Helmholtz con forma de paralelepípedo.

```
Function equiz() As Double
    x = l
    y = l
    z = v / (x * y)
    Return (x)
```

Código 3.14. Función equiz.

Por otra parte, si se desea obtener un diseño automático, al dar un clic sobre el botón “Diseño automático” se creará un nuevo evento definido por el siguiente código una vez más referido al caso del resonador en forma de prisma, para luego hacer la analogía con las dos formas geométricas restantes.

```

Private Sub btndisenar_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal
e As System.EventArgs) Handles btndisenar.Click
    try
        Dim f As Double = CDb1(txtf.Text)
        If f.ToString = txtf.Text Then
            If (f >= 20 And f <= 500) Then

                lbl1.Text = CStr(Round(RHelmholtz1(f), 4))
                lbla.Text = CStr(Round(RHelmholtz2(), 4))
                lblv.Text = CStr(Round(volumen(f), 6))
                lblh2.Text = CStr(Round(prisma(), 4))
                lblh.Text = CStr(Round(prisma1(), 4))
                lblb.Text = CStr(Round(prisma2(), 4))

            Else
                MsgBox("La frecuencia de diseño debe estar
entre 20 y 500 Hz.")
                txtf.Text = ""
            End If
        Else
            MsgBox("Revise el separador decimal")
            txtf.Text = ""
        End If
    Catch
    End Try
End Sub

```

Código 3.15. Evento Clic para el botón diseño automático del Resonador de Helmholtz con forma de prisma.

Para explicar de una forma más clara el código del evento, se utiliza el siguiente diagrama de flujo:

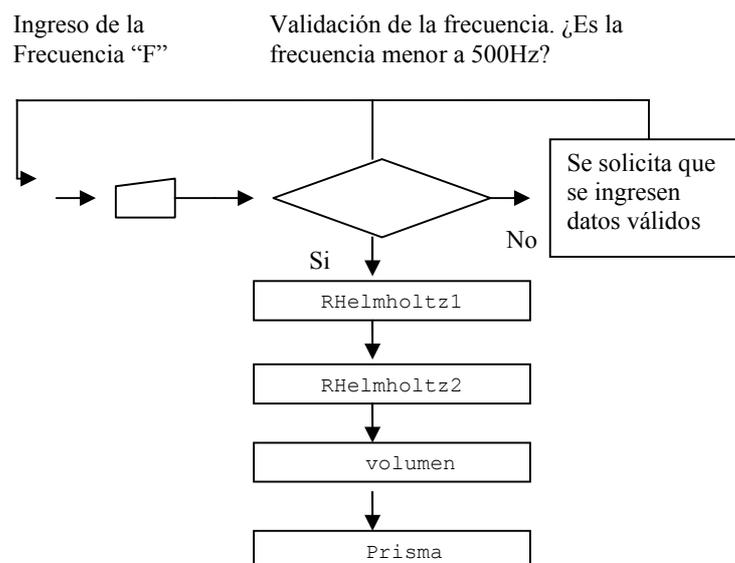


Figura 3.11. Diagrama de flujo del código generado para el evento clic del botón Diseño automático.

Para este caso de diseño, el usuario deberá ingresar un solo dato al software. Este dato que corresponde a la frecuencia de diseño, el primer paso entonces será validarla, es decir que cumpla con la condición de que la frecuencia ingresada sea menor que 500Hz. Una vez cumplida esta validación el evento llamará a las funciones Rhelmholtz1, Rhelmholtz2, volumen y prisma.

Cabe destacar que las funciones Rhelmholtz1, volumen y prisma fueron estudiadas en el caso del evento “diseño manual”. La única variación entonces será la función Rhelmholtz2 que se expone a continuación.

Función Rhelmholtz2.- Esta función está encargada de calcular los valores óptimos para el largo del cuello (L), y el radio del cuello (a).

```
Function Rhelmholtz2() As Double
    l = lambda / constante1
    l = l - 0.005
    a = l / 6
    Return (a)
End Function
```

Código 3.16. Función Rhelmholtz2.

Como se puede ver, para calcular el radio del cuello (a), el software esta programado para dividir el largo del cuello entre 6. Esta deducción fue producto de múltiples diseños en los que una de las dimensiones del resonador era mayor que la longitud de onda sobre 16. Entonces al reducir el tamaño de “a” se obtuvo resultados óptimos en el diseño.

De igual manera el cálculo del número de resonadores es análogo para las diferentes geometrías posibles en este tipo de dispositivo.

Una vez diseñado por cualquiera de los métodos, al hacer clic sobre el botón calcular presente en el formulario se genera un evento sobre el mismo, el cual se define con el siguiente código.

```
Private Sub btn calcular_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal
e As System.EventArgs) Handles btn calcular.Click
    Try
        Dim a As Double = Cdbl(txtatotal.Text)
        If a.ToString = txtatotal.Text Then
            txtsuperficie.Text = CStr(Round(AbsorcionMax(a), 4))
            txtneto.Text = CStr(Round(RDiafragmatico5(), 4))
            txtdesperdicio1.Text = CStr(Round(RDiafragmatico6(), 4))
            txtdesperdicio2.Text = CStr(Round(RDiafragmatico7(), 4))
        Else
            MsgBox("Revise el separador decimal")
            txtatotal.Text = ""
        End If
    Catch
    End Try
End Sub
```

Código 3.17. Evento clic sobre el botón calcular del formulario Resonador Simple de Helmholtz.

Para explicar de mejor manera el código se utiliza el siguiente diagrama de flujo.

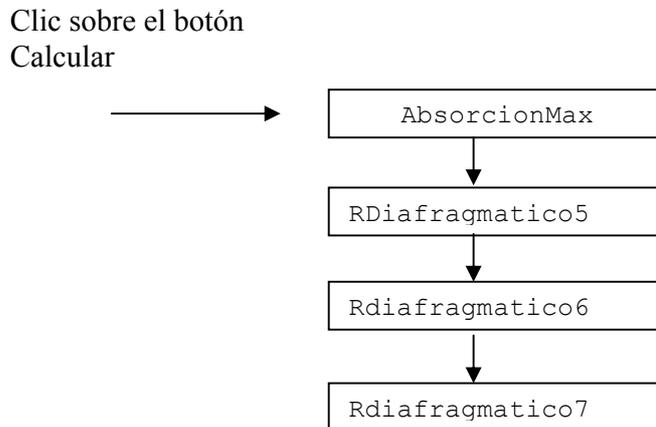


Figura 3.12. Diagrama de flujo del código generado para el evento clic del botón Calcular.

En este caso, al realizar el evento se llama a las cuatro funciones que se describen en el diagrama de flujo, debido a que este resonador posee una fórmula para calcular su absorción, el cálculo para hallar el número de resonadores lleva a un nuevo procedimiento. La función encargada de hallar este valor es AbsorciónMax.

Función AbsorciónMax.- Esta función lleva en su código la fórmula para obtener el valor de absorción proporcionado para un resonador.

```

Function AbsorcionMax(ByVal at As Double) As Double
    amax = (landa * landa) / (4 * PI)
    sr = b * h
    nr1 = at / amax
    Return (amax)
End Function
  
```

Código 3.18. Función AbsorciónMax.

Entonces esta Función devuelve al evento clic del botón calcular el valor del número de resonadores, este valor contiene decimales entonces corresponde al número de resonadores bruto, para hallar el valor neto, y el correspondiente desperdicio, se llama a las funciones utilizadas en el resonador diafragmático rdiafragmatico 5, 6 y 7, las cuales fueron explicadas en el apartado anterior.

A continuación se presenta un ejemplo con una frecuencia de diseño de 500 Hz y una absorción de 50m<sup>2</sup> Sabine, en un diseño automático.

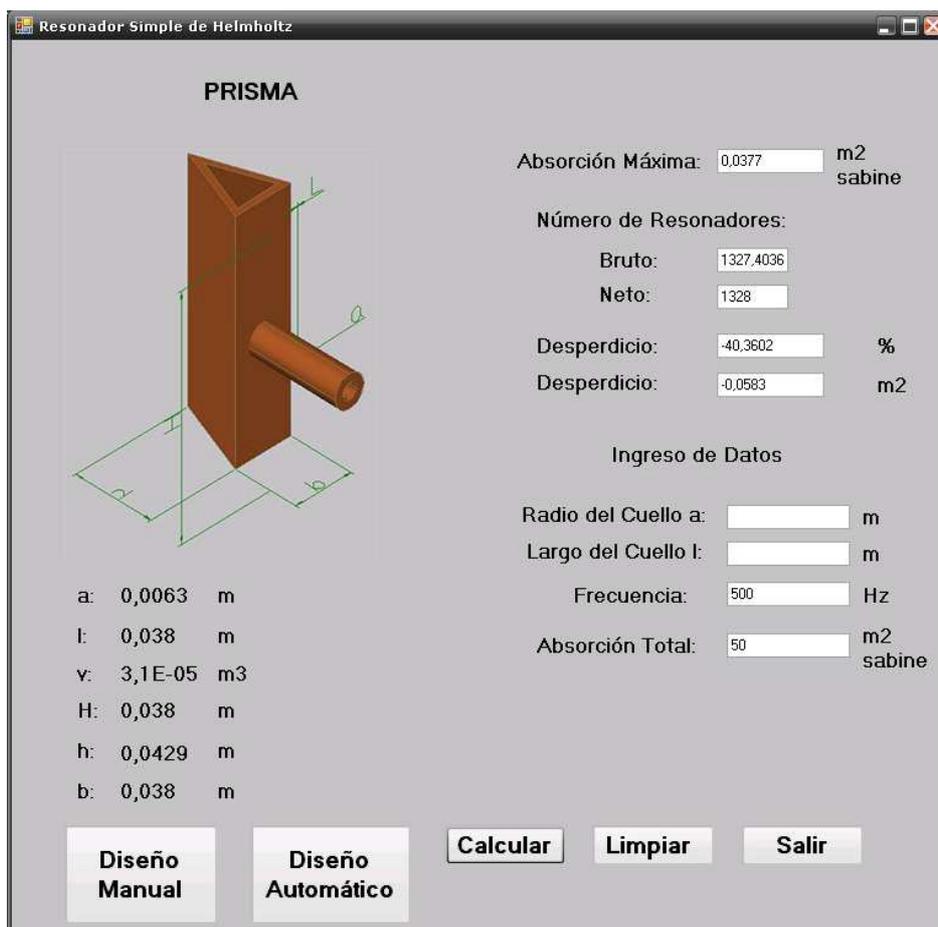


Figura 3.13. Presentación de resultados para una frecuencia de 500Hz y una absorción de 50m<sup>2</sup> Sabine.

### 3.2.4 Resonador Múltiple de Helmholtz.

Para el diseño de este resonador se crearon las variables detalladas en la tabla 3.3.

Texto	Nombre de la variable	Dimensión	Entrada/salida
Radio del cuello a	a	m	Entrada
Largo del cuello l	l	m	Entrada
Frecuencia	F	Hz	Entrada
Absorción total	At	m2 Sabine	Entrada
Superficie Total	St	m2	Salida
Número de resonadores			Salida
Bruto	bruto		Salida
Neto	neto		Salida
Desperdicio %	d1	%	Salida
Desperdicio m2	d2	m2	Salida

Ancho del panel	X	m	Entrada
Alto del panel	Y	m	Entrada
Ancho para un resonador	x	m	Salida
Alto para un resonador	y	m	Salida
Profundidad del panel	z	m	Salida

Tabla 3.4. Variables para el Resonador Múltiple de Helmholtz.

Como ya se conoce para este tipo de resonador, existe la posibilidad de realizar perforaciones o ranuras en su superficie, se realizaron dos formularios de programación parecida. También se creó un formulario menú para la selección del tipo de perforación a realizar, se iniciará explicando el algoritmo para el resonador con perforaciones y después la correspondiente analogía para el resonador múltiple ranurado.

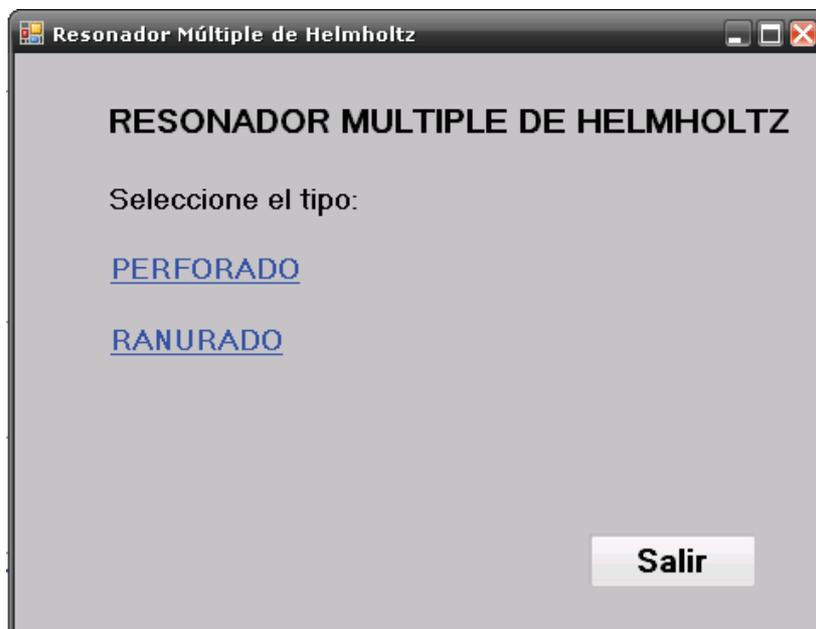
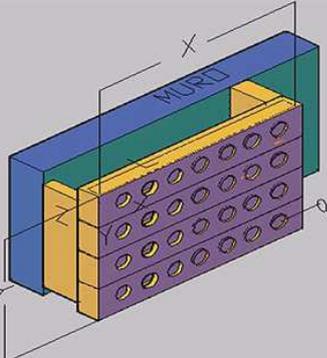


Figura 3.14. Formulario Menú para el Resonador Múltiple de Helmholtz. Al ser una variación del resonador simple de Helmholtz se reutilizan algunas de las funciones correspondientes al resonador mencionado.

Resonador Múltiple de Helmholtz

### PERFORADO



Absorción Total:  m<sup>2</sup> sabine

Número de Resonadores:

Bruto:

Neto:

Desperdicio:  %

Desperdicio:  m<sup>2</sup>

Ingreso de Datos

a:  m

l:  m

Volumen total:  m<sup>3</sup>

Volumen de un Resonador:  m<sup>3</sup>

Ancho división x:  m

Alto de la división y:  m

Profundidad de la ranura z:  m

Radio del Cuello a:  m

Espesor del Panel l:  m

Frecuencia:  Hz

Ancho del panel X:  m

Alto del panel Y:  m

**Diseño Manual**   **Diseño Automático**   **Calcular**   **Limpiar**   **Salir**

Figura 3.15. Formulario para el diseño del Resonador Múltiple Perforado.

Al igual que en resonador Simple de Helmholtz, las funcionalidades de diseño automático y diseño manual, están presentes en este dispositivo.

En este resonador se agregan dos nuevas variables de suma importancia para el cálculo del número de perforaciones, estas variables son:

- Ancho del panel (X)
- Alto del panel (Y)

Al realizar clic sobre el botón diseño manual, se creará un evento sobre el botón, detallado en el siguiente código.

```

        If (f >= 500 And f <= 2000) Then
            RHelmholtz1(f)
            If (l2 <= (landa / 16) And l2 > 0) Then
                If (a2 <= (0.029 * landa) And a2 >=
(0.0027 * raiz_landa)) Then
                    lblvgrande.Text =
CStr(Round(volumen1(f, a2, l2), 8))
                    lblx.Text = CStr(Round(equiz(l2),
4))
                    lbly.Text = CStr(Round(y, 4))
                    lblz.Text = CStr(Round(z, 4))
                    lblvgrande.Text =
CStr(Round(VolumenPerforado(x4, y4), 6))
                Else
                    MsgBox("El valor de ""a"" debe ser
mayor que 0.029 por lamda y menor que 0.0027 por la raíz de
lamda.")
                    txta.Text = ""
                End If
            Else
                MsgBox("El valor de ""l"" debe ser menor
que lamda/16 y mayor que 0")
                txtl.Text = ""
            End If
        Else
            MsgBox("La frecuencia de diseño debe estar
entre 500 y 2000 Hz")
            txtf.Text = ""
        End If
    Else
        MsgBox("Revise el separador decimal")
        txtf.Text = ""
        txta.Text = ""
        txtl.Text = ""
    End If
Catch
End Try
End Sub

```

Código 3.19. Código generado para el evento clic correspondiente al botón diseño manual del formulario.

Para explicar en una forma más sencilla el código, se utiliza el siguiente diagrama de flujo.

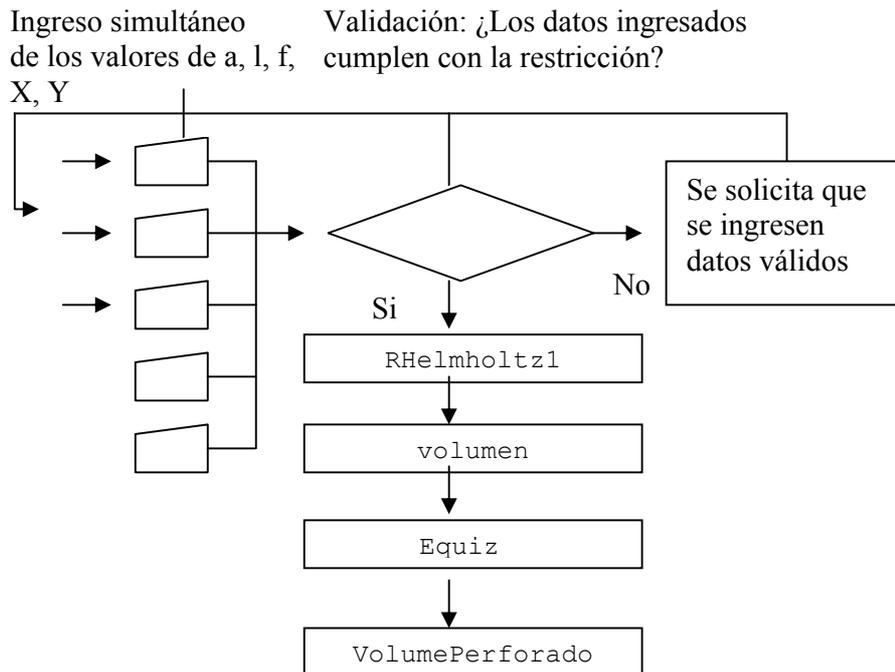


Figura 3.16. Diagrama de flujo para el evento clic correspondiente al botón diseño manual.

De igual manera que en el Resonador Simple de Helmholtz, al ingresar los datos se realizará una validación de los datos ingresados. Una vez superada esta validación el evento llamará a las funciones detalladas en el diagrama de flujo.

Rhelmholtz1 es una función heredada del resonador simple de Helmholtz, de igual manera la función volumen, estas dos son las encargadas de diseñar el resonador y obtener el volumen que le corresponde a cada una de sus perforaciones.

Función Equiz.- Esta función está a cargo de calcular las dimensiones x, y, z, las cuales corresponden al ancho, alto y profundidad de un resonador respectivamente.

```

Function equiz(ByVal l1 As Double) As Double
    x = l1
    y = l1
    z = v / (x * y)
    Return (x)
End Function
  
```

Código 3.20. Función equiz.

El valor asignado a x, es igual al valor del espesor del panel “L” al igual que el alto y, la profundidad está despejada a través de la multiplicación de las tres dimensiones para obtener el volumen.

Es necesario entonces conocer el volumen que tendrá todo el panel, la función encargada de retornar este valor es la función VolumenPerforado.

Función VolumenPerforado.- Esta función contiene programación que permite obtener el número de perforaciones horizontales y el número de perforaciones verticales, las cuales se multiplican por el volumen de un resonador con el fin de obtener el volumen total del resonador.

```
Function VolumenPerforado(ByVal x3 As Double, ByVal y3 As
Double) As Double
    per_x = x3 / x
    per_y = y3 / y
    vttotal = v * per_x * per_y
    Return (vttotal)
End Function
```

Código 3.21. Función VolumenPerforado.

Para el diseño automático del panel, se ingresa una frecuencia de diseño válida, y al realizar clic sobre el botón de diseño automático se crea un evento sobre el mismo definido por el siguiente código.

```
Private Sub btndisenar_Click(ByVal sender As System.Object,
ByVal e As System.EventArgs) Handles btndisenar.Click
    Try
        Dim f As Double = CDb1(txtf.Text)
        Dim x4 As Double = CDb1(txtx.Text)
        Dim y4 As Double = CDb1(tyty.Text)
        If f.ToString = txtf.Text Then
            If (f >= 500 And f <= 2000) Then

                lbl1.Text = CStr(Round(RHelmholtz1(f), 4))
                lbla.Text = CStr(Round(RHelmholtz2(), 4))
                lblv.Text = CStr(Round(volumen(f), 8))
                lblx.Text = CStr(Round(equiz(), 4))
                lbly.Text = CStr(Round(y, 4))
                lblz.Text = CStr(Round(z, 4))
                lblvgrande.Text =
                CStr(Round(VolumenPerforado(x4, y4), 6))

            Else
                MsgBox("La Frecuencia de diseño debe estar
entre 500 y 2000 Hz.")
                txtf.Text = ""
            End If
        Else
            MsgBox("Revise el separador decimal")
            txtf.Text = ""
        End If

    Catch
    End Try
End Sub
```

Código 3.22. Código generado para el evento clic del botón diseño automático.

Para explicar el código generado para el evento, se utiliza el siguiente diagrama de flujo.

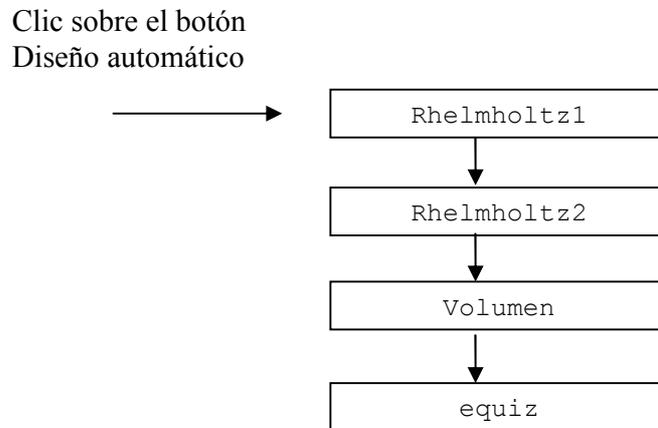


Figura 3.17. Diagrama de flujo para el evento clic correspondiente al botón diseño automático.

Como muestra el diagrama de flujo, la única diferencia entre el código del resonador simple de helmholtz y el resonador múltiple, es la llamada a la función equiz, la cual como ya se estudió, es la encargada de hallar los valores para el ancho largo y profundidad de un resonador en el panel.

El algoritmo de diseño para un Resonador Múltiple de Helmholtz con ranuras en lugar de perforaciones es idéntico, al actualmente estudiado, la diferencia clave para este caso es la aparición de una fórmula para hallar los valores de  $b$  y  $c$ , que son el ancho y alto de la ranura. La función encargada de hallar estos valores es la función Ranurado1.

```

Function Ranurado1() As Double
    c2 = a
    b2 = PI * a
    Return (b2)
End Function
  
```

Código 3.23. Función Ranurado1.

Una vez diseñado el panel por cualquiera de sus métodos de diseño, el cálculo de la absorción total y desperdicio en el panel, dependen del botón calcular. Al presionar el botón calcular se genera el evento clic en el mismo el cual se detalla bajo el siguiente código.

```

Private Sub btncalcular_Click(ByVal sender As
System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles
btncalcular.Click
    Try
        Dim a As Double = CDb1(txta.Text)
        If a.ToString = txta.Text Then
            txtatotal.Text =
CStr(Round(AbsorcionTotal(), 4))
            txtbruto.Text = CStr(Round(Perforado1(),
4))
            txtneto.Text =
CStr(Round(RDiafragmatico5(), 4))
            txtdesperdicio1.Text =
CStr(Round(RDiafragmatico6(), 4))
            txtdesperdicio2.Text =
CStr(Round(Perforado2(), 4))
        Else
            MsgBox("Revise el separador decimal")
            txtx.Text = ""
        End If
    Catch
    End Try
End Sub

```

Código 3.24. Código generado para el evento clic del botón calcular.

Para explicar de una manera más simple el código, se utiliza el siguiente diagrama de flujo.

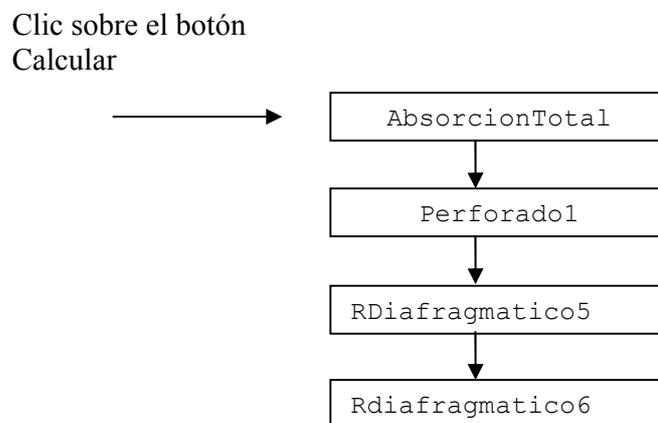


Figura 3.18. Diagrama de flujo para el evento clic correspondiente al botón calcular.

En el diagrama de flujo se indica claramente que las funciones a ser llamadas son AbsorcionTotal, perforado1, rdiafragmático5 y 6.

**Función AbsorcionTotal.**- Función encargada de obtener el valor de un resonador de Helmholtz y multiplicar este valor por el número de resonadores que se tiene en el panel.

```

Function AbsorcionTotal() As Double
    atotal = ((landa * landa) / (4 * PI)) * per_x *
per_y
    Return (atotal)
End Function

```

Código 3.25. Función Absorción Total.

Función Perforado1.- Esta función devuelve al evento el número de resonadores con decimales es decir el número de resonadores bruto.

```

Function Perforado1() As Double
    nr1 = per_x * per_y
    Return (nr1)
End Function

```

Código 3.26. Función Absorción Total.

Las funciones Rdiafragmático5 y 6 devuelven al evento el desperdicio, como se estudió anteriormente.

El calculo de desperdicio, absorción y número de resonadores es idéntico para el resonador múltiple perforado y ranurado.

A continuación se presenta un ejemplo con el diseño de un resonador múltiple perforado para una frecuencia de 1000Hz con un ancho de 2 metros y una altura de 3 metros.

**PERFORADO**

Absorción Total: 207,5345 m<sup>2</sup> sabine

Número de Resonadores:

Bruto: 22038,567

Neto: 22039

Desperdicio: 43,2507 %

Desperdicio: 0,0118 m<sup>2</sup>

Ingreso de Datos

a: 0,0027 m

l: 0,0165 m

Volumen total: 0,074082 m<sup>3</sup>

Volumen de un Resonador: 3,36E-06 m<sup>3</sup>

Ancho división x: 0,0165 m

Alto de la división y: 0,0165 m

Profundidad de la ranura z: 0,0123 m

Radio del Cuello a:  m

Espesor del Panel l:  m

Frecuencia: 1000 Hz

Ancho del panel X: 2 m

Alto del panel Y: 3 m

Diseño Manual    Diseño Automático    Calcular    Limpiar    Salir

Figura 3.19. Presentación de resultados para una frecuencia de 1000Hz, ancho 2 metros y alto 3 metros.

### 3.2.5 Resonador a Base de Listones.

Para el diseño de este resonador se crearon las variables detalladas en la tabla 3. 5.

Texto	Nombre de la variable	Dimensión	Entrada/salida
Frecuencia	F	Hz	Entrada
Ancho de la ranura	b	m	Salida
Espesor del listón	l	m	Salida
Ancho del listón	w	m	Salida
Ancho del listón de apoyo	y	m	Salida
distancia al muro	z	m	Salida
Ancho del panel	X	m	Entrada
Alto del panel	Y	m	Entrada

Tabla 3.5.Variables para el Resonador a Base de Listones.

Figura 3.20. Formulario para el Resonador a Base de Listones.

El proceso para el diseño de este tipo de resonadores es complicado, debido a que se debe cumplir con un ciclo de ajuste para llegar a las dimensiones correctas que permitan que el dispositivo funcione a la frecuencia deseada, es

por esto que esta es una herramienta de diseño manual, y se le permite al usuario ingresar los siguientes datos:

- Frecuencia inicial (F).
- Ancho de la ranura (b).
- Espesor del listón (l).
- Ancho del listón (w).
- Ancho del listón de apoyo (y).
- distancia al muro (z).

Una vez ingresados estos datos, al presionar el botón calcular se genera un evento sobre el mismo, el cual guarda el siguiente código.

```
Private Sub btndisenar_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal
e As System.EventArgs) Handles btndisenar.Click
    Try
        Dim f5 As Double = Cdbl(txtf.Text)
        Dim w5 As Double = Cdbl(txtw.Text)
        Dim y5 As Double = Cdbl(txy.Text)
        Dim z5 As Double = Cdbl(txtz.Text)
        Dim l5 As Double = Cdbl(txtl.Text)
        Dim b5 As Double = Cdbl(txtb.Text)
        Dim f6 As Double
        Dim f7 As Double
        Dim i As Double = 0
        Dim j As Double = 1
        Dim ar As Double
        If ((f5.ToString = txtf.Text) And (l5.ToString =
txtl.Text) And (b5.ToString = txtb.Text) And (w5.ToString =
txtw.Text) And (y5.ToString = txy.Text) And (z5.ToString =
txtz.Text)) Then
            If (f5 >= 300 And f5 <= 2000) Then
                f7 = f5
                ar = Area(b5, w5, y5, z5)

                While (((f5 - f6) > 2) Or (j = 1))
                    If ((f5 - f6) < 2) Then
                        j = 0
                    End If
                    If i > 0 Then
                        f5 = f6
                    End If
                    f6 = Frecuencia(b5, l5, f5)
                    i = i + 1
                End While
                lblfrecuencia.Text = CStr(Round(f6, 4))
                lbla.Text = CStr(Round(areal, 4))
                lblh.Text = CStr(Round(altura, 4))
            End If
        End Try
    End Sub
```

Código 3.27. Código generado para el evento clic del botón Diseño automático.

Para entender el código presentado se utiliza el siguiente diagrama de flujo.

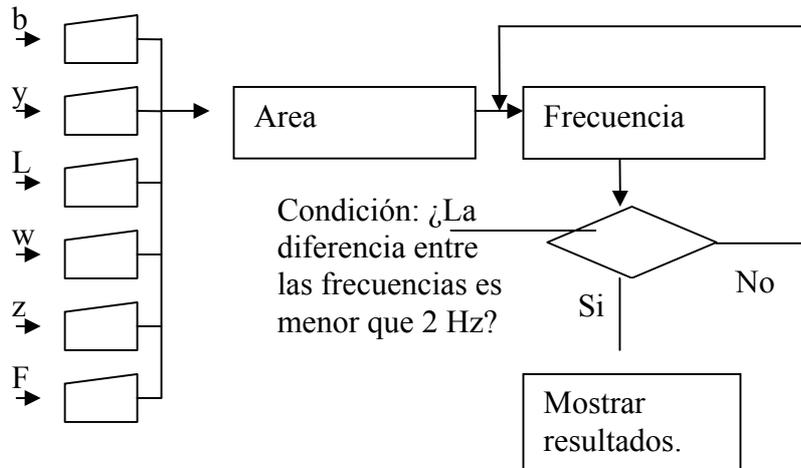


Figura 3.21. Diagrama de flujo correspondiente al evento clic sobre el botón diseño automático.

Como se puede ver en el diagrama de flujo, existe un ciclo para hallar la frecuencia para la cual funcionan las dimensiones ingresadas. Al inicio el evento llama a la función Area, después llama a la función frecuencia. Al salir de la función se encuentra un ciclo que realiza una resta entre la frecuencia actual y la frecuencia anterior. Hasta que esta diferencia sea menor que 2 Hz se volverá a llamar a la función frecuencia.

Función Area.- Calcula el área entre los listones que forman el panel.

```

Function Area(ByVal b3 As Double, ByVal w3 As Double, ByVal y3
As Double, ByVal z3 As Double) As Double

    areal = z3 * (w3 - y3 + b3)
    If areal <= 0 Then
        MsgBox("Las Dimensiones ingresadas provocan un Area
negativa: ""y"" no puede ser mayor que ""w"" y ""b""")
        areal = areal * (-1)

        Return (areal)
        frmlistones.Close()
        frmmenu.Show()
    End If
    Return (areal)
End Function
  
```

Código 3.28. Función Area.

Función Frecuencia.- Esta es la función clave para este tipo de dispositivo, debido a que calcula la constante H, además devuelve el valor actual y el anterior de la frecuencia para realizar el ajuste.

```
Function Frecuencia(ByVal b3 As Double, ByVal l3 As
Double, ByVal f3 As Double) As Double

    landa = c / f3

    altura = (l3 / b3) + ((2 / PI) * Log(landa / (b3
* PI))) + 0.7

    frecuencial = (c / (2 * PI)) * Sqrt(1 / (altura *
areal))

    Return (frecuencial)
End Function
```

Código 3.29. Función Frecuencia.

Una vez hallada la frecuencia de ajuste, se mostrarán los datos obtenidos en el formulario y de esta forma el usuario realizará el ajuste necesario para cumplir sus necesidades.

A continuación se muestra un ejemplo ingresando los siguientes valores:

- B= 5 mm.
- L= 2cm.
- W= 7cm.
- Y= 2cm.
- Z= 3,5cm.
- F= 500Hz.



Figura 3.22. Resultado obtenido con los datos ingresados.

Como se puede ver en la figura 3.17 la frecuencia de ajuste es de 466,67Hz, y se muestra un mensaje para explicar que si se desea aumentar la frecuencia actual el se debe disminuir el área entre listones.

Realizando el ajuste en la dimensión z se ingresan los siguientes datos.

- B= 5 mm.
- L= 2cm.
- W= 7cm.
- Y= 2cm.
- Z= 3cm.
- F= 500Hz.

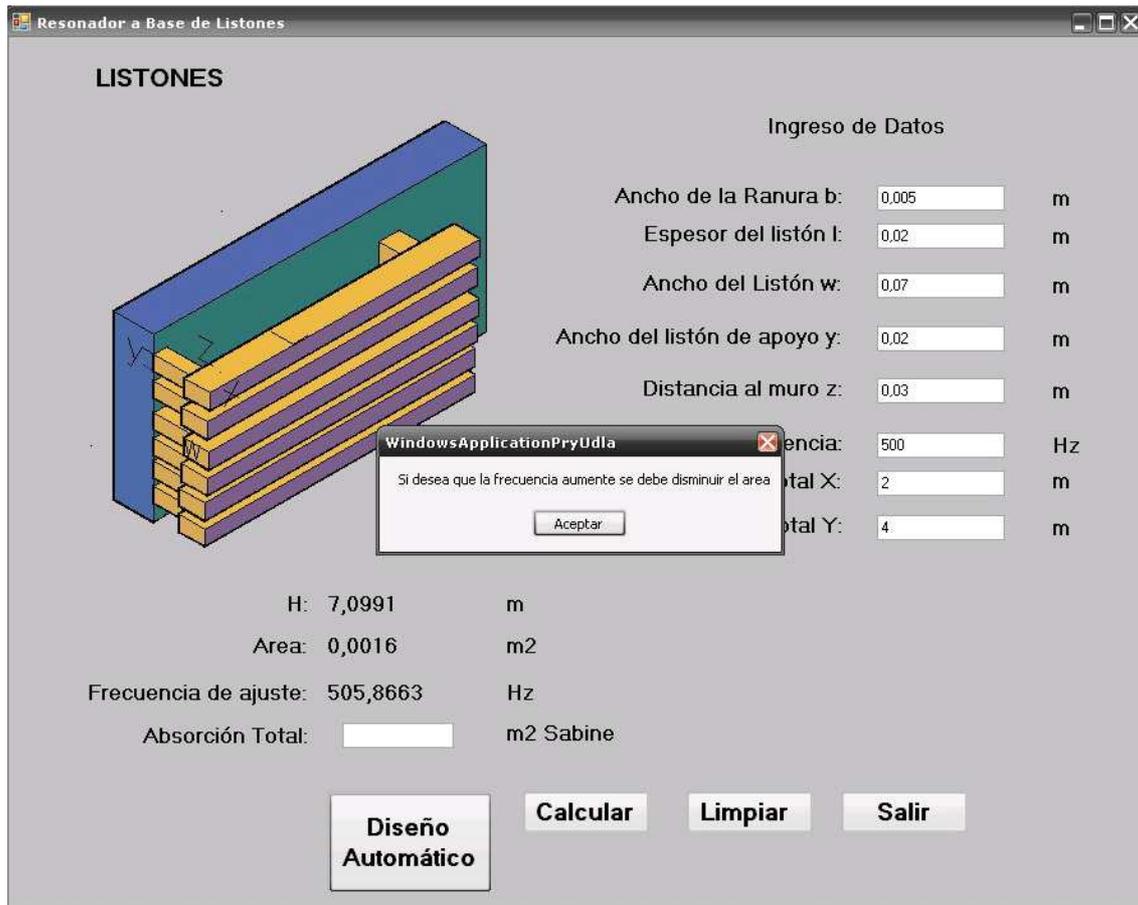


Figura 3.23. Resultado obtenido con los datos ingresados.

Como se puede ver en la Figura 3.18, la nueva frecuencia de ajuste es de 505,9Hz la cual es muy cercana a la frecuencia deseada.

Para el cálculo de absorción en este dispositivo, al presionar el botón calcular se genera un evento en el mismo que encuentra la absorción de forma idéntica a un resonador de Helmholtz, esto debido a que este es un tipo de resonador derivado del Resonador Múltiple de Helmholtz.

### 3.3 Difusores.

Como se estudió en el capítulo anterior los difusores tienen un procedimiento matemático para su diseño. A continuación se presentará como se realizó la traducción a algoritmos de programación y cómo fueron introducidos en Visual Studio .Net.

#### 3.3.1 Difusores de Schröder.

En el caso de la abstracción de algoritmos para los diferentes difusores, se obtiene una simplificación muy grande en su diseño debido a que el software se encarga de obtener las series requeridas para su diseño, así como también se implementaron funciones graficadoras para mostrar sus resultados.

##### 3.3.1.1 Difusores MLS.

Para el diseño de este difusor se crearon las variables detalladas en la tabla 3.5.

Texto	Nombre de la variable	Dimensión	Entrada/salida
Frecuencia de diseño	F	Hz	Entrada
Ancho de la ranura	W	m	Salida
Profundidad de la ranura	D	m	Salida
Serie de Galois.	Sg		Salida

Tabla 3.6. Variables declaradas para el difusor MLS.

Figura 3.24. Formulario Difusor MLS.

Después de ingresar un valor de frecuencia, al hacer clic sobre el botón diseñar, presente en el formulario, se crea el siguiente evento sobre el botón.

```

Private Sub btndisenar_Click(ByVal sender As System.Object,
ByVal e As System.EventArgs) Handles btndisenar.Click
    Try
        Dim fmls As Double = Cdbl(txtf.Text)
        If fmls.ToString = txtf.Text Then
            If (fmls >= 700 And fmls <= 3000) Then
                txtw.Text = CStr(Round(mls1(fmls), 4))
                txt.d.Text = CStr(Round(dmls, 4))
            Else
                MsgBox("La frecuencia de diseño debe estar
entre 700 y 3000 Hz.")
                txtf.Text = ""
            End If
        Else
            MsgBox("Revise el separador decimal")
            txtf.Text = ""
        End If
    Catch
    End Try
End Sub

```

Código 3.30. Evento generado clic para el botón diseñar.

Para explicar el código generado, se utiliza el siguiente diagrama de flujo.

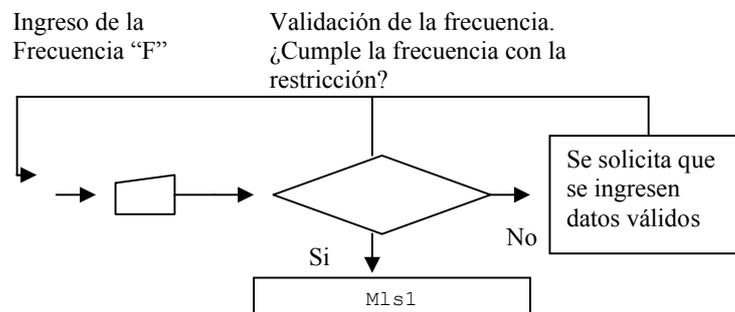


Figura 3.25. Diagrama de flujo del evento clic sobre el botón diseñar.

El diagrama de flujo indica que se realizará una validación sobre el valor de frecuencia ingresado, la frecuencia tiene que ser mayor que 700Hz y menor que 3000Hz. Una vez ingresado un valor correcto el evento llamará a la función Mls1.

Función Mls1.- Está encargada de obtener el valor de la longitud de onda a partir de la frecuencia. Así como también calcula el valor del ancho y profundidad de las ranuras del difusor.

```

Function mls1(ByVal fmls1 As Double) As Double
    landaresonador = c / fmls1
    wmls = landaresonador / 2
    dmls = landaresonador / 4
    Return (wmls)
End Function

```

Código 3.31. Función Mls1.

Una vez calculado el ancho y la profundidad de las ranuras, al dar clic sobre el botón Serie se genera un evento con el siguiente código.

```

Private Sub btnserie_Click(ByVal sender As System.Object,
ByVal e As System.EventArgs) Handles btnserie.Click
    lstseries.Items.Clear()
    serie(lstseries)
End Sub

```

Código 3.32. Código del evento clic para el botón serie.

Este evento sólo tiene una tarea, la cual es llamar a la función serie.

Función Serie.- Esta es la función clave para el difusor MLS, debido a que se encarga de generar una secuencia aleatoria de números (1,-1), los cuales representan si se realizará una ranura o no.

```

Public Sub serie(ByVal list As ListBox)
    Dim i As Integer = 0
    Dim a(6) As Integer

    Randomize()
    For i = 0 To 6
        a(i) = CInt(Int((1 - (-1) + 1) * Rnd() + (-1)))
        If ((a(i) = 0)) Then
            i = i - 1
        Else
            dsn_m(i) = a(i)
            list.Items.Add(a(i))
        End If
    Next
End Sub

```

Código 3.33. Función Serie.

Una vez diseñado el difusor y calculada la serie, al presionar el botón graficar se genera un evento definido por el siguiente código.

```

Private Sub btngraficar_Click(ByVal sender As System.Object,
ByVal e As System.EventArgs) Handles btngraficar.Click
    Graficarmls.Show()
    Me.Close()

End Sub

```

Código 3.34. Evento generado para el botón graficar.

Al presionar el botón graficar se accede a un nuevo formulario graficar.

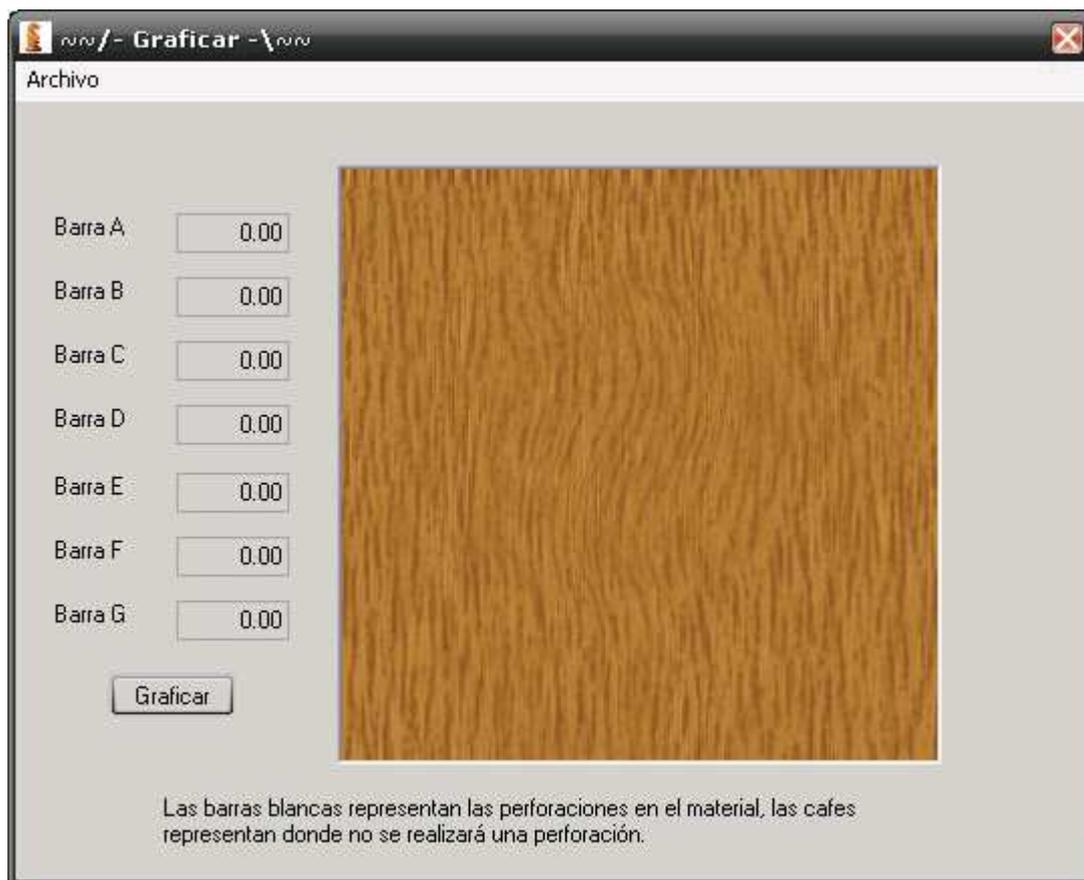


Figura 3.26. Formulario Graficar.

Al dar clic sobre el botón graficar, se genera un evento con el siguiente código.

```

Private Sub btngraf_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal
e As System.EventArgs) Handles btngraf.Click

    graficando()

End Sub

```

Código 3.35. Evento generado para el botón graficar.

Como se puede ver en el código 3.33 el evento llama a la función graficando.

Función Graficando.- Es la encargada de simular una gráfica para visualizar el difusor, tomando el valor de la profundidad de la ranura de la siguiente forma: si el valor es 1 graficará una hendidura, si el valor es -1 no graficará nada. La programación para esta función se considera de alto nivel, debido a que maneja tipos de archivo de grafico, es por esto que el código podría ser de difícil comprensión para del lector.

```

Private Sub graficando ()
    Try
        p1 = (ag / elm) * 260
        p2 = (bg / elm) * 260
        p3 = (cg / elm) * 260
        p4 = (dg / elm) * 260
        p5 = (eg / elm) * 260
        p6 = (fg / elm) * 260
        p7 = (gg / elm) * 260
        pA = 300 - p1
        pB = 300 - p2
        pC = 300 - p3
        pD = 300 - p4
        pE = 300 - p5
        pF = 300 - p6
        pG = 300 - p7
        Dim bm_dest As Bitmap = New Bitmap(Me.pbgraf.Image)
        Dim gr_dest As Graphics = Graphics.FromImage(bm_dest)
        Dim recA As New Rectangle(15, pA, 30, p1)
        Dim recB As New Rectangle(50, pB, 30, p2)
        Dim recC As New Rectangle(85, pC, 30, p3)
        Dim recD As New Rectangle(120, pD, 30, p4)
        Dim rece As New Rectangle(155, pE, 30, p5)
        Dim recf As New Rectangle(190, pF, 30, p6)
        Dim recg As New Rectangle(225, pG, 30, p7)

        gr_dest.DrawImage(bm_dest, recA)
        gr_dest.DrawImage(bm_dest, recB)
        gr_dest.DrawImage(bm_dest, recC)
        gr_dest.DrawImage(bm_dest, recD)
        gr_dest.DrawImage(bm_dest, rece)
        gr_dest.DrawImage(bm_dest, recf)
        gr_dest.DrawImage(bm_dest, recg)

        Me.pbgraf.Image = bm_dest
        gr_dest.FillRectangle(lb, recA)
        gr_dest.FillRectangle(lb1, recB)
        gr_dest.FillRectangle(lb2, recC)
        gr_dest.FillRectangle(lb3, recD)
        gr_dest.FillRectangle(lb4, rece)
        gr_dest.FillRectangle(lb5, recf)
        gr_dest.FillRectangle(lb6, recg)
        gr_dest.DrawImage(bm_dest, recA)
        Me.pbgraf.Image = bm_dest
    Catch ex As Exception
        'Aqui nos indicara el origen del error
        System.Console.WriteLine(ex.Message)
    End Try
End Sub

```

Código 3.36. Función Graficando.

A continuación se muestra un ejemplo de diseño del difusor para una frecuencia de 1000Hz.

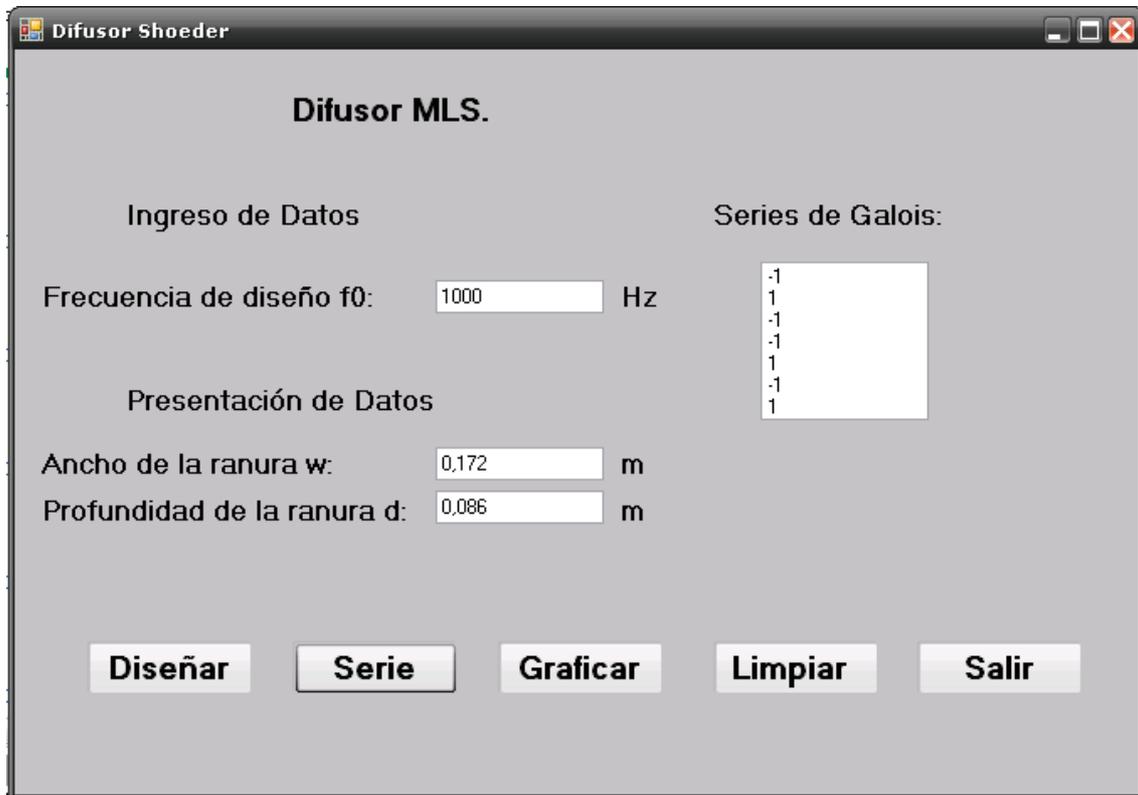


Figura 3.27. Presentación de resultados para una frecuencia de 1000Hz.

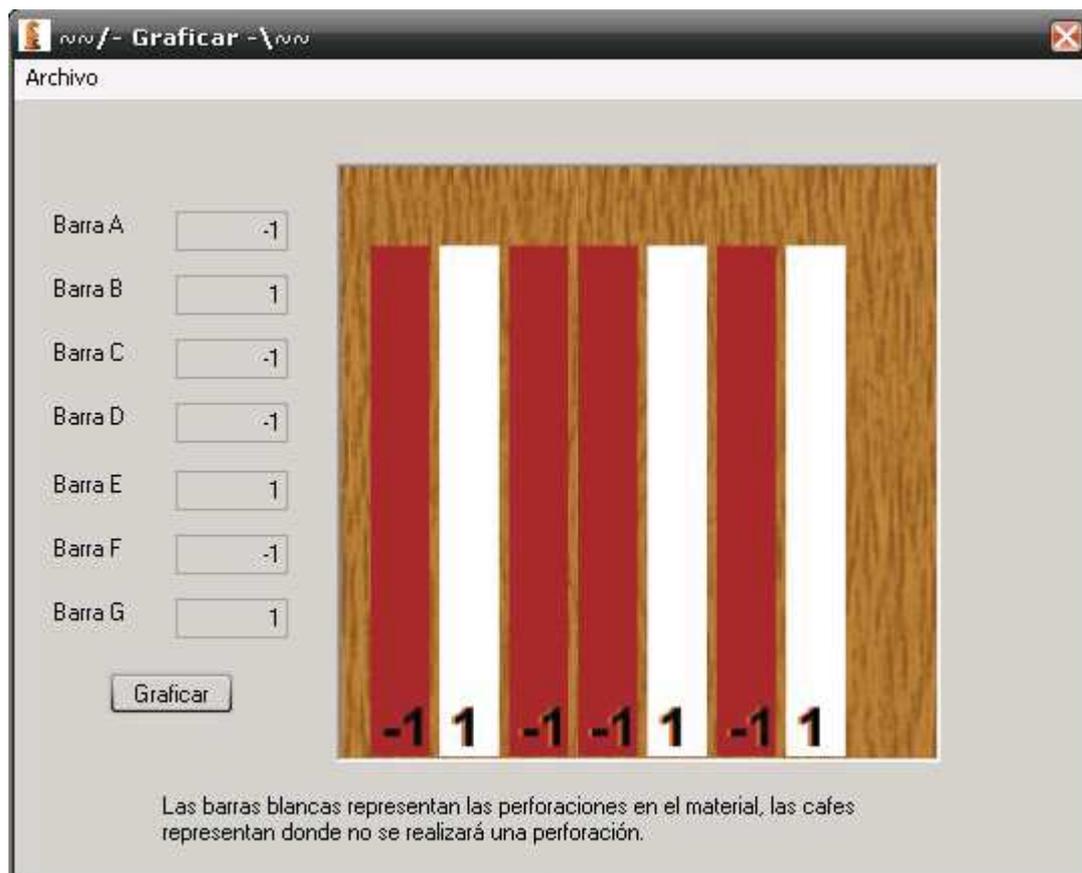


Figura 3.28. Presentación de la grafica para una frecuencia de 1000Hz.

### 3.3.1.2 Difusor QRD Unidimensional.

Para el diseño de este difusor se declararon las siguientes variables.

Texto	Nombre de la variable	Dimensión	Entrada/salida
Frecuencia de diseño	f	Hz	Entrada
Ancho del divisor	t	m	Entrada
Número primo	p	-	Entrada
Frecuencia Máxima	Fmax	Hz	Salida
Ancho de la una división	w	m	Salida
Ancho total del panel	wt	m	Salida
Número de división	n		Salida
Secuencia de n	Sn		Salida
Profundidad de la división	Dsn		Salida

Tabla 3.7. Variables declaradas para el difusor QRD Unidimensional.

**QRD Unidimensional**

**Ingreso de Datos**

Número primo p:

Frecuencia de diseño  $f_0$ :  Hz

Ancho del divisor t:  m

**Presentación de Datos**

Frecuencia Máxima:  Hz

Ancho de una division w:  m

Ancho total del panel wt:  m

n:

Sn:

DSn:

**Diseñar** **Serie** **Graficar** **Limpiar** **Salir**

Figura 3.29. Formulario Difusor QRD Unidimensional.

El usuario ingresará tres datos por teclado, los cuales son:

- Número primo p.
- Frecuencia de diseño  $f_0$ .
- Ancho del divisor t.

Una vez ingresados los datos, al dar clic sobre el botón diseñar se genera un evento definido por el siguiente código.

```

Private Sub btndisenar_Click(ByVal sender As System.Object,
ByVal e As System.EventArgs) Handles btndisenar.Click
    Try
        fqrdu = CDb1(txtf0.Text)
        tqrdu = CDb1(txtt.Text)
        pqrdu = CDb1(txtp.Text)
        If ((fqrdu.ToString = txtf0.Text) And
(tqrdu.ToString = txtt.Text)) Then
            If (fqrdu >= 700 And fqrdu <= 3000) Then
                var = qrd1(pqrdu)
                If (var = True) Then
                    qrd2(fqrdu, tqrdu)
                    txtfmaxima.Text = CStr(Round(fmax1, 4))
                    txtw.Text = CStr(Round(wqrdul, 4))
                    txtwt.Text =
CStr(Round(dimensional(wqrdul, pqrdu), 4))
                Else
                    MsgBox("La Frecuencia de diseño debe
estar entre 700 y 3000 Hz.")
                    txtp.Text = ""
                End If
            Else
                MsgBox("valor incorrecto vuelva a ingresar")
                txtf0.Text = ""
            End If
        Else
            MsgBox("Revise el separador decimal")
        End If
    Catch
    End Try
End Sub

```

Código 3.37. Código generado para el evento clic del botón diseñar.

Para explicar el código expuesto se utiliza el siguiente diagrama de flujo.

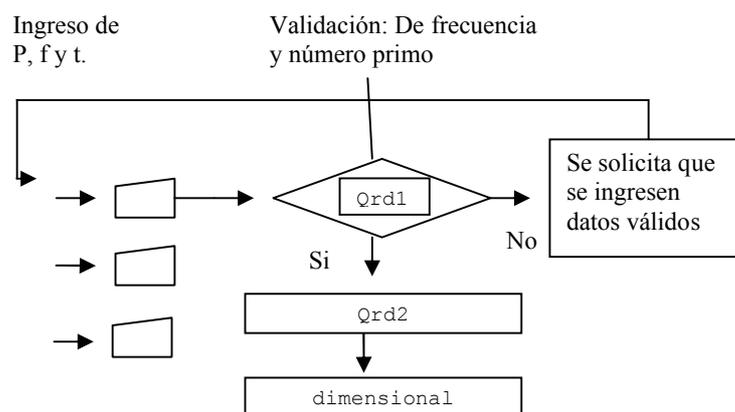


Figura 3.30. Diagrama de flujo para el evento clic del botón diseñar.

En el diagrama de flujo se puede ver que al ingresar los valores de frecuencia y número primo, se aplican restricciones.

- La frecuencia debe ser mayor que 700 y menor que 3000Hz.
- El número ingresado debe ser un número primo es decir, sólo debe ser divisible para si mismo y la unidad.

La función Qrd1 es parte fundamental de esta validación debido a que contiene la programación necesaria para conocer si un número es o no primo.

```
Function qrd1(ByVal pqrd1 As Double) As Boolean
    Dim flag As Boolean
    primo = pqrd1 Mod 2
    primo2 = pqrd1 Mod 3
    primo3 = pqrd1 Mod 5
    If (pqrd1 = 1) Then
        flag = True
        Return flag
    End If
    If (pqrd1 = 3) Then
        flag = True
        Return flag
    End If
    If (pqrd1 = 5) Then
        flag = True
        Return flag
    End If
    If ((primo <> 0) And (primo2 <> 0) And
(primo3 <> 0)) Then
        flag = True
        Return (flag)
    Else
        flag = False
        Return (flag)
    End If
End Function
```

Código 3.38 Código generado para el evento clic del botón diseñar.

A pesar de que el código para esta función parece complejo, es bastante simple. La función se encarga de reconocer si el número ingresado es divisible para 2, 3 o 5. La teoría dice que si un número no es divisible para uno de estos valores entonces es primo. Si el número ingresado es primo retornará un valor *TRUE*, de no serlo, retornará un valor *FALSE*.

Una vez superada la validación, el evento llamará a las funciones Qrd2 y dimensional.

Función Qrd2.- Esta función está encargada de hallar el valor de la frecuencia máxima de difusión. También calcula el ancho del divisor.

```

Public Sub qrd2(ByVal fqrd1 As Double, ByVal tqrd1 As
Double)
    fmax1 = 2 * 2 * 2 * fqrd1
    wqrdu1 = (c / (2 * fmax1)) - tqrd1
    If (wqrdu1 < 0) Then
        MsgBox("Revise el ancho del divisor")
    End If
End Sub

```

Código 3.39. Código Función Qrd2.

Función Dimensional.- Esta función calcula el ancho total del difusor.

```

Public Function dimensional(ByVal w_t As Double, ByVal p_t
As Double)
    w_maxima = w_t * p_t
    Return (w_maxima)
End Function

```

Código 3.40. Código Función dimensional.

Una vez concluido el evento clic del botón diseñar, al presionar el botón serie se genera un evento definido por el siguiente código.

```

Private Sub btnserie_Click(ByVal sender As System.Object,
ByVal e As System.EventArgs) Handles btnserie.Click

    serie2(pqrdu, fqrd1, lista1, lista2, lista3)
End Sub

```

Código 3.41. Código generado para el evento clic del botón serie.

Este evento llama a una sola función serie2.

Función serie2.- Es la encargada de generar la secuencia  $S_n$  y los valores de profundidad de la sección correspondientes ( $D_{sn}$ ).

```

Public Sub serie2(ByVal p1 As Double, ByVal fo As Double, ByVal
list As ListBox, ByVal list2 As ListBox, ByVal list3 As
ListBox)
    Dim n(p1)
    Dim i As Integer = 0
    Dim Sn(p1)
    Dim Dsn(p1)
    ReDim dsn_u(0 To p1)
    primisimo = p1
    Randomize()
    For i = 0 To (p1 - 1)
        n(i) = i
        Sn(i) = (n(i) * n(i)) Mod p1
        Dsn(i) = (Sn(i) * c) / (2 * p1 * fo)
        Dsn(i) = Round(Dsn(i), 6)
        dsn_u(i) = Dsn(i)
        list.Items.Add(n(i))
        list2.Items.Add(Sn(i))
        list3.Items.Add(Dsn(i))
    Next
End Sub

```

Código 3.42. Código Función serie2.

La función serie2 genera números desde 0 hasta el número primo – 1, estos valores ingresan a las correspondientes fórmulas para generar la secuencia Sn y hallar los valores de las secciones Dsn. Una vez generados los valores se encarga de mostrarlos en el formulario directamente, es decir no retorna valores al evento, sino que los muestra directamente al usuario.

Una vez generados los valores de las secciones Dsn, al dar clic en el botón graficar se muestra el siguiente formulario.

The screenshot shows a window titled "Graficar" with a menu bar containing "Archivo". The main area contains a grid of input fields for "Barra A" through "Barra n", each with a value of "0.00". A "Graficar" button is located at the bottom left of the grid. The central part of the window is a large empty white rectangle, likely a placeholder for a graph or chart.

Figura 3.31. Formulario Graficar QRD.

Al hacer clic sobre el botón graficar se genera un evento definido por el siguiente código.

```
Private Sub btngraf_Click(ByVal sender As System.Object,
    ByVal e As System.EventArgs) Handles btngraf.Click

    graficando()

End Sub
```

Código 3.42. Código generado para el evento clic del botón graficar.

De idéntica manera que para el difusor MLS se llama a la función Graficando, la cual genera una grafica de barras, cabe destacar que esta función podrá obtener una grafica para un número primo máximo de 23. Esto debido a que la función es didáctica y sólo pretende mostrar como se vería un difusor QRD unidimensional.

A continuación se muestra un ejemplo ingresando los siguientes datos

- Frecuencia de diseño de 1000Hz
- Número primo de 17.
- Ancho del divisor 0

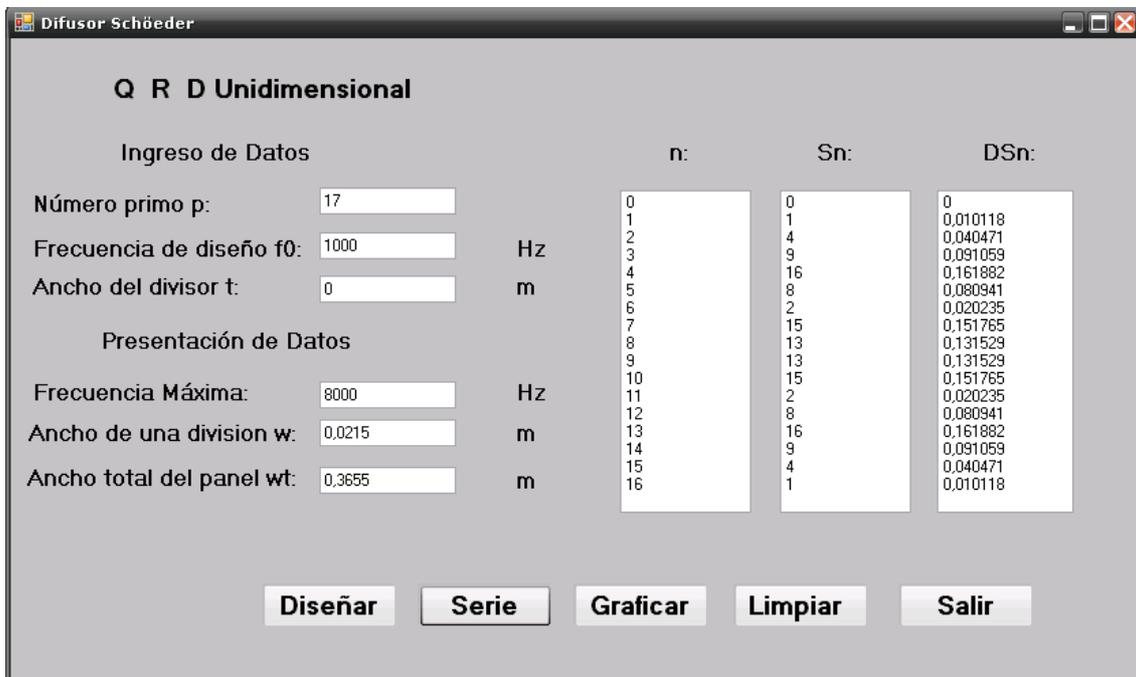


Figura 3.32. Presentación de resultados para los datos ingresados.

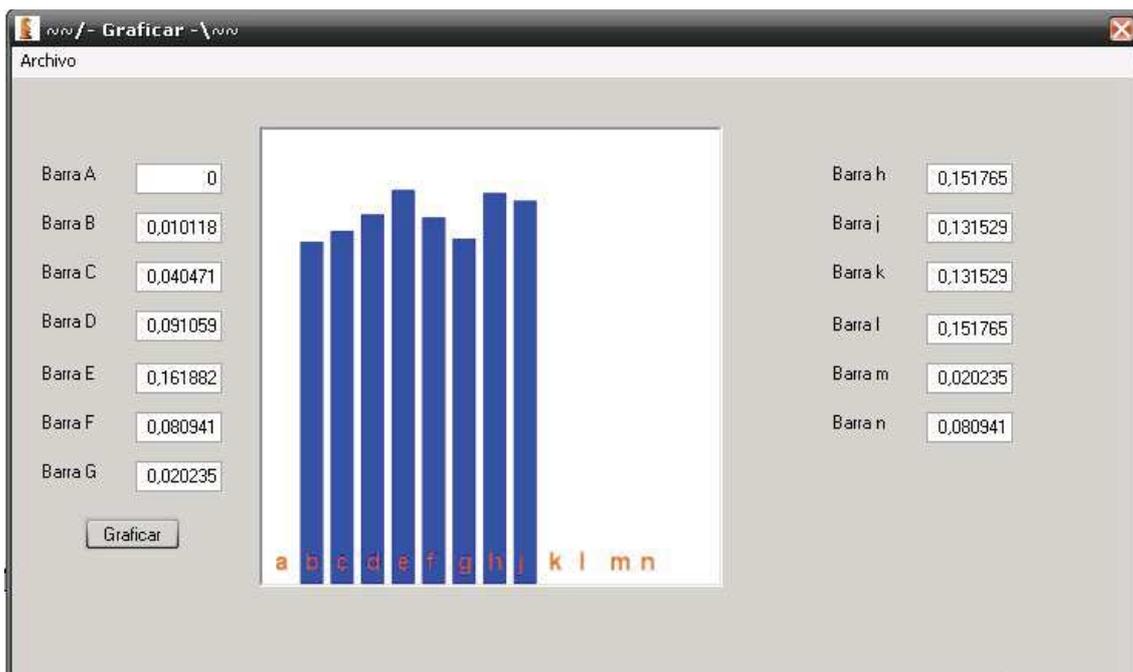


Figura 3.33. Presentación de la grafica para los datos ingresados.

### 3.3.1.3 Difusor QRD Bidimensional.

Para la programación de este tipo de difusor se declaran las siguientes variables.

Texto	Nombre de la variable	Dimensión	Entrada/salida
Frecuencia de diseño	f	Hz	Entrada
Ancho del divisor	t	M	Entrada
Número primo	p	-	Entrada
Frecuencia Maxima	Fmax	Hz	Salida
Ancho de la una división	w	M	Salida
Ancho total del panel	wt	M	Salida
Número de división	n		Salida
Secuencia de n	Sn		Salida
Profundidad de la división	Dsn		Salida

Tabla 3.8. Variables declaradas para el difusor QRD bidimensional.

Siendo este dispositivo una variación del difusor QRD Unidimensional, se reutilizarán algunas de las funciones diseñadas para el difusor mencionado. La principal diferencia que existe para el diseño de estos dos difusores, es la secuencia generadora.

Figura 3.34. Presentación Formulario Difusor QRD Bidimensional.

Al ingresar datos y presionar el botón diseñar se genera un evento sobre el mismo definido por el siguiente código.

```
Private Sub btndisenar_Click(ByVal sender As System.Object,
    ByVal e As System.EventArgs) Handles btndisenar.Click
    Try
        fqrdb = CDb1(txtf0.Text)
        tqrdb = CDb1(txtt.Text)
        pqrdb = CDb1(txtp.Text)
        If ((fqrdb.ToString = txtf0.Text) And
            (tqrdb.ToString = txtt.Text)) Then
            If (fqrdb >= 700 And fqrdb <= 3000) Then
                var = qrd1(pqrdb)
                If (var = True) Then
                    qrd2(fqrdb, tqrdb)
                    txtfmaxima.Text = CStr(Round(fmax1, 4))
                    txtw.Text = CStr(Round(wqrdul, 4))
                    txtwt.Text =
                    CStr(Round(dimensional(wqrdul, pqrdb), 4))
                end if
            end if
        end if
    End Sub
```

Código 3.43. Código generado para el evento clic del botón diseñar.

Para simplificar la explicación del código 3.41, se utiliza el siguiente diagrama de flujo.

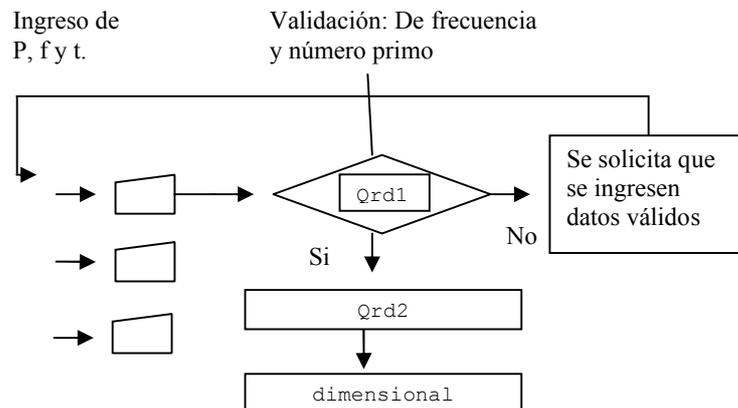


Figura 3.35. Diagrama de flujo para el evento clic del botón diseñar.

Como se puede ver el funcionamiento de este evento es idéntico al difusor QRD unidimensional.

Una vez diseñado el difusor, al hacer clic sobre el botón Serie se genera un evento definido por el siguiente código

```

Private Sub btngraficar_Click(ByVal sender As
System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles
btngraficar.Click

    serie4(pqrdb, fqrdb)
    Me.Hide()
    frmserie.Show()

End Sub

```

Código 3.44. Código generado para el evento clic del botón serie.

Este evento llama a la función serie4, después muestra el formulario serie.

Función Serie4.- Esta función está encargada de encontrar los valores de largo de la sección, y está definida por el siguiente código.

```

Public Sub serie4(ByVal p1 As Double, ByVal fo As Double)
    Dim n(p1)
    Dim m(p1)
    Dim i As Integer = 0
    Dim Snm(p1, p1)
    Dim Dsn(p1, p1)
    Dim j As Integer = 0
    ReDim dsn_b(p1 + 2, p1 + 2)
    primisimo = p1
    Randomize()
    For i = 0 To p1 - 1
        n(i) = i
        m(i) = i
    Next
    For i = 0 To (p1 - 1)

        For j = 0 To (p1 - 1)
            Snm(i, j) = ((n(i) * n(i)) + (m(j) * m(j))) Mod
p1

            Dsn(i, j) = (Snm(i, j) * c) / (2 * p1 * fo)
            Dsn(i, j) = Round(Dsn(i, j), 6)
            dsn_b(i, j) = Round((Dsn(i, j) * 100), 0)
        Next
    Next
End Sub

```

Código 3.45. Función Serie4.

Una vez hallados los valores correspondientes a cada sección, el evento llama al formulario serie.

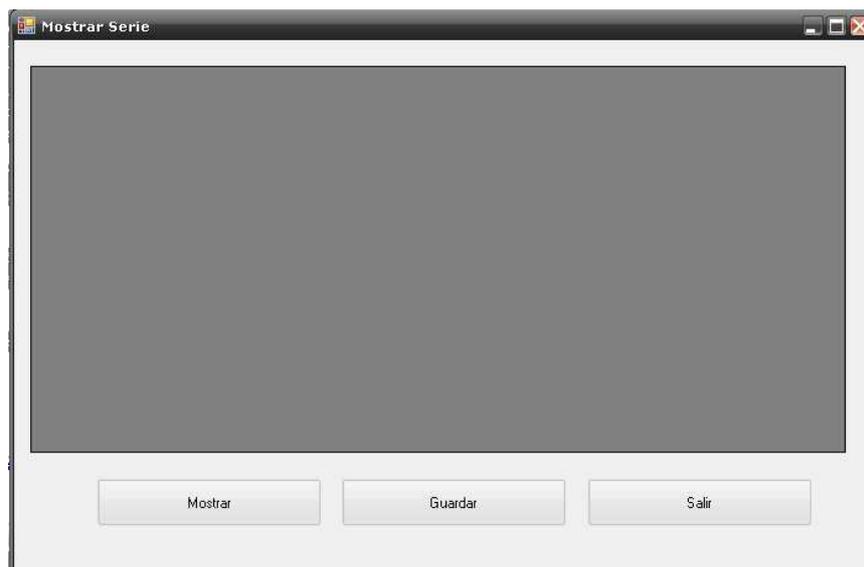


Figura 3.36. Formulario Serie.

Este nuevo formulario permite visualizar de una forma clara los valores de Dsn, Al hacer clic sobre el botón mostrar se genera un evento definido por el siguiente código.

```
Private Sub btnmostrar_Click(ByVal sender As System.Object,
ByVal e As System.EventArgs) Handles btnmostrar.Click
    Dim i As Integer
    Dim j As Integer
    Dim a(,) As Double
    Dim n As Double = primisimo
    ReDim a(n, n * n)
    DataGridView1.RowCount = n + 1

    For i = 0 To n
        DataGridView1.Columns.Add((i + 1).ToString, (i +
1).ToString)

        For j = 0 To n
            DataGridView1.Item(i, j).Value = dsn_b(i,
j).ToString
        Next
    Next
End Sub
```

Código 3.46. Función Serie4.

Este evento trae los datos obtenidos al presionar el botón serie del formulario QRD Bidimensional, al nuevo formulario y los muestra en pantalla.

Una vez mostrados los datos, al dar clic en el botón guardar, se genera un evento que tiene la funcionalidad de exportar estos datos a Excel con el objetivo de que se les pueda dar un formato.

A continuación se presenta un ejemplo, ingresando los siguientes datos:

- Frecuencia de diseño de 1000Hz.
- Número primo de 17.
- Ancho del divisor 0.

Una vez introducidos los datos, al dar clic sobre el botón diseñar se muestran los siguientes resultados.

**Difusor Schoeder**

### Q R D Bidimensional

Ingreso de Datos

Número primo p:

Frecuencia de diseño f0:  Hz

Ancho del divisor t:  m

Presentación de Datos

Frecuencia Maxima:  Hz

Ancho de una division w:  m

Ancho total del panel wt:  m

**Diseñar** **Serie** **Limpiar** **Salir**

Figura 3.37. Presentación de resultados.

Al dar clic sobre el botón serie y consecutivamente en el botón mostrar, se despliega el siguiente formulario.

	1	2	3	4	5
0	1	4	9	16	8
1	2	5	10	0	9
4	5	8	13	3	12
9	10	13	1	8	0
16	0	3	8	15	7
8	9	12	0	7	16
2	3	6	11	1	10
15	16	2	7	14	6
13	14	0	5	12	4
13	14	0	5	12	4
15	16	2	7	14	6
2	3	6	11	1	10
8	9	12	0	7	16

Figura 3.38. Presentación de resultados formulario serie.

Ahora con los datos en pantalla, al dar un clic sobre el botón guardar, los datos se exportarán a Excel, Cabe señalar que para ello se debe tener instalada una versión superior a Microsoft Office 2003 en el equipo.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1														
2	0	1	4	9	16	8	2	15	13	13	15	2	8	16
3	1	2	5	10	0	9	3	16	14	14	16	3	9	0
4	4	5	8	13	3	12	6	2	0	0	2	6	12	3
5	9	10	13	1	8	0	11	7	5	5	7	11	0	8
6	16	0	3	8	15	7	1	14	12	12	14	1	7	15
7	8	9	12	0	7	16	10	6	4	4	6	10	16	7
8	2	3	6	11	1	10	4	0	15	15	0	4	10	1
9	15	16	2	7	14	6	0	13	11	11	13	0	6	14
10	13	14	0	5	12	4	15	11	9	9	11	15	4	12
11	13	14	0	5	12	4	15	11	9	9	11	15	4	12
12	15	16	2	7	14	6	0	13	11	11	13	0	6	14
13	2	3	6	11	1	10	4	0	15	15	0	4	10	1
14	8	9	12	0	7	16	10	6	4	4	6	10	16	7
15	16	0	3	8	15	7	1	14	12	12	14	1	7	15
16	9	10	13	1	8	0	11	7	5	5	7	11	0	8
17	4	5	8	13	3	12	6	2	0	0	2	6	12	3
18	1	2	5	10	0	9	3	16	14	14	16	3	9	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20														
21														
22														
23														
24														
25														
26														
27														
28														
29														
30														
31														
32														

Figura 3.39. Datos exportados a Excel.

### 3.3.1.4 Difusor PRD.

Para el diseño de este tipo de resonador es necesario declarar las siguientes variables.

Texto	Nombre de la variable	Dimensión	Entrada/salida
Frecuencia de diseño	f	Hz	Entrada
Ancho del divisor	t	m	Entrada
Número primo	p	-	Entrada
Frecuencia Máxima	Fmax	Hz	Salida
Ancho de la una división	w	m	Salida
Ancho total del panel	wt	m	Salida
Número de división	n		Salida
Secuencia de n	Sn		Salida
Profundidad de la división	Dsn		Salida
Raíz primitiva de "p"	g		Salida

Tabla 3.9. Variables declaradas para el difusor QRD bidimensional.

Este dispositivo tiene un diseño análogo al difusor QRD unidimensional, las principales diferencias se encuentran en la frecuencia generadora, y en la frecuencia máxima de difusión, incluso con estas diferencias la abstracción del algoritmo es casi idéntica para los dos dispositivos.

Figura 3.40. Formulario Difusor PRD.

El usuario ingresará cuatro datos por teclado, los cuales son:

- Número primo.
- Frecuencia de diseño.
- Ancho del divisor.

Una vez ingresados los datos, al dar clic sobre el botón diseñar se genera un evento definido por el siguiente código.

```
Private Sub btndisenar_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal
e As System.EventArgs) Handles btndisenar.Click
    Try
        fprd = CDb1(txtf0.Text)
        tprd = CDb1(txtt.Text)
        pprd = CDb1(txttp.Text)
        gprd = CDb1(txtg.Text)
        If ((fprd.ToString = txtf0.Text) And (tprd.ToString =
txtt.Text)) Then
            If (fprd >= 700 And fprd <= 3000) Then
                var = qrd1(pprd)
                If (var = True) Then
                    prd(fprd, tprd)
                    txtfmaxima.Text = CStr(Round(fmax1, 4))
                    txtw.Text = CStr(Round(wqrdul, 4))
                    txtwt.Text =
CStr(Round(dimensional(wqrdul, pprd), 4))
                Else
                    MsgBox("valor incorrecto, ingrese un valor
primo")
                    txttp.Text = ""
                End If
            Else
                MsgBox("La frecuencia de diseño debe estar
entre 700 y 3000 Hz.")
                txtf0.Text = ""
            End If
        Else
            MsgBox("Revise el separador decimal")
        End If
    Catch
    End Try
End Sub
```

Código 3.47. Código generado para el evento clic del botón diseñar.

Con el objetivo de explicar de mejor forma el código generado para el evento, se creó el siguiente diagrama de flujo.

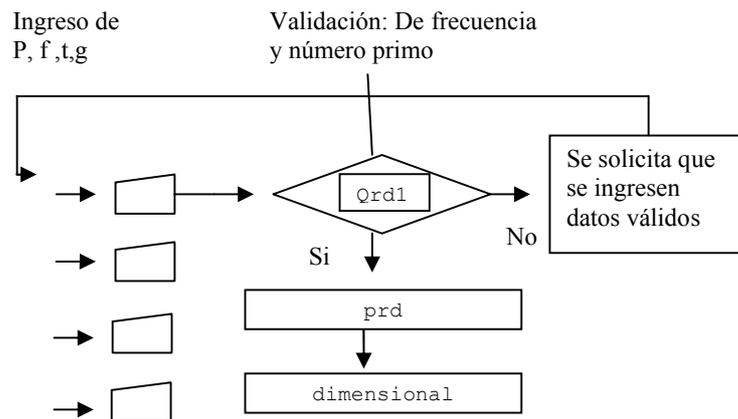


Figura 3.41. Diagrama de flujo para el evento clic del botón diseñar.

Como se puede observar la única diferencia entre el diagrama de flujo 3.35 y el diagrama de flujo 3.25 correspondiente al mismo evento en el difusor QRD unidimensional, es la llamada a la función `prd`.

Función `prd`.- Se encarga de hallar la frecuencia máxima de difusión, y de encontrar el ancho de una sección del dispositivo.

```

Public Sub prd(ByVal fprd1 As Double, ByVal tprd1 As Double)
    fmax1 = 2 * 2 * fprd1
    wqrdul = (c / (2 * fmax1)) - tprd1
    If (wqrdul < 0) Then
        MsgBox("Revise el ancho del divisor")
    End If
End Sub
  
```

Código 3.48. Función Prd.

Una vez Ingresadas las dimensiones, al hacer clic sobre el botón serie se genera un evento definido por el siguiente código.

```

Private Sub btnserie_Click(ByVal sender As System.Object,
    ByVal e As System.EventArgs) Handles btnserie.Click
    serie3(pprd, fprd, gprd, lista1, lista2, lista3)
End Sub
  
```

Código 3.49. Código generado para el evento clic del botón serie.

Este evento tiene como única funcionalidad llamar a la función `serie3`.

Función `Serie3`.- Esta es la función se encarga de generar la secuencia generadora, así como también la profundidad de cada sección del difusor, y luego mostrarlas al usuario.

```

Public Sub serie3(ByVal p1 As Double, ByVal fo As Double,
ByVal go As Double, ByVal list As ListBox, ByVal list2 As
ListBox, ByVal list3 As ListBox)
    Dim n(p1)
    Dim i As Integer = 1
    Dim Sn(p1)
    Dim Dsn(p1)
    ReDim dsn_p(0 To p1)
    primisimo = p1
    Randomize()
    For i = 1 To (p1 - 1)
        n(i) = i
        Sn(i) = (go ^ n(i)) Mod p1
        Dsn(i) = (Sn(i) * c) / (2 * p1 * fo)
        Dsn(i) = Round(Dsn(i), 6)
        dsn_p(i) = Dsn(i)
        list.Items.Add(n(i))
        list2.Items.Add(Sn(i))
        list3.Items.Add(Round(Dsn(i) * 100, 1))
    Next
End Sub

```

Código 3.50. Función serie3.

Ya diseñado completamente el difusor, al hacer clic sobre el botón graficar se llama una vez más a la función graficando, la cual será capaz de mostrar una imagen del difusor, siempre y cuando el valor del número primo sea menor que 13.

A continuación se muestra un ejemplo ingresando los siguientes datos.

Frecuencia de diseño	= 1000Hz.
Número primo	= 13
Ancho del divisor	= 0
Número g	= 3

Una vez ingresados los datos al presionar el botón diseñar se muestran los siguientes resultados:

Figura 3.42. Presentación de resultados.

Al Hacer clic sobre el botón serie, se muestran los siguientes resultados:

n:	Sn:	DSn:	Cm
1	3	4	
2	9	11,9	
3	1	1,3	
4	3	4	
5	9	11,9	
6	1	1,3	
7	3	4	
8	9	11,9	
9	1	1,3	
10	3	4	
11	9	11,9	
12	1	1,3	

Figura 3.43. Presentación de resultados.

Al hacer clic sobre el botón graficar se muestra un nuevo formulario con una imagen que muestra el resultado en una gráfica de barras.

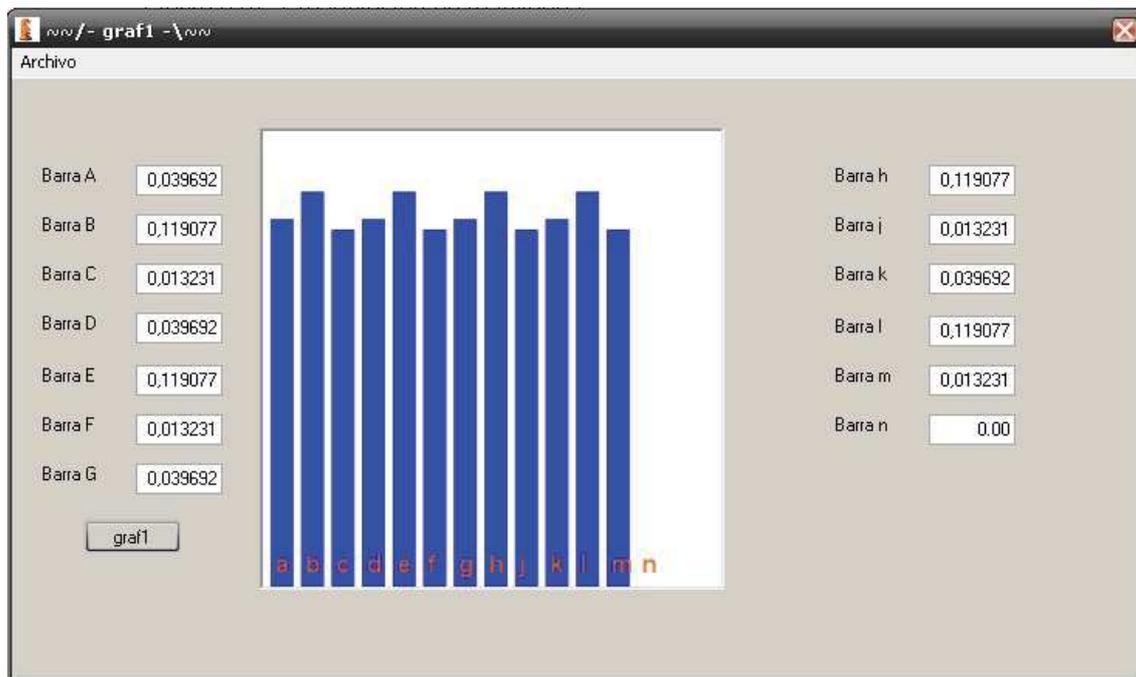


Figura 3.44. Presentación de resultados.

## **4 Manual de Usuario**

### **4.1 Introducción**

A lo largo de este manual de operación, se revisará el proceso de diseño para cada uno de los dispositivos acústicos, paso a paso se guiará al usuario por los diferentes formularios generados. Sin embargo es necesario que el usuario tenga conocimientos previos sobre acústica arquitectónica.

### **4.2 Requerimientos Mínimos del Sistema.**

Se recomienda al usuario cumplir con los siguientes requerimientos para el funcionamiento del software.

- Procesador: Mínimo 600 Mhz, recomendado 1 Ghz
- RAM: Mnimo 192 MB, recomendado 256MB
- HD: Mínimo 3 GB, recomendado 4.8 GB
- Windows 2000 Professional SP4

## 4.3.- Diseño de Resonadores

### 4.3.1.- Diseño de Resonadores Diafragmáticos

- **Desarrollo**

Ingresar al software desarrollado, mismo que tendrá la siguiente estructura en su campo figura 4.1:

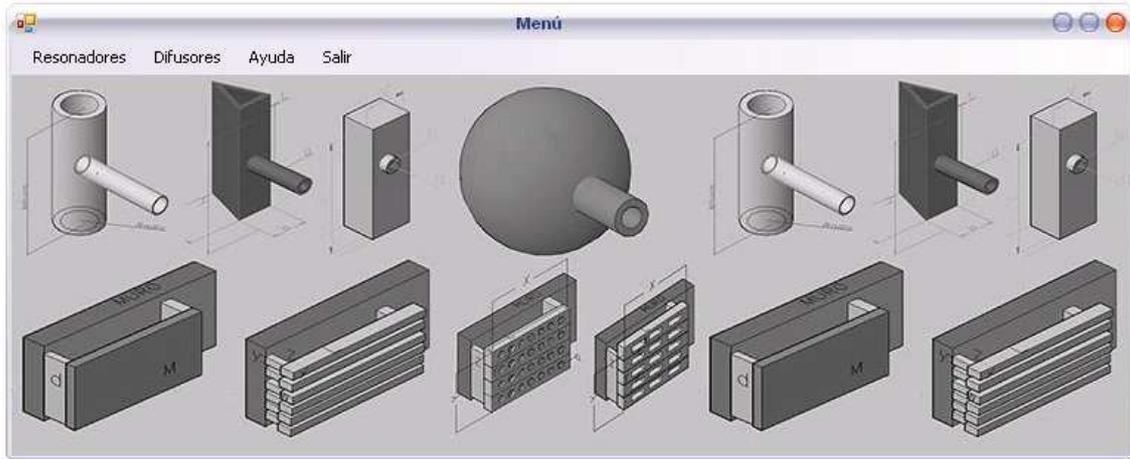


Figura 4.1 Formulario Inicial.

1.- Ingresar a Resonadores Figura 4.2.

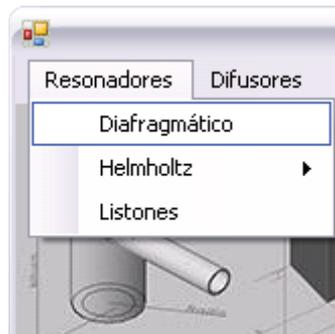


Figura 4.2 Menú Resonadores.

2.- Escoger Diafragmático en la Figura 4.2 .

3.- Se abrirá una nueva ventana Figura 4.3, esta será la aplicación que se utilizará para el diseño de este tipo de Resonador.

Configurar

**q** RESONADOR DIAFRAGMÁTICO

**e** Superficie Total:  m2

**f** Número de Resonadores:

**g** Bruto:

**h** Neto:

**i** Desperdicio:  %

**j** Desperdicio:  m2

**k** El Coeficiente de absorción de este tipo de resonador es de 0,89 en la Fq de diseño. El peso por defecto es de 0,9 Kg.

**l** Peso:  Kg

**a** Frecuencia:  Hz.

**b** Absorción Total:  m2 Sabine

**c** Masa por unidad de superficie M:  Kg/m2

**d** Distancia del panel a la pared d:  cm

**m** Diseñar

**n** Calcular

**o** Limpiar

**p** Salir

Figura 4.3 Formulario Resonador Diafragmático.

- a) Frecuencia de diseño para el resonador cuyo rango debe estar de 20hz a 500hz, caso contrario el software mostrara un mensaje de error Figura 4.4.



Figura 4.4 Mensaje de error.

- b) Cantidad de Absorción que el usuario requiere para el recinto.
- c) Resultado (Masa por unidad de superficie Kg/m<sup>2</sup>).
- d) Resultado (Distancia del panel a la pared cm).
- e) Resultado (área a cubrir del recinto).
- f) Resultado (número de resonadores Bruto y Neto).
- g) Resultado (Resonadores Bruto con decimal).
- h) Resultado (Resonadores Neto redondeado al inmediato superior número entero).

- i) Resultado (Desperdicio valor decimal por 100 en el porcentaje).
- j) Resultado (Desperdicio valor decimal por la superficie de un Resonador).
- k) Peso por defecto (peso por metro cuadrado de madera triplex de 18 líneas 0.9 kg).
- l) Peso (Ingreso del peso cuando no se trabaja con peso por defecto).
- m) Botón de acción arrojará resultados en c y d.
- n) Botón de acción arrojará resultados en e, f, g, h, i, j, habiendo presionado Diseñar primero .
- o) Botón de acción (limpia todos los campos).
- p) Botón de acción (Regresa al formulario inicial figura 4.1).
- q) Menú (de no trabajar con peso por defecto se elige ingresar peso figura 4.5).

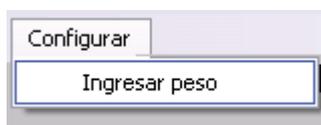


Figura 4.5 Cambiar el peso por defecto.

- r) Gráfico estándar de Resonador Diafragmático.

4.- Para el diseño de Resonadores Diafragmáticos con peso estándar se ingresa el valor de la frecuencia, en caso de usar decimal este tiene que ser separado por coma (,) si se utiliza punto (.) el software generara un mensaje de error Figura 4.6. (Figura 4.3 literal a).



Figura 4.6 Mensaje de error.

5.- Ingresar la Absorción (en caso de usar decimal este tiene que ser separado por coma (,) si se utiliza punto (.) el software generara un mensaje de error Figura 4.6. (Figura 4.3 literal b).

6.- Dar clic en el botón Diseñar (Figura 4.3 literal m).

7.- Una vez obtenidos estos resultados dar clic en Calcular (Figura 4.3 literal n).

8.- Para Diseño de Resonadores Diafragmáticos con peso conocido se ingresa al menú Configurar ubicado en la esquina superior izquierda de la ventana y seleccionar Ingresar peso (Figura 4.5).

9.- Aparece un nuevo campo llamado Peso (Figura 4.7, Figura 4.3 literal l).

Figura 4.7 Campo generado Peso.

10.- Ingresar el valor de la frecuencia, en caso de usar decimal este tiene que ser separado por coma (,) si se utiliza punto (.) el software generara un mensaje de error Figura 4.6. (Figura 4.3 literal a).

11.- Ingresar la Absorción (en caso de usar decimal este tiene que ser separado por coma (,) si se utiliza punto (.) el software generara un mensaje de error Figura 4.6). (Figura 4.3 literal b).

12- Dar clic en el botón Diseñar (Figura 4.3 literal m).

13.-Ingresar Peso (en caso de usar decimal este tiene que ser separado por coma (,) si se utiliza punto (.) el software generara un mensaje de error Figura 4.6).

14.- Una vez obtenidos estos resultados dar clic en Calcular (Figura 4.3 literal n).

### 4.3.2.- Diseño de Resonadores Helmholtz Simple

- **Desarrollo**

1.- Para el desarrollo de Resonadores Helmholtz Simple (Prisma). Ingresar al software desarrollado mismo que tendrá la siguiente estructura en su campo figura 4.1.

2.- Ingresar a Resonadores Figura 4.2.

3.- Escoger Helmholtz dentro de este escoger Simple, Figura 4.8.



Figura 4.8 Menú resonadores de Helmholtz.

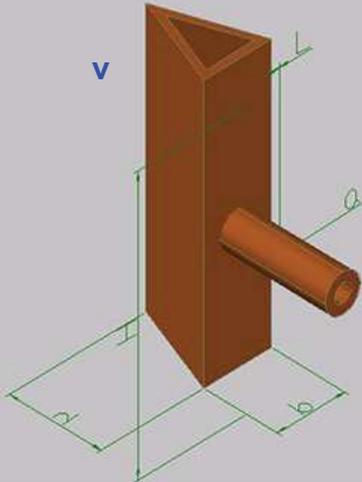
4.- Se abrirá una ventana de selección con los 3 tipos geometrías más utilizadas para el volumen dentro de la cual escoger Prisma Figura 4.9.



Figura 4.9. Menú Resonador Simple de Helmholtz.

5.- Se abrirá una nueva ventana Figura 4.10, esta será la aplicación que se utilizará para el diseño de este tipo de Resonador.

**PRISMA**



**a** Absorción Máxima:  m<sup>2</sup> sabine

**b** Número de Resonadores:

**c** Bruto:

**d** Neto:

**e** Desperdicio:  %

**f** Desperdicio:  m<sup>2</sup>

Ingreso de Datos

**g** Radio del Cuello a:  m

**h** Largo del Cuello l:  m

**i** Frecuencia:  Hz

**j** Absorción Total:  m<sup>2</sup> sabine

**k** a: m

**l** l: m

**m** v: m<sup>3</sup>

**n** H: m

**o** h: m

**p** b: m

**q** Diseño Manual

**r** Diseño Automático

**s** Calcular

**t** Limpiar

**u** Salir

Figura 4.10. Resonador Simple con forma de prisma

- a) Resultado (absorción Máxima se obtiene por la fórmula  $A_{max} = \frac{\lambda^2}{4\pi}$ ).
- b) Resultado (número de resonadores Bruto y Neto, es el resultado de la división entre absorción total y absorción máxima).
- c) Resultado (Resonadores Bruto con decimal).
- d) Resultado (Resonadores Neto redondeado al inmediato superior numero entero).
- e) Resultado (Desperdicio valor decimal por 100 en el porcentaje).
- f) Resultado (Desperdicio valor decimal por la superficie de un Resonador).

- g) Radio del cuello tomando en cuenta la siguiente restricción  $0.0027\sqrt{\lambda} \leq a \leq 0.029\lambda$ .
- h) Largo del cuello tomando en cuenta la siguiente restricción  $l \leq \lambda/16$ .
- i) Frecuencia de diseño para el resonador cuyo rango debe estar de 20hz a 500hz, caso contrario el software mostrara un mensaje de error Figura 4.4.
- j) Cantidad de Absorción que el usuario requiere para el recinto.
- k) Resultado (Radio del cuello).
- l) Resultado (Largo del cuello).
- m) Resultado (Volumen del Resonador).
- n) Resultado (Altura del Resonador).
- o) Resultado (Altura del triángulo pequeño del prisma).
- p) Resultado (Ancho de la Base).
- q) Botón de acción Diseño Manual (Se utiliza al ingresar previamente literales g, h, i. arroja resultados en los literales k, l, m, n, o, p de la Figura 4.10).
- r) Botón de acción Diseño Automático (Se utiliza luego de ingresar solo la frecuencia literal i, arroja resultados en los literales k, l, m, n, o, p de la Figura 4.10).
- s) Botón de acción Calcular arrojará resultados en a, c, d, e, f, de la Figura 4.10 habiendo presionado uno de los 2 botones de Diseñar primero según sea el caso.
- t) Botón de acción (limpia todos los campos).
- u) Botón de acción (Regresa al formulario inicial figura 4.1).
- v) Gráfico estándar del Resonador.

6.- Para Diseño Automático. Ingresar la frecuencia respetando los parámetros (Figura 4.10 literal i), en caso de usar decimal este tiene que ser separado por coma (,) si se utiliza punto (.) el software generara un mensaje de error Figura 4.6.

7.- Ingresar la Absorción total Figura 4.10 literal j.

8.- Clic en el Botón Diseño Automático (literal r), este arrojará resultados descritos en el literal r de la Figura 4.10.

9.- Clic en el Botón Calcular, este arrojará resultados descritos en el literal s de la Figura 4.10.

10.- Para diseño Manual, Ingresar valores de Radio y Largo del cuello respetando las restricciones de los literales g y h de la Figura 4.10, Ingresar la frecuencia respetando los parámetros (Figura 4.10 literal i), en caso de usar decimal este tiene que ser separado por coma (,) si se utiliza punto (.) el software generara un mensaje de error Figura 4.6.

11.- Ingresar la Absorción total Figura 4.10 literal j.

12.- Clic en el Botón Diseño Manual (literal q), este arrojará resultados descritos en el literal q de la Figura 4.10.

13.- Clic en el Botón Calcular, este arrojará resultados descritos en el literal s de la Figura 4.10.

### Diseño de Resonadores Helmholtz Simple

- **Desarrollo**

1.- Para el desarrollo de Resonadores Helmholtz Simple (Cilindro). Ingresar al software desarrollado, mismo que tendrá la siguiente estructura en su campo figura 4.1.

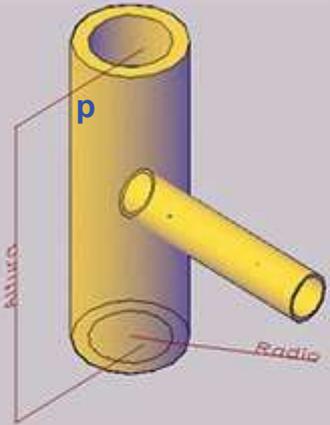
2.- Ingresar a Resonadores Figura 4.2.

3.- Escoger Helmholtz dentro de este escoger Simple, Figura 4.8.

4.- Se abrirá una ventana de selección con los 3 tipos geometrías más utilizadas para el volumen dentro de la cual escoger Cilindro Figura 4.9.

5.- Se abrirá una nueva ventana Figura 4.11, esta será la aplicación que se utilizará para el diseño de este tipo de Resonador.

### CILINDRO



**a** Absorción Máxima:  m<sup>2</sup> sabine

**b** Número de Resonadores:

**c** Bruto:

**d** Neto:

**e** Desperdicio:  %

**f** Desperdicio:  m<sup>2</sup>

**Ingreso de Datos**

**g** Radio del Cuello a:  m

**h** Largo del Cuello l:  m

**i** Frecuencia:  Hz.

**j** Absorción Total:  m<sup>2</sup> sabine

**k** a:            m

**l** l:             m

**m** v:            m<sup>3</sup>

**n** h:            m

**o** r:             m

**q** **Diseño Manual**

**r** **Diseño Automático**

**s** **Calcular**

**t** **Limpiar**

**u** **Salir**

Figura 4.11 Formulario para el resonador con geometría de Cilindro.

- a) Resultado (absorción Máxima se obtiene por la fórmula  $A_{\max} = \frac{\lambda^2}{4\pi}$ ).
- b) Resultado (número de resonadores Bruto y Neto, es el resultado de la división entre absorción total y absorción máxima).
- c) Resultado (Resonadores Bruto con decimal).
- d) Resultado (Resonadores Neto redondeado al inmediato superior numero entero).
- e) Resultado (Desperdicio valor decimal por 100 en el porcentaje).
- f) Resultado (Desperdicio valor decimal por la superficie de un Resonador).
- g) Radio del cuello tomando en cuenta la siguiente restricción  $0.0027\sqrt{\lambda} \leq a \leq 0.029\lambda$ .
- h) Largo del cuello tomando en cuenta la siguiente restricción  $l \leq \lambda/16$ .
- i) Frecuencia de diseño para el resonador cuyo rango debe estar de 20hz a 500hz, caso contrario el software mostrara un mensaje de error Figura 4,4.
- j) Cantidad de Absorción que el usuario requiere para el recinto.
- k) Resultado (Radio del cuello).
- l) Resultado (Largo del cuello).
- m) Resultado (Volumen del Resonador).
- n) Resultado (Altura del Cilindro).
- o) Resultado (Radio de la Base).
- p) Gráfico estándar del Resonador.
- q) Botón de acción Diseño Manual (Se utiliza al ingresar previamente literales g, h, i. arroja resultados en los literales k, l, m, n, o, de la Figura 4.11).
- r) Botón de acción Diseño Automático (Se utiliza luego de ingresar solo la frecuencia literal i, arroja resultados en los literales k, l, m, n, o, de la Figura 4.11).
- s) Botón de acción Calcular arrojará resultados en a, c, d, e, f, de la Figura 4.11 habiendo presionado uno de los 2 botones de Diseñar primero según sea el caso.
- t) Botón de acción (limpia todos los campos).
- u) Botón de acción (Regresa al formulario inicial figura 4.1).
- v) Gráfico estándar del Resonador.

6.- Para Diseño Automático. Ingresar la frecuencia respetando los parámetros (Figura 4.11 literal i), en caso de usar decimal este tiene que ser separado por coma (,) si se utiliza punto (.) el software generara un mensaje de error Figura 4.6.

7.- Ingresar la Absorción total Figura 4.11 literal j.

8.- Clic en el Botón Diseño Automático (literal r), este arrojará resultados descritos en el literal r de la Figura 4.11.

9.- Clic en el Botón Calcular, este arrojará resultados descritos en el literal s de la Figura 4.11.

10.- Para diseño Manual Ingresar valores de Radio y Largo del cuello respetando las restricciones de los literales g y h de la Figura 4.11. Ingresar la frecuencia respetando los parámetros (Figura 4.11 literal i), en caso de usar decimal este tiene que ser separado por coma (,) si se utiliza punto (.) el software generara un mensaje de error Figura 4.6.

11.- Ingresar la Absorción total Figura 4.11 literal j.

12.- Clic en el Botón Diseño Manual (literal q), este arrojará resultados descritos en el literal q de la Figura 4.11.

13.- Clic en el Botón Calcular, este arrojará resultados descritos en el literal s de la Figura 4.11.

### **Diseño de Resonadores Helmholtz Simple**

- **Desarrollo**

1.- Para el desarrollo de Resonadores Hemholtz Simple (Paralelepípedo). Ingresar al software desarrollado mismo que tendrá la siguiente estructura en su campo figura 4.1.

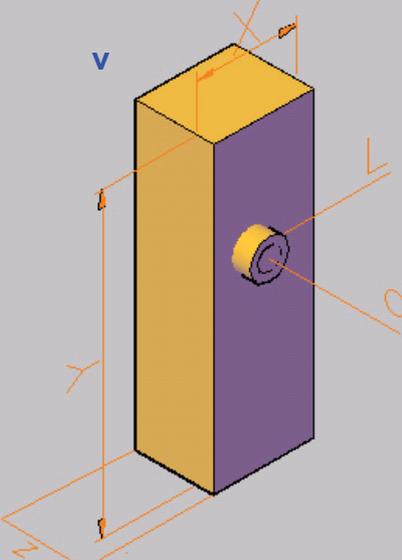
2.- Ingresar a Resonadores Figura 4.2.

3.- Escoger Helmholtz dentro de este, escoger Simple, Figura 4.8.

4.- Se abrirá una ventana de selección con los 3 tipos geometrías más utilizadas para el volumen dentro de la cual escoger Paralelepípedo Figura 4.9.

5.- Se abrirá una nueva ventana Figura 4.12, esta será la aplicación que se utilizará para el diseño de este tipo de Resonador.

**PARALELEPIPEDO**



**a** Absorción Máxima:  m<sup>2</sup> sabine

**b** Número de Resonadores:

**c** Bruto:

**d** Neto:

**e** Desperdicio:  %

**f** Desperdicio:  m<sup>2</sup>

Ingreso de Datos

**g** Radio del Cuello a:  m

**h** Largo del Cuello l:  m

**i** Frecuencia:  Hz.

**j** Absorción Total:  m<sup>2</sup> sabine

**k** a: m    **n** x: m

**m** l: m    **o** y: m

**l** v: m<sup>3</sup>    **p** z: m

**q** Diseño Manual

**r** Diseño Automático

**s** Calcular

**t** Limpiar

**u** Salir

Figura 4.12 Formulario Paralelepípedo.

- a) Resultado (absorción Máxima se obtiene por la fórmula  $A_{\max} = \frac{\lambda^2}{4\pi}$ ).
- b) Resultado (número de resonadores Bruto y Neto, es el resultado de la división entre absorción total y absorción máxima).
- c) Resultado (Resonadores Bruto con decimal).
- d) Resultado (Resonadores Neto redondeado al inmediato superior número entero).
- e) Resultado (Desperdicio valor decimal por 100 en el porcentaje).
- f) Resultado (Desperdicio valor decimal por la superficie de un Resonador).
- g) Radio del cuello tomando en cuenta la siguiente restricción  $0.0027\sqrt{\lambda} \leq a \leq 0.029\lambda$ .
- h) Largo del cuello tomando en cuenta la siguiente restricción  $l \leq \lambda/16$ .

- i) Frecuencia de diseño para el resonador cuyo rango debe estar de 20hz a 500hz, caso contrario el software mostrara un mensaje de error Figura 4.4.
- j) Cantidad de Absorción que el usuario requiere para el recinto.
- k) Resultado (Radio del cuello).
- l) Resultado (Largo del cuello).
- m) Resultado (Volumen del Resonador).
- n) Resultado (Ancho del cilindro).
- o) Resultado (Altura del cilindro).
- p) Resultado (Profundidad del cilindro).
- q) Botón de acción Diseño Manual (Se utiliza al ingresar previamente literales g, h, i. arroja resultados en los literales k, l, m, n, o, p de la Figura 4.12).
- r) Botón de acción Diseño Automático (Se utiliza luego de ingresar solo la frecuencia literal i, arroja resultados en los literales k, l, m, n, o, p de la Figura 4.12).
- s) Botón de acción Calcular arrojará resultados en a, c, d, e, f, de la Figura 4.12 habiendo presionado uno de los 2 botones de Diseñar primero según sea el caso.
- t) Botón de acción (limpia todos los campos).
- u) Botón de acción (Regresa al formulario inicial figura 4.1).
- v) Gráfico estándar del Resonador.

6.- Para Diseño Automático. Ingresar la frecuencia respetando los parámetros (Figura 4.12 literal i), en caso de usar decimal este tiene que ser separado por coma (,) si se utiliza punto (.) el software generara un mensaje de error Figura 4.6.

7.- Ingresar la Absorción total Figura 4.10 literal j.

8.- Clic en el Botón Diseño Automático (literal r), este arrojará resultados descritos en el literal r de la Figura 4.12.

9.- Clic en el Botón Calcular, este arrojará resultados descritos en el literal s de la Figura 4.12.

10.- Para diseño Manual Ingresar valores de Radio y Largo del cuello respetando las restricciones de los literales g y h de la Figura 4.12, Ingresar la frecuencia respetando los parámetros (Figura 4.12 literal i), en caso de usar decimal este tiene que ser separado por coma (,) si se utiliza punto (.) el software generara un mensaje de error Figura 4.6.

11.- Ingresar la Absorción total Figura 4.12 literal j.

12.- Clic en el Botón Diseño Manual (literal q), este arrojará resultados descritos en el literal q de la Figura 4.12.

13.- Clic en el Botón Calcular, este arrojará resultados descritos en el literal s de la Figura 4.12.

#### 4.3.3.- Diseño de Resonadores Helmholtz Múltiple

- **Diseño**

1.- Para el desarrollo de Resonadores Helmholtz Múltiple (Perforado). Ingresar al software desarrollado mismo que tendrá la siguiente estructura en su campo figura 4.1.

2.- Ingresar a Resonadores Figura 4.2.

3.- Escoger Helmholtz dentro de este escoger Múltiple, Figura 4.8.

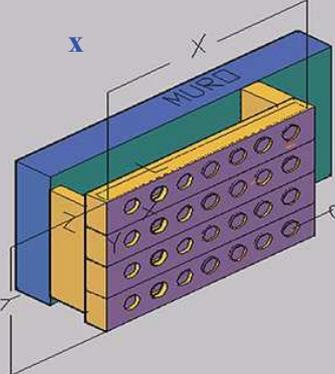
4.- Se abrirá una ventana de selección con 2 tipos de Resonadores Múltiples escoger Perforado Figura 4.13.



Figura 4.13 Formulario Menú para el Resonador Múltiple de Helmholtz.

5.- Se abrirá una nueva ventana Figura 4.14, esta será la aplicación que se utilizará para el diseño de este tipo de Resonador.

**PERFORADO**



**a** Absorción Total:  m<sup>2</sup> sabine

**b** Número de Resonadores:

**c** Bruto:

**d** Neto:

**e** Desperdicio:  %

**f** Desperdicio:  m<sup>2</sup>

Ingreso de Datos

**l** a:  m

**m** l:  m

**n** Volumen total:  m<sup>3</sup>

**o** Volumen de un Resonador:  m<sup>3</sup>

**p** Ancho división x:  m

**q** Alto de la división y:  m

**r** Profundidad de la ranura z:  m

**g** Radio del Cuello a:  m

**h** Espesor del Panel l:  m

**i** Frecuencia:  Hz

**j** Ancho del panel X:  m

**k** Alto del panel Y:  m

**Diseño Manual** **Diseño Automático** **Calcular** **Limpiar** **Salir**

**S** **t** **u** **v** **w**

Figura 4.14 Formulario Resonador Perforado.

- a) Resultado (absorción total se obtiene por la fórmula  $A_{max} = \frac{\lambda^2}{4\pi}$ ).
- b) Resultado (número de resonadores Bruto y Neto, es el resultado de la división entre absorción total y absorción máxima).
- c) Resultado (Resonadores Bruto con decimal).
- d) Resultado (Resonadores Neto redondeado al inmediato inferior numero entero).
- e) Resultado (Desperdicio valor decimal por 100 en el porcentaje).
- f) Resultado (Desperdicio valor decimal por la superficie de un Resonador
- g) Radio del cuello tomando en cuenta la siguiente restricción  $0.0027\sqrt{\lambda} \leq a \leq 0.029\lambda$ .
- h) Espesor del panel tomando en cuenta la siguiente restricción  $l \leq \lambda/16$ .
- i) Frecuencia de diseño para el resonador cuyo rango debe estar de 500hz a 2000hz, caso contrario el software mostrara un mensaje de error Figura 4.15.



Figura 4.15 Mensaje de error.

- j) Ancho requerido del panel.
- k) Alto del requerido panel.
- l) Resultado (Radio de la Perforación).
- m) Resultado (Espesor de la Perforación).
- n) Resultado (Suma de volúmenes de cada resonador).
- o) Resultado (Volumen del Resonador).
- p) Resultado (Ancho de la división).
- q) Resultado ( Altura de la división).
- r) Resultado (Profundidad de la Ranura).
- s) Botón de acción Diseño Manual (Se utiliza al ingresar previamente literales g, h, i, j, k. arroja resultados en los literales l, m, n, o, p, q, r, de la Figura 4.14).
- t) Botón de acción Diseño Automático (Se utiliza luego de ingresar valores en los literales i, j, k, arroja resultados en los literales l, m, n, o, p, q, r de la Figura 4.14).
- u) Botón de acción Calcular arrojará resultados en los literales a, c, d, e, f, de la Figura 4.14 habiendo presionado uno de los 2 botones de Diseñar primero según sea el caso.
- v) Botón de acción (limpia todos los campos).
- w) Botón de acción (Regresa al formulario inicial figura 4.1).
- x) Gráfico estándar del Resonador.

6.- Para Diseño Automático. Ingresar la frecuencia respetando los parámetros (Figura 4.14 literal i), el alto y el ancho del panel (Figura 4.14 literales j y k) en caso de usar decimal este tiene que ser separado por coma (,) si se utiliza punto (.) el software generará un mensaje de error Figura 4.6.

7.- Clic en el Botón Diseño Automático (literal t), este arrojará resultados descritos en el literal t de la Figura 4.14.

8.- Clic en el Botón Calcular, este arrojará resultados descritos en el literal u de la Figura 4.14.

9.- Para diseño Manual Ingresar valores de Radio y espesor del panel respetando las restricciones de los literales g y h de la Figura 4.14, Ingresar la frecuencia respetando los parámetros (Figura 4.14 literal i), el alto y el ancho del panel (Figura 4.14 literales j y k), en caso de usar decimal este tiene que ser separado por coma (,) si se utiliza punto (.) el software generara un mensaje de error Figura 4.6.

10.- Clic en el Botón Diseño Manual (literal s), este arrojará resultados descritos en el literal s de la Figura 4.14.

11.- Clic en el Botón Calcular, este arrojará resultados descritos en el literal u de la Figura 4.14.

### **Diseño de Resonadores Helmholtz Múltiple**

- **Diseño**

1.- Para el desarrollo de Resonadores Helmholtz Múltiple (Ranurado). Ingresar al software desarrollado mismo que tendrá la siguiente estructura en su campo figura 4.1.

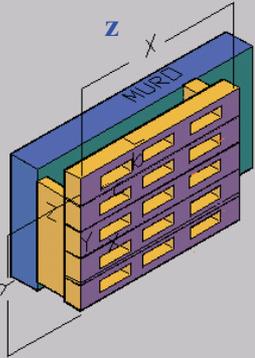
2.- Ingresar a Resonadores Figura 4.2.

3.- Escoger Helmholtz dentro de este escoger Múltiple, Figura 4.8.

4.- Se abrirá una ventana de selección con 2 tipos de Resonadores Múltiples escoger Ranurado Figura 4.13.

5.- Se abrirá una nueva ventana Figura 4.16, esta será la aplicación que se utilizará para el diseño de este tipo de Resonador.

**RANURADO**



**a** Absorción Total:  m<sup>2</sup> sabine

**b** Número de Resonadores:

**c** Bruto:

**d** Neto:

**e** Desperdicio:  %

**f** Desperdicio:  m<sup>2</sup>

**g** Radio del Cuello a:

**h** Espesor del Panel l:

**i** Frecuencia:

**j** Ancho del panel X:

**k** Alto del panel Y:

**l** a:  m

**m** l:  m

**n** Volumen total:  m<sup>3</sup>

**o** Volumen de un Resonador:  m<sup>3</sup>

**p** Ancho de la división x:  m

**q** Alto de la división y:  m

**r** Profundidad de la ranura z:  m

**x** Alto ranura b:  m

**y** Ancho ranura c:  m

Ingreso de Datos

**Calcular** **Limpiar** **Salir**

**Diseño Manual** **Diseño Automático**

Figura 4.16 Resonador Ranurado.

- a) Resultado (absorción total se obtiene por la fórmula  $A_{max} = \frac{\lambda^2}{4\pi}$ ).
- b) Resultado (número de resonadores Bruto y Neto, es el resultado de la división entre absorción total y absorción máxima).
- c) Resultado (Resonadores Bruto con decimal).
- d) Resultado (Resonadores Neto redondeado al inmediato inferior número entero).
- e) Resultado (Desperdicio valor decimal por 100 en el porcentaje).
- f) Resultado (Desperdicio valor decimal por la superficie de un Resonador).
- g) Radio del cuello tomando en cuenta la siguiente restricción  $0.0027\sqrt{\lambda} \leq a \leq 0.029\lambda$ .
- h) Espesor del panel tomando en cuenta la siguiente restricción  $l \leq \lambda/16$ .
- i) Frecuencia de diseño para el resonador cuyo rango debe estar de 500hz a 2000hz, caso contrario el software mostrara un mensaje de error Figura 4.15.
- j) Ancho requerido del panel.
- k) Alto del requerido panel.
- l) Resultado (Radio de la Perforación).
- m) Resultado (Espesor de la Perforación).
- n) Resultado (Suma de volúmenes de cada resonador).

- o) Resultado (Volumen del Resonador).
- p) Resultado (Ancho de la división).
- q) Resultado ( Altura de la división).
- r) Resultado (Profundidad de la Ranura).
- s) Botón de acción Diseño Manual (Se utiliza al ingresar previamente literales g, h, i, j, k. arroja resultados en los literales l, m, n, o, p, q, r, x, y de la Figura 4.16).
- t) Botón de acción Diseño Automático (Se utiliza luego de ingresar valores en los literales i, j, k, arroja resultados en los literales l, m, n, o, p, q, r, x, y de la Figura 4.16).
- u) Botón de acción Calcular arrojará resultados en los literales a, c, d, e, f, de la Figura 4.16 habiendo presionado uno de los 2 botones de Diseñar primero según sea el caso.
- v) Botón de acción (limpia todos los campos).
- w) Botón de acción (Regresa al formulario inicial figura 4.1).
- x) Alto de la ranura.
- y) Ancho de la Ranura.
- z) Gráfico estándar del Resonador.

6.- Para Diseño Automático. Ingresar la frecuencia respetando los parámetros (Figura 4.15 literal i), el alto y el ancho del panel (Figura 4.16 literales j y k) en caso de usar decimal este tiene que ser separado por coma (,) si se utiliza punto (.) el software generara un mensaje de error Figura 4.6.

7.- Clic en el Botón Diseño Automático (literal t), este arrojará resultados descritos en el literal t de la Figura 4.16.

8.- Clic en el Botón Calcular, este arrojará resultados descritos en el literal u de la Figura 4.16.

9.- Para diseño Manual Ingresar valores de Radio y espesor del panel respetando las restricciones de los literales g y h de la Figura 4.16, Ingresar la frecuencia respetando los parámetros (Figura 4.16 literal i), el alto y el ancho del panel (Figura 4.16 literales j y k), en caso de usar decimal este tiene que ser separado por coma (,) si se utiliza punto (.) el software generara un mensaje de error Figura 4.6.

10.- Clic en el Botón Diseño Manual (literal s), este arrojará resultados descritos en el literal s de la Figura 4.16.

11.- Clic en el Botón Calcular, este arrojará resultados descritos en el literal u de la Figura 4.16.

#### 4.3.4.- Diseño de Resonadores de Listones

- **Diseño**

1.- Para el desarrollo de Resonadores de Listones . Ingresar al software desarrollado, mismo que tendrá la siguiente estructura en su campo figura 4.1.

2.- Ingresar a Resonadores Figura 4.2.

3.- Escoger Listones Figura 4.8.

4.- Se abrirá una nueva ventana Figura 4.17, esta será la aplicación que se utilizará para el diseño de este tipo de Resonador.

**LISTONES**

**Ingreso de Datos**

**a** Ancho de la Ranura b:  m

**b** Espesor del listón l:  m

**c** Ancho del Listón w:  m

**d** Ancho del listón de apoyo y:  m

**e** Distancia al muro z:  m

**f** Frecuencia:  Hz

**g** Ancho total X:  m

**h** Alto total Y:  m

**i** H:  m

**j** Area:  m<sup>2</sup>

**k** Frecuencia de ajuste:  Hz

**l** Absorción Total:  m<sup>2</sup> Sabine

**Diseño Automático** **Calcular** **Limpiar** **Salir**

**m** **n** **o** **p**

Figura 4.17 Resonador de Helmholtz a base de Listones.

- Ancho de la ranura.
- Espesor del listón.
- Ancho del listón.
- Ancho del listón de apoyo.
- Distancia al muro.
- Frecuencia de diseño para el resonador cuyo rango debe estar de 300hz a 2000hz, caso contrario el software mostrará un mensaje de error Figura 4.18.



Figura 4.18 Mensaje de error.

- g) Ancho Total.
- h) Alto Total.
- i) Altura.
- j) Área.
- k) Frecuencia Inicial.
- l) Absorción total.
- m) Botón de acción Diseño Automático (arroja resultados en los literales i, j, k de la Figura 4.17).
- n) Botón de acción Calcular arrojará el resultado de la absorción total literal l de la Figura 4.17.
- o) Botón de acción (limpia todos los campos).
- p) Botón de acción (Regresa al formulario inicial figura 4.1).

5.- El proceso para el diseño de este tipo de resonadores es complicado, debido a que se debe cumplir con un ciclo de ajuste para llegar a las dimensiones correctas que permitan que el dispositivo funcione a la frecuencia deseada, es por esto que esta es una herramienta de diseño de manual, el usuario debe ingresar los siguientes datos:

- Frecuencia (F).
- Ancho de la ranura (b).
- Espesor del listón (l).
- Ancho del listón (w).
- Ancho del listón de apoyo (y).
- distancia al muro (z).
- Ancho del panel (X).
- Alto del panel (Y).

6.- Clic en el Botón Diseño Automático arrojará resultados descritos en el literal m de la Figura 4.17.

7.- Clic en el Botón Calcular este arrojará el valor de la absorción total, literal n de la Figura 4.17.

8.- Una vez encontrada la frecuencia, de ser necesario, se deben variar las dimensiones para que el resonador funcione según las necesidades del usuario.

## 4.2.- Diseño de Difusores Schröder

### 4.2.1.- Diseño de Difusores Schröder MLS

1.- Para el desarrollo de Difusores Schröder MLS. Ingresar al software desarrollado, mismo que tendrá la siguiente estructura en su campo figura 4.1.

2.- Ingresar a Difusores y Elegir Schröder, escoger Difusores MLS Figura 4.19.



Figura 4.19 Menú Difusores.

4.- Se abrirá una nueva ventana Figura 4.20, esta será la aplicación que se utilizará para el diseño de este tipo de Difusores.

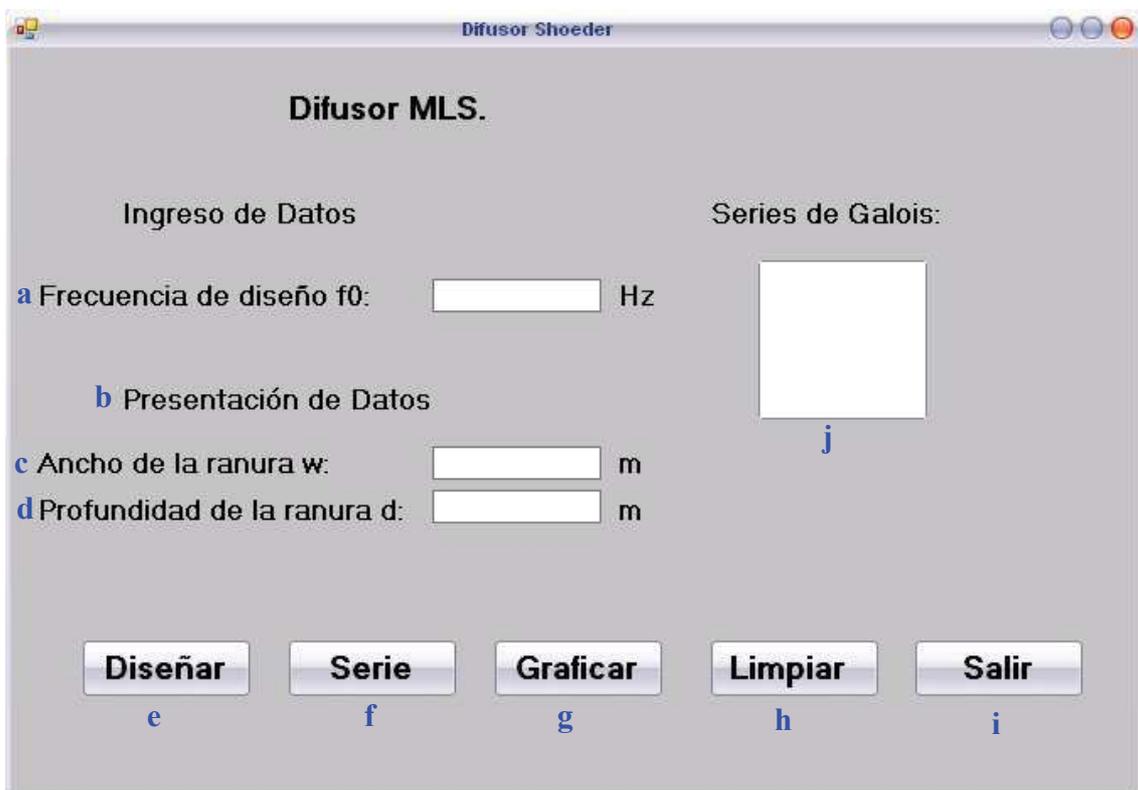


Figura 4.20 Difusor MLS.

- a) Frecuencia de diseño, que debe estar en un rango de 700Hz y 3000Hz de lo contrario el software mostrará un mensaje de error Figura 4.21.



Figura 4.21 Mensaje de error.

- b) Presentación de datos.  
 c) Ancho de la ranura w.  
 d) Profundidad de la ranura d.  
 e) Botón de acción Diseñar muestra resultados en los literales c y d de la Figura 4.20.  
 f) Botón de acción Serie, genera una de Galois dentro del literal j de la Figura 4.20 .  
 g) Botón de acción Graficar, abre una nueva ventana Figura 4.22, este tiene 7 barras (desde A hasta G), luego de ingresar la frecuencia y haber diseñado y abrir esta ventana presionar en el botón Graficar Figura 4.22 se generara en las barras la serie de Galois y un gráfico representando las perforaciones requeridas (barras blancas).

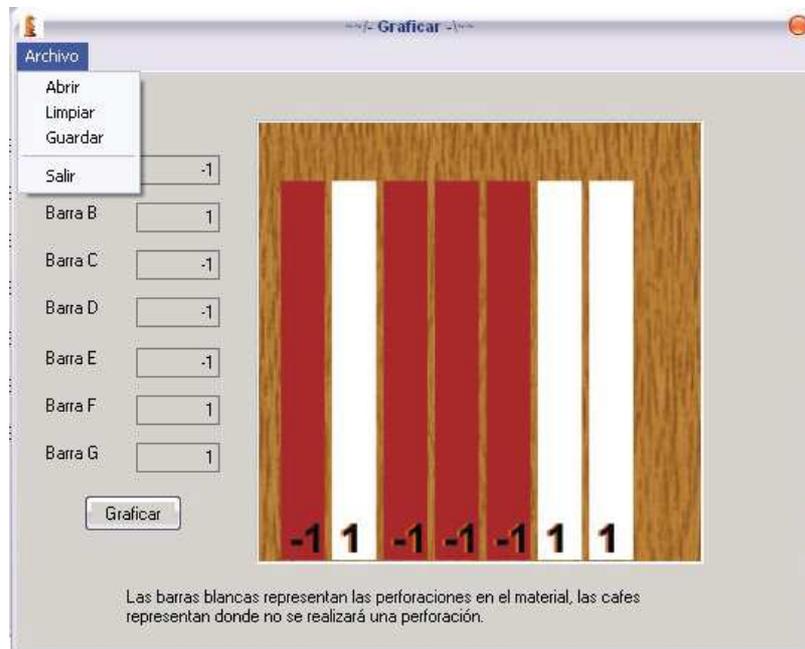


Figura 4.22 Formulario Graficar.

- h) Botón de acción (limpia todos los campos).
- i) Botón de acción (Regresa al formulario inicial figura 4.1).
- j) Series de Galois, se forma una serie de 7 literales representados por 1 y -1 donde 1 son los sectores donde se realizarán las perforaciones.

5.- Ingresamos la Frecuencia que debe cumplir con los parámetros descritos en el literal a de la Figura 4.20.

6.- Clic en Botón Diseñar, este arrojará resultados descritos en el literal e de la Figura 4.20.

7.- Clic en Botón Serie, este arrojará resultados descritos en el literal f de la Figura 4.20.

8.- Clic en Botón Graficar, este arrojará resultados descritos en el literal g de la Figura 4.20.

9.- Ir a al menú Archivo de la Figura 4.22, aquí podemos abrir otra imagen, limpiar los datos, Guardar la imagen generada en un archivo JPG y Salir a la Figura 4.20.

#### **4.2.2.- Diseño de Difusores Schröeder QRD**

1.- Para el desarrollo de Difusores Schröeder QRD (Unidimensional). Ingresar al software desarrollado mismo que tendrá la siguiente estructura en su campo figura 4.1.

2.- Ingresar a Difusores y Elegir Schröeder, escoger Difusores QRD aquí escoger Unidimensional Figura 4.19.

3.- Se abrirá una nueva ventana Figura 4.23, esta será la aplicación que se utilizará para el diseño de este tipo de Difusores.

Figura 4.23 Formulario QRD Unidimensional.

- a) Ingreso de datos.
- b) Número primo: el rango de este valor tiene que ser hasta 23.
- c) Frecuencia de diseño: el rango de esta tiene que estar de 700hz hasta 3000hz.
- d) Ancho del divisor t.
- e) Presentación de Datos.
- f) Resultado Frecuencia Máxima.
- g) Resultado Ancho de una división w.
- h) Resultado Ancho total del panel wt.
- i) Botón de acción Diseñar: muestra resultados en los literales f, g, h.
- j) Botón de acción Serie Crea series en los campos: n (número, literal n), Sn (secuencia generadora, literal o), Dsn (profundidad de la división correspondiente de Sn, literal p).
- k) Botón de acción Graficar, abre una nueva ventana Figura 4.24, este tiene 13 barras (desde A hasta n), luego de ingresar la frecuencia, número primo, ancho del divisor y haber diseñado al abrir esta ventana presionar en el botón Graficar Figura 4.24 se generara en las barras la serie respectiva y un gráfico representando el perfil del Difusor
- l) Botón de acción (limpia todos los campos).
- m) Botón de acción (Regresa al formulario inicial figura 4.1).
- n) n (número).
- o) Sn (secuencia generadora).
- p) Dsn (Largo de la división correspondiente de Sn).



Figura 4.24 Función Graficadora para el difusor QRD Unidimensional.

4.- Ingresamos la Frecuencia que debe cumplir con los parámetros descritos en el literal c de la Figura 4.23.

5.- Ingresamos el Número primo que debe cumplir con lo descrito en el literal b de la Figura 4.23.

6.- Ingresamos el Ancho del divisor literal d de la Figura 4.23.

7.- Clic en Botón Diseñar, este arrojará resultados descritos en el literal i de la Figura 4.23.

8.- Clic en Botón Serie, este arrojará resultados descritos en el literal j de la Figura 4.23.

9.- Clic en Botón Graficar, este arrojará resultados descritos en el literal k de la Figura 4.23.

10.- Ir a al menú Archivo de la Figura 4.24, aquí se puede abrir otra imagen, limpiar los datos, Guardar la imagen generada en un archivo JPG y regresar al formulario anterior.

#### 4.2.2.- Diseño de Difusores Schröder QRD

1.- Para el desarrollo de Difusores Schröder QRD (Bidimensional). Ingresar al software desarrollado, mismo que tendrá la siguiente estructura en su campo figura 4.1.

2.- Ingresar a Difusores y Elegir Schröder, escoger Difusores QRD aquí escoger Bidimensional Figura 4.19.

3.- Se abrirá una nueva ventana Figura 4.25, esta será la aplicación que se utilizará para el diseño de este tipo de Difusores.

Figura 4.25 Formulario QRD Bidimensional.

- a) Ingreso de datos.
- b) Número primo: el rango de este valor tiene que ser hasta 23.
- c) Frecuencia de diseño: el rango de esta tiene que estar de 700Hz hasta 3000Hz.
- d) Ancho del divisor  $t$ .
- e) Presentación de Datos.
- f) Resultado Frecuencia Máxima.
- g) Resultado Ancho de una división  $w$ .
- h) Resultado Ancho total del panel  $w_t$ .
- i) Botón de acción Diseñar muestra resultados en los literales f, g, h.
- j) Botón de Acción Serie, abre una nueva ventana (Figura 4.26) en la cual se muestran todas las profundidades al hacer clic en el botón Mostrar. Si se desea exportar a Excel hacer clic en Guardar y para regresar al formulario anterior clic en Salir.

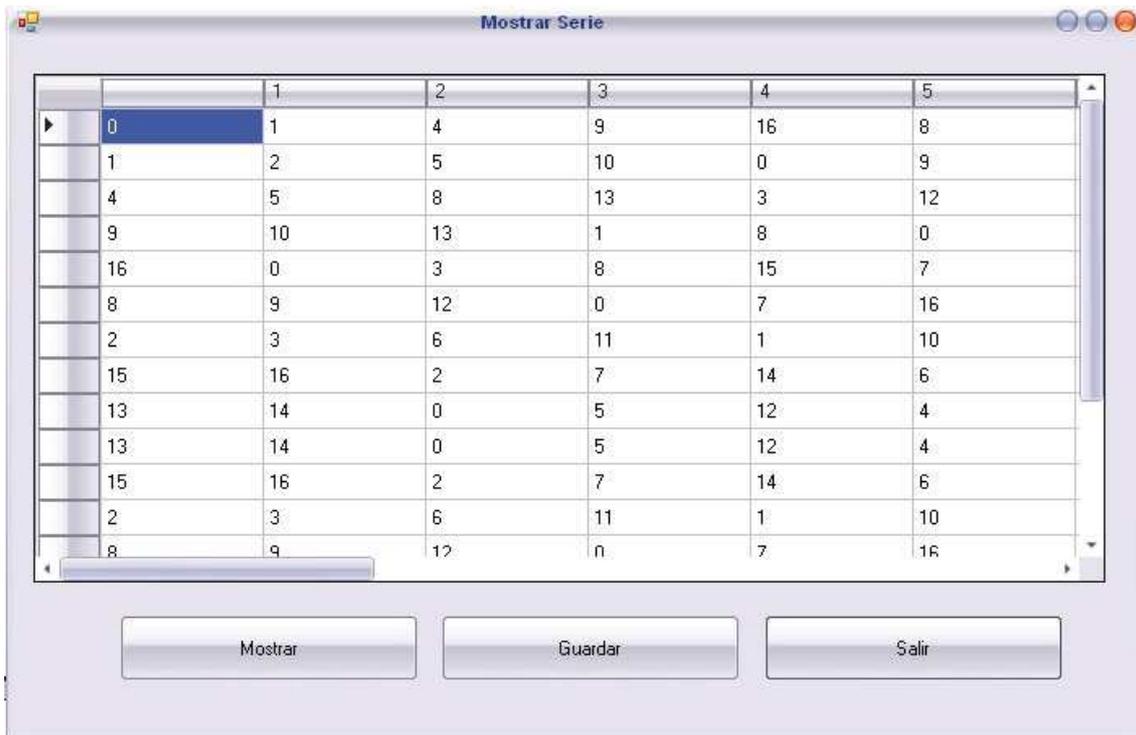


Figura 4.26 Formulario Serie.

- k) Botón de acción (limpia todos los campos).
- l) Botón de acción (Regresa al formulario inicial figura 4.1).

4.- La Frecuencia debe cumplir con los parámetros descritos en el literal de la Figura 4.25.

5.- Ingresamos el Número primo que debe cumplir con lo descrito en el literal b de la Figura 4.25.

6.- Ingresamos el Ancho del divisor literal d de la Figura 4.25.

7- Clic en Botón Diseñar, este arrojará resultados descritos en el literal i de la Figura 4.25.

8.- Clic en Botón Serie, este arrojará resultados descritos en el literal j de la Figura 4.25.

#### 4.2.3.- Diseño de Difusores Schröder PRD

1.- Para el desarrollo de Difusores Schröder PRD. Ingresar al software desarrollado, mismo que tendrá la siguiente estructura en su campo figura 4.1.

2.- Ingresar a Difusores y elegir Schröder, escoger Difusores PRD Figura 4.19.

3.- Se abrirá una nueva ventana (Figura 4.27), esta será la aplicación que se utilizará para el diseño de este tipo de Difusores.

The screenshot shows a software interface titled "Difusor PRD" within a window named "Difusor Schoeder". The interface is divided into several sections:

- Top Section:** Labeled "Difusor PRD" in the center. To its right are three vertical bars representing the design, labeled with the letters **n**, **o**, and **p**. Above these bars are input fields for "n:", "Sn:", and "DSn:". A unit "Cm" is indicated to the right of the bars.
- Left Section (Input Fields):**
  - Ingreso de Datos:** Contains four input fields: "Número primo p:", "Frecuencia de diseño f0:" (with "Hz" next to it), "Ancho del divisor t:" (with "m" next to it), and "Raíz Primitiva de p g:".
  - Presentación de Datos:** Contains three input fields: "Frecuencia Maxima:" (with "Hz" next to it), "Ancho de una division w:" (with "m" next to it), and "Ancho total del panel wt:" (with "m" next to it).
- Bottom Section (Buttons):** Five buttons are arranged horizontally: "Diseñar", "Serie", "Graficar", "Limpiar", and "Salir". Below each button is a small letter: **i**, **j**, **k**, **l**, and **m** respectively.

Figura 4.27 Formulario Difusor PRD.

- a) Ingreso de datos
- b) Número primo: el rango de este valor tiene que ser hasta 13 para que la función graficar funcione.
- c) Frecuencia de diseño: el rango de esta tiene que estar de 700Hz hasta 3000Hz
- d) Ancho del divisor t
- e) Presentación de Datos
- f) Resultado Frecuencia Máxima
- g) Resultado Ancho de una división w
- h) Resultado Ancho total del panel wt
- i) Botón de acción Diseñar muestra resultados en los literales f, g, h.
- j) Botón de acción Serie Crea series en los campos: n (número, literal n), Sn (secuencia generadora, literal o), Dsn (Largo de la división correspondiente de Sn, literal p).
- k) Botón de acción Graficar, abre una nueva ventana Figura 4.28, esta tiene 13 barras (desde a hasta n), luego de ingresar la frecuencia, número primo, ancho del divisor, la raíz primitiva g y haber dado un clic en el botón diseñar, al abrir esta ventana, presionar en el botón Graficar

Figura 4.28 se generara en las barras la serie respectiva y un gráfico representando el perfil del Difusor.

- l) Botón de acción (limpia todos los campos).
- m) Botón de acción (Regresa al formulario inicial figura 4.1).
- n) n (número).
- o) Sn (secuencia generadora).
- p) Dsn (Profundidad de la división correspondiente de Sn).
- q) Raíz Primitiva p g.



Figura 4.28 Formulario Graficar.

4.- Se ingresa la Frecuencia Inicial que debe cumplir con los parámetros descritos en el literal c de la Figura 4.27.

5.- Se ingresa el Número primo y la raíz primitiva p g, que deben cumplir con lo descrito en los literales b y q de la Figura 4.27.

6.- Se ingresa el Ancho del divisor literal d de la Figura 4.27.

7- Clic en Botón Diseñar, este arrojará resultados descritos en el literal i de la Figura 4.27.

8.- Clic en Botón Serie, este arrojará resultados descritos en el literal j de la Figura 4.27.

9.- Clic en Botón Graficar, este arrojará resultados descritos en el literal k de la Figura 4.27.

10.- Ir a al menú Archivo de la Figura 4.26, aquí podemos abrir otra imagen, limpiar los datos, Guardar la imagen generada en un archivo JPG y Salir a la aplicación Figura 4.27.

## **5 Evaluación del Software.**

### **5.1 Criterios de Evaluación de Software.**

Ante las crecientes necesidades actuales del profesor universitario por utilizar software que le facilite la transmisión del conocimiento, se hace necesario brindar un marco de referencia que oriente sobre aquellas características deseables en el software para su uso en la docencia.

Este marco de referencia en algunos casos ha sido catalogado como una "evaluación", aunque en realidad para propósitos técnicos inherentes a cada tipo de software no son de gran importancia, como son sus potencialidades pedagógicas de estructura y metodológicas.

En general la evaluación tradicional de un software se divide en dos grandes momentos:

- a. Durante el proceso de desarrollo del software para corregir posibles deficiencias
- b. Posterior a su liberación durante el acceso por los usuarios finales para verificar su integración, su eficiencia y los resultados que brinda, con el propósito de introducir mejoras antes de editar la versión definitiva.

Definitivamente los usuarios finales no tienen acceso a las evaluaciones descritas, no tienen la posibilidad de opinar sobre si algo está bien o mal, o si, debería incluir algunas alternativas adicionales.

Para catalogar a un software como "bueno", el mismo debe responder a diversos aspectos técnicos, pedagógicos, metodológicos, y funcionales que se describirán enseguida.

#### De fácil instalación y Uso

Si desde el momento de tener que instalar el software se presentan listas interminables de procedimientos y el proceso es lento y complejo el usuario manifiesta una actitud de rechazo. Por lo tanto es recomendable que el software se auto instale y que de ser necesario en algún momento futuro disponga de una utilidad de desinstalación fácilmente localizable y aplicable.

Asimismo, es deseable que una vez instalado el software presente accesos y menús que faciliten el movimiento y la salida del programa.

#### Calidad del Entorno

Es recomendable que el software sea atractivo a la vista, pero sin exagerar en contenidos, es decir que su sistema de menús y barras de herramientas estén adecuadamente distribuidos sin sobrecargar la pantalla.

## Versatilidad

Este es un aspecto de suma importancia si el software va a ser usado en diferentes contextos formativos. Por ejemplo si se requiere utilizar más de una instancia del software al mismo tiempo, este debe permitir este tipo de flexibilidad con el fin de poder trabajar en diferentes computadores simultáneamente.

## Movimientos Internos: Navegación

Es deseable que el moverse dentro del programa resulte sencillo, ello propiciará su facilidad de uso. El esquema de navegación debe permitir al usuario tener el control, acceder fácilmente a cualquier contenido. Así mismo la escritura desde el teclado debe verse en pantalla sin errores.

## Fomento de Autoaprendizaje e Iniciativa

El software debe permitir que el educando decida las tareas que va a desarrollar. Debe despertar el deseo individual de aprender, explorar y de generar más y mejores tareas.

## Documentación

Ya se ha mencionado que el programa deberá ser de fácil uso, pero ello no significa que se ponga de lado la documentación adecuada. En todo momento deberá disponerse de forma impresa en papel. La inclusión de ayudas al iniciar el programa y la posibilidad de disponer de ayuda en todo momento es indispensable.

Para la valoración del software se ha diseñado la siguiente tabla a ser llenada por medio de encuestas a profesionales y estudiantes de la acústica.

Valoración Global.

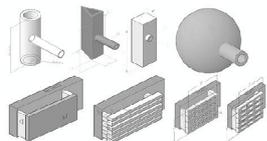
1. Malo      2. Regular      3. Adecuado      4. Bueno      5. Excelente

<b>Atributo</b>	<b>Valor</b>
Instalación-desinstalación	
Facilidad de manejo	
Gráficos, menús	
Desarrollo de la creatividad	
Interfaz, navegación	
Documentación	
Precio	
Interactividad	
Generación de ejercicios	
Valoración pedagógica	
Ponderación media	

Tabla 5.1. Tabla para encuesta.

Para el caso específico del Software didáctico, se creó una hoja de encuesta definida en la figura 5.1.

## Software Didáctico de



## Acústica Arquitectónica

Encuesta:

### Destinatarios:

Profesionales y estudiantes  
en el área de la acústica.

<b>Datos Técnicos</b>	
Plataforma (PC, Macintosh)	
Sistema Operativo:	
Procesador:	
Soporte Técnico Internet (Si, No)	
Espacio necesario HD: (Mb)	
Memoria RAM necesaria: (Mb)	

### Datos del encuestado

Edad:	
Ocupación	
En el caso de ser estudiante:	
Semestre:	

### Valoración Global

- 1 Malo
- 2 Regular
- 3 Adecuado
- 4 Bueno
- 5 Excelente

Atributo	Valor
Instalación-desinstalación	
Facilidad de manejo	
Gráficos, menús	
Desarrollo de la creatividad	
Interfaz, navegación	
Documentación	
Precio	
Interactividad	
Generación de ejercicios	
Valoración pedagógica	
Ponderación mediana	

Figura 5.1. Hoja a llenar por el encuestado.

## 5.2 Valoración por Medio de Encuestas.

Para definir el universo de estudiantes que han cursado la asignatura de acústica arquitectónica en la UDLA, se obtuvo valores por año desde la primera vez que se dictó la materia.

<b>Universo</b>		
<b>Año</b>	<b>Semestre</b>	<b>Alumnos</b>
2007	1	20
2007	2	4
2008	1	19
2008	2	12
2009	1	15
2009	2	9
2010	1	15
2010	2	8
<b>Total de alumnos:</b>		<b>102</b>

Tabla 5.2. Universo total de estudiantes.

Una vez obtenido el total de alumnos que han tomado el curso, se emplea la fórmula de muestra para obtener el total de encuestas a realizar.

$$n = (Z^2pqN) / (Ne^2 + Z^2pq) \quad (5.1)$$

Donde:

n: (muestra): es el número representativo del grupo de personas que se quiere estudiar (universo) y, por tanto, el número de encuestas que se deben realizar, o el número de personas que se deben encuestar.

N: (población): es el grupo de personas que se va a estudiar, las cuales podrían estar conformadas, por ejemplo, por un público objetivo.

z: (nivel de confianza): mide la confiabilidad de los resultados. Lo usual es utilizar un nivel de confianza de 95% (1.96) o de 90% (1.65). Mientras mayor sea el nivel de confianza, mayor confiabilidad tendrán los resultados, pero, por otro lado, mayor será el número de la muestra, es decir, mayores encuestas se deben realizar.

e: (grado de error): mide el porcentaje de error que puede haber en los resultados. Lo usual es utilizar un grado de error de 5% o de 10%. Mientras menor margen de error, mayor validez tendrán los resultados, pero, por otro lado, mayor será el número de la muestra, es decir, mayores encuestas tendrán que realizarse.

p: (probabilidad de ocurrencia): probabilidad de que ocurra el evento. Lo usual es utilizar una probabilidad de ocurrencia del 50%.

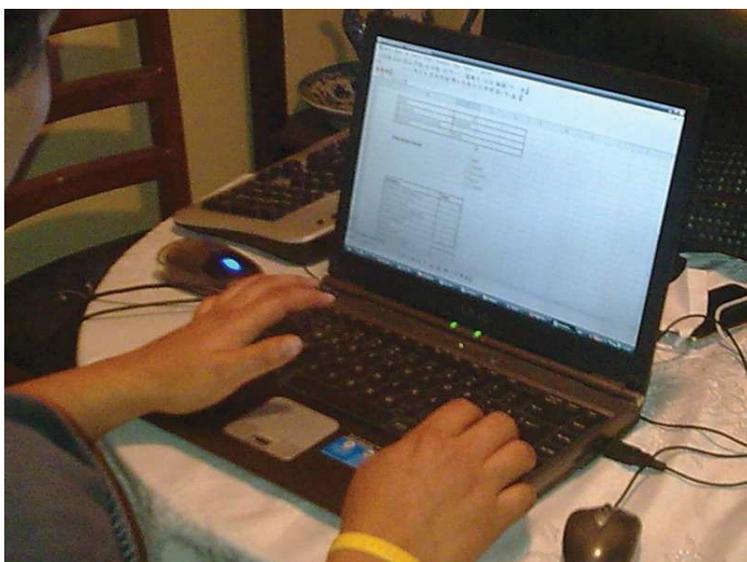
q: (probabilidad de no ocurrencia): probabilidad de que no ocurra el evento. Lo usual es utilizar una probabilidad de no ocurrencia del 50%. La suma de "p" más "q" siempre debe dar 100%.

Para el caso específico de la valoración del SDAQ, se tomaron los siguientes valores:

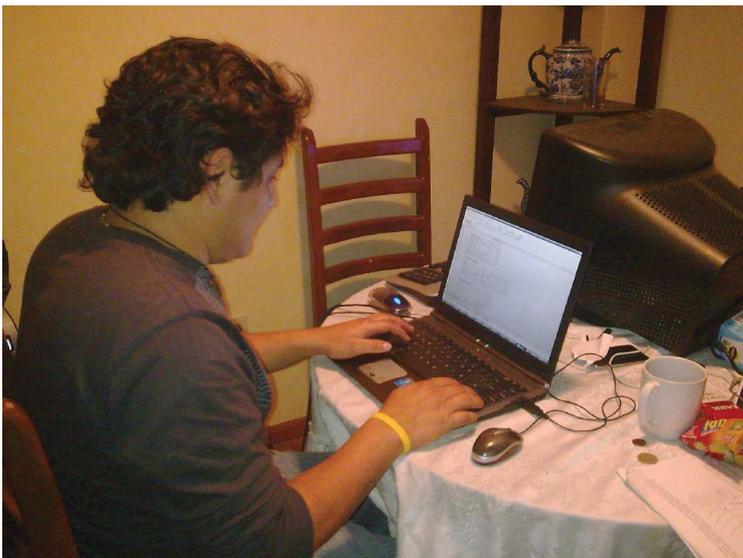
Parámetro	Valor	Porcentaje
z	0,9	90%
p	0,5	50%
q	0,5	50%
n	102	
e	0,089	8,90%
<b>Muestra</b>	<b>20,04</b>	

Tabla 5.3. Tamaño de la muestra.

Es decir que el número de personas a las que se deber realizar la encuesta es de igual a 20.



Fotografía 1. Encuesta



Fotografía 2. Encuesta.

Una vez realizadas las encuestas se realizó un promedio de lo obtenido en cada una de las hojas llenadas por los participantes. A continuación se presenta la ponderación global obtenida de las encuestas realizadas.

Encuesta	Ponderación
1	4,14
2	3,43
3	4
4	4
5	4
6	4,43
7	4,29
8	3,86
9	4,14
10	3,57
11	3,71
12	3,86
13	4,29
14	3,71
15	4
16	4
17	4
18	4,43
19	4,43
20	4,29

<b>Promedio:</b>	<b>4,03</b>
------------------	-------------

Tabla 5.4. Promedio de encuestas.

A continuación se presenta el valor obtenido por atributo del total de encuestas realizadas.

<b>Atributo</b>	<b>Valor</b>
Instalación-desinstalación	4
Facilidad de manejo	4,12
Gráficos, menús	4,14
Desarrollo de la creatividad	3,58
Interfaz, navegación	3,9
Documentación	4,2
Interactividad	4,3
Valoración pedagógica	4,3
<b>Ponderación media</b>	<b>4,03</b>

Tabla 5.5. Atributos encuestados.

En el anexo 9.3 se encuentra en detalle cada una de las encuestas realizadas.

### **5.3. Análisis de los datos obtenidos.**

A continuación se analizan los valores obtenidos para cada atributo del software.

Instalación desinstalación.- Para este atributo el dato obtenido después de la encuesta fue 4. Este valor implica que el atributo fue catalogado como bueno por parte de los participantes.

Facilidad de manejo.- Este atributo obtuvo un valor de 4,12. Este valor cataloga que el software es fácil de manejar e intuitivo para su utilización.

Gráficos, Menús.- El valor obtenido para este atributo del software fue de 4,14. Indica que el software tiene menús agradables para el usuario, y gráficos que mejoran la comprensión de los datos obtenidos.

Desarrollo de la creatividad.- Este atributo tiene una ponderación de 3,58. Debido a que el software está diseñado para dispositivos específicos, y sus funciones graficadoras están diseñadas para fines didácticos, es comprensible que esta sea la menor puntuación obtenida por parte de los encuestados, sin embargo se considera una valoración buena debido a que el valor obtenido esta por encima de suficiente.

Interfaz, Navegación.- Para este atributo se obtuvo una puntuación de 3,9. Este valor está vinculado a que se requiere conocer el software para acostumbrarse a su funcionamiento, también se debe conocer la teoría para poder navegar de forma mas eficiente, la calificación esta sobre lo suficiente.

Documentación.- En este atributo la calificación fue de 4,2. Se creó un minucioso manual de usuario, el cual guía al usuario en el diseño de cada uno de los dispositivos mencionados.

Interactividad.- Este atributo tiene una ponderación de 4,3. El software guía al usuario a introducir datos válidos así como también, tiene funciones graficadoras que permiten exportar archivos para guardarlos en el disco duro, la aceptación de estas funcionalidades tuvo buena acogida entre los participantes.

Valoración pedagógica.- Se obtuvo 4,3 de ponderación media para este atributo. Gran parte de los participantes está de acuerdo con que el software será una herramienta práctica y válida para el aprendizaje en el diseño de estos dispositivos.

En general el software obtuvo una calificación de 4,03. Esta calificación es sumamente positiva, ya que está por encima de una valoración de "bueno".

## 6. Conclusiones

- Se consiguió diseñar e implementar un software que cumple con las características necesarias para suplir la necesidad de automatizar el procedimiento de diseño de dispositivos acústicos.
- En el caso de los difusores, se implementaron funciones que permiten al software interactuar con herramientas de Microsoft, entre las cuales se tienen Excel, Manejador de Imágenes de Microsoft entre otras. Esta funcionalidad permite al usuario una mayor comprensión del dispositivo diseñado, debido a que lo puede ver, y al profesional le permite rápidamente exportar datos para reutilizarlos.
- Se consiguió una abstracción eficiente sobre las necesidades de los estudiantes y maestros para la elaboración del software y sus aplicaciones.
- Se Creó un exhaustivo manual técnico sobre la utilización del SDAAC (Software Didáctico de Acústica Arquitectónica)
- Al evaluar el Software mediante encuestas a los estudiantes que cursan o cursaron la materia de acústica arquitectónica, se obtuvieron calificaciones por encima de buenas, es decir que el software es eficiente y cumple con las expectativas de los usuarios.
- Una vez desarrollado el software, y a medida que se profundizaron conocimientos, se encontró que lo aprendido a lo largo de la carrera forma una base sólida y fundamental para la comprensión de cualquier investigación posterior. Ahora al tener un criterio formado más profundo sobre el diseño y utilización de los dispositivos acústicos se valora de forma relevante los conocimientos obtenidos, se califican como válidos y de relevancia para el desarrollo profesional.

## 7. Recomendaciones

- Para proyectos futuros relacionados con el desarrollo de software, se recomienda trabajar conjuntamente con profesionales de carreras orientadas al desarrollo de software, de esta manera se tendrá una herramienta más completa y menos dificultades en el desarrollo.
- Se recomienda implementar una asignatura para el estudio exhaustivo acerca de mediciones in situ de los diferentes dispositivos acústicos una vez instalados, con el fin de comparar los valores de diseño con otros obtenidos en el lugar de su instalación.
- Es de suma importancia que los estudiantes de la carrera tomen por lo menos un ramo orientado al desarrollo de software, de manera que puedan entender procedimientos de diseño básicos, debido a que la tecnología actual permite agilizar procesos de diseño
- Se recomienda estimular el desarrollo de herramientas con tecnología actual para el diseño de dispositivos de control de ruido y vibraciones.

## 8 Bibliografía.

### Marco Teórico.

#### Libros.

- Jorge Sommerhoff, Acústica de locales, Chile, Octubre de 1987.
- CARRIÓN Isbert, Antoni. Diseño acústico de espacios arquitectónicos. México, D. F. : Alfaomega, 2001.
- EVEREST, F. Alton (Frederick Alton). Master handbook of acoustics. 4a. ed. New York : McGraw-Hill, 2001.
- KINSLER, Lawrence. Fundamentos de acústica. México, D. F. : Limusa, 1999.
- Beranek L L, Music Acoustics and Architecture, Robert E. Krieger Publications, New York 1960.
- Grupo Vb, Programando-con-Visual-BasicNET-2005, Argentina, Septiembre 2007.

#### Apuntes.

- Clases de acústica arquitectónica.

#### Páginas Web.

#### Programación en Visual Basic .Net

- <http://msdn.microsoft.com/es-es/library/microsoft.visualbasic.strings.replace.aspx>
- <http://sergiotardio.blogspot.com/2008/05/vbnet-y-el-punto-decimal-en-los-textbox.html>
- [http://www.lawebdelprogramador.com/news/mostrar\\_new.php?id=192&exto=Visual+Basic.NET&n1=376702&n2=2&n3=0&n4=0&n5=0&n6=0&n7=0&n8=0&n9=0&n0=0](http://www.lawebdelprogramador.com/news/mostrar_new.php?id=192&exto=Visual+Basic.NET&n1=376702&n2=2&n3=0&n4=0&n5=0&n6=0&n7=0&n8=0&n9=0&n0=0)
- <http://msdn.microsoft.com/es-es/library/cey92b0t%28VS.80%29.aspx>

#### Diagramas de flujo

- [http://es.diagramas.org/flujo/Diagrama\\_de\\_flujo#S.C3.ADmbolos\\_utilizados](http://es.diagramas.org/flujo/Diagrama_de_flujo#S.C3.ADmbolos_utilizados)

### Evaluación del software.

- [http://byrong.iespana.es/infoeduc/ev\\_softw\\_ed.htm](http://byrong.iespana.es/infoeduc/ev_softw_ed.htm)
- <http://es.wikipedia.org/wiki/Encuesta>
- <http://www.mitecnologico.com/Main/ComoEstablecerLosNivelesDeConfianzaYElPorcentajeDeErrorAdmisibleMuestreoDeTrabajo>
- <http://www.crecenegocios.com/como-hacer-una-encuesta/>

## 9 Anexos.

### 9.1. Anexo 1 Módulos de Trabajo.

#### Modulounico.vb

```
Imports System.Math
```

```
Module ModuleUnico
    Public Const c = 344
    Public Const constante1 = 16
    Public landa As Double
    Public d As Double
    Public m As Double
    Public peso As Double = 0
    Public st As Double
    Public sr As Double
    Public Const coefabsorcion = 0.89
    Public Const coefabsorcion2 = 0.85
    Public nr1 As Double
    Public nr2 As Double
    Public desper1 As Double
    Public desper2 As Double
    Public l As Double
    Public a As Double
    Public ma As Double
    Public ca As Double
    Public v As Double
    Public Const ro = 1.18
    Public h As Double
    Public h2 As Double
    Public b As Double
    Public r As Double
    Public sc As Double
    Public amax As Double
    Public raiz_landa As Double
    Public x As Double
    Public y As Double
    Public z As Double
    Public per_y As Double
    Public per_x As Double
    Public vttotal As Double
    Public atotal As Double
    Public b2 As Double
    Public c2 As Double
    Public areal As Double
    Public altura As Double
    Public frecuencial As Double
    Public Const fx0 = 0.9
    Public Const fx1 = 1
    Public Const x1 = 1000
    Public Const x0 = 500
    Public fx As Double

    Function RDiafragmatico1(ByVal f1 As Double) As Double
        landa = c / f1

        d = landa / constante1
        Return (d)
    End Function
    Function RDiafragmatico2(ByVal f1 As Double) As Double
```

```

    m = (600 * 600) / (f1 * f1 * d)
    Return (m)
End Function
Function RDiafragmatico3(ByVal at As Double) As Double
    st = at / coefabsorcion
    Return (st)
End Function
Function RDiafragmatico4(ByVal pp As Double) As Double

    sr = pp / m
    nr1 = st / sr
    Return (nr1)
End Function
Function RDiafragmatico5() As Double
    nr2 = Round(nr1)
    If (nr2 > nr1) Then
        Return (nr2)
    Else
        Return (nr2 + 1)
    End If
End Function
Function RDiafragmatico6() As Double
    desper1 = (nr2 - nr1) * 100
    Return (desper1)
End Function
Function RDiafragmatico7() As Double
    desper2 = desper1 * sr
    Return (desper2)
End Function
Function RHelmholtz1(ByVal f1 As Double) As Double
    landa = c / f1
    raiz_landa = Sqrt(landa)
    l = landa / constantel
    l = l - 0.005
    Return (l)
End Function
Function RHelmholtz2() As Double
    a = 1 / 6
    Return (a)
End Function
Function volumen(ByVal f1 As Double) As Double
    ma = (1.18 * (1 + (1.7 * a))) / (a * a * 3.14)
    ca = 1 / (ma * 4 * PI * PI * f1 * f1)
    v = ro * c * c * ca
    Return (v)
End Function
Function volumen1(ByVal f1 As Double, ByVal a1 As Double, ByVal l1
As Double) As Double
    ma = (1.18 * (l1 + (1.7 * a1))) / (a1 * a1 * 3.14)
    ca = 1 / (ma * 4 * PI * PI * f1 * f1)
    v = ro * c * c * ca
    Return (v)
End Function
Function prisma() As Double
    h = 1
    b = 1
    h2 = (2 * v) / (b * h)
    Return (h)
End Function

```

```

Function prisma1() As Double
    Return (h2)
End Function
Function prisma2() As Double
    Return (b)
End Function
Function prisma3() As Double
    Return (ma)
End Function
Function AbsorcionMax(ByVal at As Double) As Double
    amax = (landa * landa) / (4 * PI)
    sr = b * h
    nr1 = at / amax
    Return (amax)
End Function
Function AbsorcionMaxcil(ByVal at As Double) As Double
    amax = (landa * landa) / (4 * PI)
    sr = h * PI * 2 * r
    nr1 = at / amax
    Return (amax)
End Function

Function SuperficieResonador() As Double

    Return (nr1)
End Function
Function Cilindro1() As Double
    h = 1
    Return (h)
End Function
Function Cilindro2() As Double
    r = Sqrt(v / (h * PI))
    Return (r)
End Function
Function SuperficieCilindro() As Double

    Return (nr1)
End Function
Function equiz() As Double
    x = 1
    y = 1
    z = v / (x * y)
    Return (x)
End Function
Function equiz1(ByVal l1 As Double) As Double
    x = l1
    y = l1
    z = v / (x * y)
    Return (x)
End Function
Function AbsorcionPar(ByVal at As Double) As Double
    amax = (landa * landa) / (4 * PI)
    sr = x * y
    nr1 = at / amax
    Return (amax)
End Function
Function VolumenPerforado(ByVal x3 As Double, ByVal y3 As Double)
As Double
    per_x = x3 / x

```

```

    per_y = y3 / y
    vttotal = v * per_x * per_y
    Return (vttotal)
End Function
Function AbsorcionTotal() As Double
    atotal = ((landa * landa) / (4 * PI)) * per_x * per_y
    Return (atotal)
End Function
Function Perforado1() As Double
    nr1 = per_x * per_y
    Return (nr1)
End Function
Function Perforado2() As Double
    desper2 = x * y * desper1
    Return (desper2)
End Function
Function Ranurado1() As Double
    c2 = a
    b2 = PI * a
    Return (b2)
End Function
Function Ranurado2(ByVal a2 As Double) As Double
    c2 = a2
    b2 = PI * a2
    Return (b2)
End Function
Function Area(ByVal b3 As Double, ByVal w3 As Double, ByVal y3 As
Double, ByVal z3 As Double) As Double
    areal = z3 * (w3 - y3 + b3)
    If areal <= 0 Then
        MsgBox("Las Dimensiones ingresadas provocan un Area
negativa: ""y"" no puede ser mayor que ""w"" y ""b""")
        areal = areal * (-1)
        Return (areal)
        frmlistones.Close()
        frmmenu.Show()
    End If
    Return (areal)
End Function
Function Frecuencia(ByVal b3 As Double, ByVal l3 As Double, ByVal
f3 As Double) As Double
    landa = c / f3
    altura = (l3 / b3) + ((2 / PI) * Log(landa / (b3 * PI))) + 0.7
    frecuencial = (c / (2 * PI)) * Sqrt(1 / (altura * areal))

    Return (frecuencial)
End Function
Function Interpolacion(ByVal f7 As Double) As Double
    Return (fx)
End Function
Function AbsorcionTotal1(ByVal x8 As Double, ByVal y8 As Double)
As Double
    atotal = ((landa * landa) / (4 * PI)) * x8 * y8
    Return (atotal)
End Function
End Module
ModuloDifusor.vb
Imports System.Math
Module Moduledifusor

```

```

Public landaresonador As Double
Public wmls As Double
Public dmls As Double
Public primo As Double
Public primo2 As Double
Public primo3 As Double
Public fmax1 As Double
Public wqrdul As Double
Public dsn_m(6) As Double
Public dsn_u() As Double
Public dsn_b(,) As Double
Public dsn_p() As Double
Public w_maxima As Double
Public primisimo As Double

Function mls1(ByVal fmls1 As Double) As Double
    landaresonador = c / fmls1
    wmls = landaresonador / 2
    dmls = landaresonador / 4
    Return (wmls)
End Function
Public Sub serie(ByVal list As ListBox)
    Dim i As Integer = 0
    Dim a(6) As Integer

    Randomize()
    For i = 0 To 6
        a(i) = CInt(Int((1 - (-1) + 1) * Rnd() + (-1)))
        If ((a(i) = 0)) Then
            i = i - 1
        Else
            dsn_m(i) = a(i)
            list.Items.Add(a(i))
        End If
    Next
End Sub
Function qrd1(ByVal pqrd1 As Double) As Boolean
    Dim flag As Boolean
    primo = pqrd1 Mod 2
    primo2 = pqrd1 Mod 3
    primo3 = pqrd1 Mod 5
    If (pqrd1 = 1) Then
        flag = True
        Return flag
    End If
    If (pqrd1 = 3) Then
        flag = True
        Return flag
    End If
    If (pqrd1 = 5) Then
        flag = True
        Return flag
    End If
    If ((primo <> 0) And (primo2 <> 0) And (primo3 <> 0)) Then
        flag = True
        Return (flag)
    Else

```

```

        flag = False
        Return (flag)
    End If
End Function
Public Sub qrd2(ByVal fqrd1 As Double, ByVal tqrd1 As Double)
    fmax1 = 2 * 2 * 2 * fqrd1
    wqrdul = (c / (2 * fmax1)) - tqrd1
    If (wqrdul < 0) Then
        MsgBox("Revise el ancho del divisor")
    End If
End Sub
Public Sub serie2(ByVal p1 As Double, ByVal fo As Double, ByVal
list As ListBox, ByVal list2 As ListBox, ByVal list3 As ListBox)
    Dim n(p1)
    Dim i As Integer = 0
    Dim Sn(p1)
    Dim Dsn(p1)
    ReDim dsn_u(0 To p1)
    primisimo = p1
    Randomize()
    For i = 0 To (p1 - 1)
        n(i) = i
        Sn(i) = (n(i) * n(i)) Mod p1
        Dsn(i) = (Sn(i) * c) / (2 * p1 * fo)
        Dsn(i) = Round(Dsn(i), 6)
        dsn_u(i) = Dsn(i)
        list.Items.Add(n(i))
        list2.Items.Add(Sn(i))
        list3.Items.Add(Round(Dsn(i) * 100, 1))
    Next
End Sub
Public Sub prd(ByVal fprd1 As Double, ByVal tprd1 As Double)
    fmax1 = 2 * 2 * fprd1
    wqrdul = (c / (2 * fmax1)) - tprd1
    If (wqrdul < 0) Then
        MsgBox("Revise el ancho del divisor")
    End If
End Sub
Public Sub serie3(ByVal p1 As Double, ByVal fo As Double, ByVal go
As Double, ByVal list As ListBox, ByVal list2 As ListBox, ByVal list3
As ListBox)
    Dim n(p1)
    Dim i As Integer = 1
    Dim Sn(p1)
    Dim Dsn(p1)
    ReDim dsn_p(0 To p1)
    primisimo = p1
    Randomize()
    For i = 1 To (p1 - 1)
        n(i) = i
        Sn(i) = (go ^ n(i)) Mod p1
        Dsn(i) = (Sn(i) * c) / (2 * p1 * fo)
        Dsn(i) = Round(Dsn(i), 6)
        dsn_p(i) = Dsn(i)
        list.Items.Add(n(i))
        list2.Items.Add(Sn(i))
        list3.Items.Add(Round(Dsn(i) * 100, 1))
    Next
End Sub

```

```

Public Sub serie4(ByVal p1 As Double, ByVal fo As Double)
    Dim n(p1)
    Dim m(p1)
    Dim i As Integer = 0
    Dim Snm(p1, p1)
    Dim Dsn(p1, p1)
    Dim j As Integer = 0
    ReDim dsn_b(p1 + 2, p1 + 2)
    primisimo = p1
    Randomize()
    For i = 0 To p1 - 1
        n(i) = i
        m(i) = i
    Next
    For i = 0 To (p1 - 1)

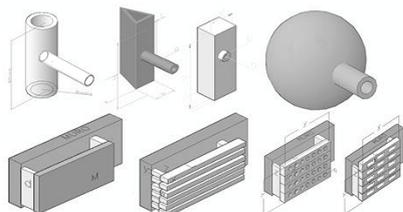
        For j = 0 To (p1 - 1)
            Snm(i, j) = ((n(i) * n(i)) + (m(j) * m(j))) Mod p1
            Dsn(i, j) = (Snm(i, j) * c) / (2 * p1 * fo)
            Dsn(i, j) = Round(Dsn(i, j), 6)
            dsn_b(i, j) = Round((Dsn(i, j) * 100), 0)
        Next

    Next
End Sub
Public Function bidimensional(ByVal w_t As Double, ByVal p_t As
Double)
    w_maxima = w_t * p_t
    Return (w_maxima)
End Function
End Module

```

## 9.2. Anexo 3 Encuestas.

1



**Software Didáctico de  
Acústica Arquitectónica**

Encuesta:

**Destinatarios:** Profesionales y estudiantes en el área de la acústica.

<b>Datos Técnicos</b>	
Plataforma (PC, Macintosh)	
Sistema Operativo:	
Procesador:	
Soporte Técnico Internet (Si, No)	
Espacio necesario HD: (Mb)	
Memoria RAM necesaria: (Mb)	

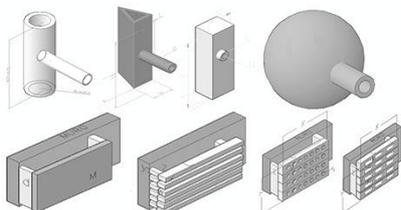
#### **Datos del encuestado**

Edad:	25
Ocupación	Estudiante
En el caso de ser estudiante:	
Semestre:	Quinto

<b>Valoración Global</b>	
	1 Malo
	2 Regular
	3 Adecuado
	4 Bueno
	5 Excelente

<b>Atributo</b>	<b>Valor</b>
Instalación-desinstalación	4
Facilidad de manejo	5
Gráficos, menús	5
Desarrollo de la creatividad	3
Interfaz, navegación	4
Documentación	4
Interactividad	4
Valoración pedagógica	4
Ponderación media	4,14

2



**Software Didáctico de**

## Acústica Arquitectónica

Encuesta:

**Destinatarios:** Profesionales y estudiantes en el área de la acústica.

<b>Datos Técnicos</b>	
Plataforma (PC, Macintosh)	
Sistema Operativo:	
Procesador:	
Soporte Técnico Internet (Si, No)	
Espacio necesario HD: (Mb)	
Memoria RAM necesaria: (Mb)	

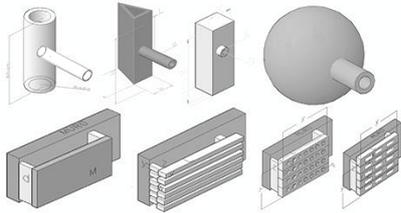
### Datos del encuestado

Edad:	21
Ocupación	Estudiante
En el caso de ser estudiante:	
Semestre:	6

<b>Valoración Global</b>	1 Malo
	2 Regular
	3 Adecuado
	4 Bueno
	5 Excelente

<b>Atributo</b>	<b>Valor</b>
Instalación-desinstalación	3
Facilidad de manejo	4
Gráficos, menús	3
Desarrollo de la creatividad	3
Interfaz, navegación	4
Documentación	4
Interactividad	3
Valoración pedagógica	3
<b>Ponderación media</b>	<b>3,43</b>

3



## Software Didáctico de Acústica Arquitectónica

Encuesta:

### Destinatarios:

Profesionales y  
estudiantes  
en el área de la acústica.

<b>Datos Técnicos</b>	
Plataforma (PC, Macintosh)	
Sistema Operativo:	
Procesador:	
Soporte Técnico Internet (Si, No)	
Espacio necesario HD: (Mb)	
Memoria RAM necesaria: (Mb)	

### Datos del encuestado

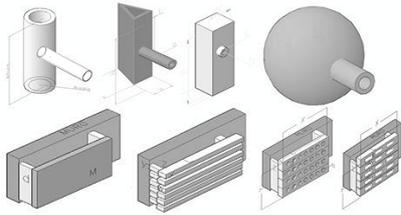
Edad:	21
Ocupación	Estudiante
En el caso de ser estudiante:	
Semestre:	6

<b>Valoración Global</b>	
	1 Malo
	2 Regular
	3 Adecuado
	4 Bueno
	5 Excelente

<b>Atributo</b>	<b>Valor</b>
Instalación-desinstalación	5
Facilidad de manejo	4
Gráficos, menús	3
Desarrollo de la creatividad	4
Interfaz, navegación	4
Documentación	5
Interactividad	3

Valoración pedagógica	4
<b>Ponderación media</b>	<b>4,00</b>

4



### Software Didáctico de Acústica Arquitectónica

Encuesta:

#### Destinatarios:

Profesionales y  
estudiantes  
en el área de la acústica.

<b>Datos Técnicos</b>	
Plataforma (PC, Macintosh)	
Sistema Operativo:	
Procesador:	
Soporte Técnico Internet (Si, No)	
Espacio necesario HD: (Mb)	
Memoria RAM necesaria: (Mb)	

#### Datos del encuestado

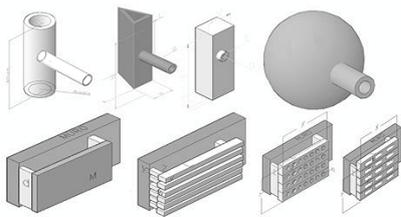
Edad:	23
Ocupación	Estudiante
En el caso de ser estudiante:	
Semestre:	10

<b>Valoración Global</b>	1 Malo
	2 Regular
	3 Adecuado
	4 Bueno
	5 Excelente

<b>Atributo</b>	<b>Valor</b>
-----------------	--------------

Instalación-desinstalación	4
Facilidad de manejo	5
Gráficos, menús	3
Desarrollo de la creatividad	2
Interfaz, navegación	5
Documentación	5
Interactividad	4
Valoración pedagógica	4
<b>Ponderación media</b>	<b>4,00</b>

5



### Software Didáctico de Acústica Arquitectónica

Encuesta:

#### Destinatarios:

Profesionales y estudiantes en el área de la acústica.

<b>Datos Técnicos</b>	
Plataforma (PC, Macintosh)	
Sistema Operativo:	
Procesador:	
Soporte Técnico Internet (Si, No)	
Espacio necesario HD: (Mb)	
Memoria RAM necesaria: (Mb)	

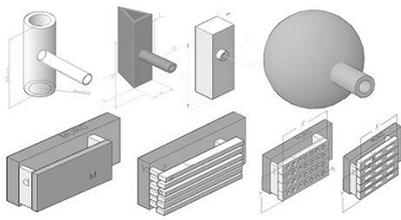
#### Datos del encuestado

Edad:	22
Ocupación	Estudiante
En el caso de ser estudiante:	
Semestre:	9

<b>Valoración Global</b>	1 Malo
	2 Regular
	3 Adecuado
	4 Bueno
	5 Excelente

Atributo	Valor
Instalación-desinstalación	3
Facilidad de manejo	4
Gráficos, menús	5
Desarrollo de la creatividad	3
Interfaz, navegación	5
Documentación	5
Interactividad	3
Valoración pedagógica	2
<b>Ponderación media</b>	<b>4,00</b>

6



**Software Didáctico de Acústica Arquitectónica**

Soporte Técnico Internet (Si, No)	
Espacio necesario HD: (Mb)	
Memoria RAM necesaria: (Mb)	

Encuesta:

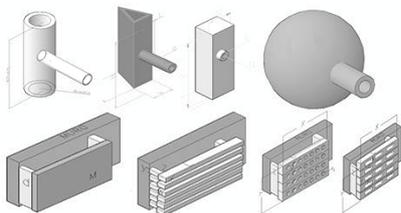
**Datos del encuestado**

Edad:	23
Ocupación	Radio
En el caso de ser estudiante:	
Semestre:	

<b>Valoración Global</b>	1 Malo
	2 Regular
	3 Adecuado
	4 Bueno
	5 Excelente

Atributo	Valor
Instalación-desinstalación	4
Facilidad de manejo	5
Gráficos, menús	4
Desarrollo de la creatividad	5
Interfaz, navegación	5
Documentación	4
Interactividad	4
Valoración pedagógica	5
<b>Ponderación media</b>	<b>4,43</b>

7



## Software Didáctico de Acústica Arquitectónica

Encuesta:

**Destinatarios:**

Profesionales y  
estudiantes  
en el área de la acústica.

**Datos Técnicos**

Plataforma (PC, Macintosh)	
Sistema Operativo:	
Procesador:	
Soporte Técnico Internet (Si, No)	
Espacio necesario HD: (Mb)	
Memoria RAM necesaria: (Mb)	

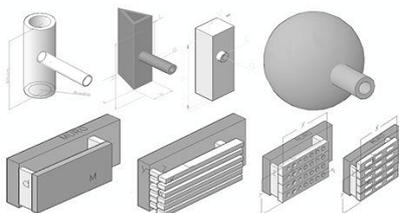
#### Datos del encuestado

Edad:	22
Ocupación	Servicios
En el caso de ser estudiante:	
Semestre:	

<b>Valoración Global</b>	1 Malo
	2 Regular
	3 Adecuado
	4 Bueno
	5 Excelente

Atributo	Valor
Instalación-desinstalación	4
Facilidad de manejo	4
Gráficos, menús	4
Desarrollo de la creatividad	4
Interfaz, navegación	4
Documentación	5
Interactividad	5
Valoración pedagógica	5
<b>Ponderación media</b>	<b>4,29</b>

8



### Software Didáctico de Acústica Arquitectónica

Encuesta:

**Destinatarios:** Profesionales y  
estudiantes  
en el área de la acústica.

<b>Datos Técnicos</b>	
Plataforma (PC, Macintosh)	
Sistema Operativo:	
Procesador:	
Soporte Técnico Internet (Si, No)	
Espacio necesario HD: (Mb)	
Memoria RAM necesaria: (Mb)	

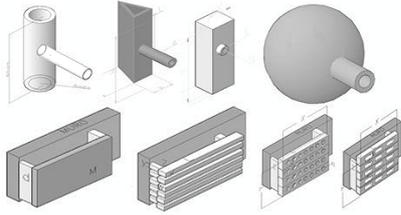
**Datos del encuestado**

Edad:	21
Ocupación	Estudiante
En el caso de ser estudiante	
Semestre:	6

<b>Valoración Global</b>	1 Malo
	2 Regular
	3 Adecuado
	4 Bueno
	5 Excelente

<b>Atributo</b>	<b>Valor</b>
Instalación-desinstalación	3
Facilidad de manejo	4
Gráficos, menús	4
Desarrollo de la creatividad	4
Interfaz, navegación	4
Documentación	5
Interactividad	3
Valoración pedagógica	5
<b>Ponderación media</b>	<b>3,86</b>

9



## Software Didáctico de Acústica Arquitectónica

Encuesta:

### Destinatarios:

Profesionales y estudiantes en el área de la acústica.

Datos Técnicos	
Plataforma (PC, Macintosh)	
Sistema Operativo:	
Procesador:	
Soporte Técnico Internet (Si, No)	
Espacio necesario HD: (Mb)	
Memoria RAM necesaria: (Mb)	

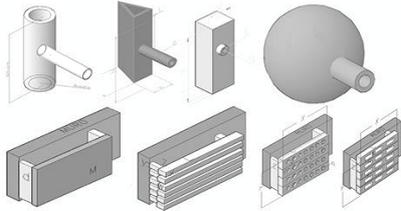
### Datos del encuestado

Edad:	22
Ocupación	Estudiante
En el caso de ser estudiante	
Semestre:	7

Valoración Global	
	1 Malo
	2 Regular
	3 Adecuado
	4 Bueno
	5 Excelente

Atributo	Valor
Instalación-desinstalación	4
Facilidad de manejo	5
Gráficos, menús	5
Desarrollo de la creatividad	4
Interfaz, navegación	3
Documentación	3
Interactividad	5
Valoración pedagógica	5
<b>Ponderación media</b>	<b>4,14</b>

10



## Software Didáctico de Acústica Arquitectónica

Encuesta:

### Destinatarios:

Profesionales y  
estudiantes  
en el área de la acústica.

<b>Datos Técnicos</b>	
Plataforma (PC, Macintosh)	
Sistema Operativo:	
Procesador:	
Soporte Técnico Internet (Si, No)	
Espacio necesario HD: (Mb)	
Memoria RAM necesaria: (Mb)	

### Datos del encuestado

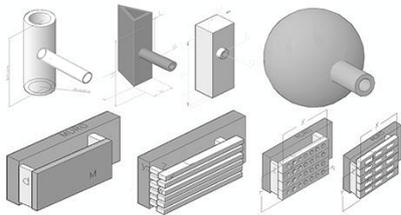
Edad:	22
Ocupación	Estudiante
En el caso de ser estudiante	
Semestre:	9

<b>Valoración Global</b>	
	1 Malo
	2 Regular
	3 Adecuado
	4 Bueno
	5 Excelente

<b>Atributo</b>	<b>Valor</b>
Instalación-desinstalación	3
Facilidad de manejo	4
Gráficos, menús	3

Desarrollo de la creatividad	4
Interfaz, navegación	4
Documentación	4
Interactividad	3
Valoración pedagógica	3
<b>Ponderación media</b>	<b>3,57</b>

11



### Software Didáctico de Acústica Arquitectónica

Encuesta:

#### Destinatarios:

Profesionales y estudiantes en el área de la acústica.

<b>Datos Técnicos</b>	
Plataforma (PC, Macintosh)	
Sistema Operativo:	
Procesador:	
Soporte Técnico Internet (Si, No)	
Espacio necesario HD: (Mb)	
Memoria RAM necesaria: (Mb)	

#### Datos del encuestado

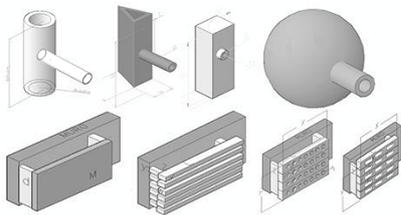
Edad:	22
Ocupación	Estudiante
En el caso de ser estudiante	
Semestre:	9

<b>Valoración Global</b>	1 Malo
	2 Regular
	3 Adecuado
	4 Bueno

5 Excelente

Atributo	Valor
Instalación-desinstalación	4
Facilidad de manejo	3
Gráficos, menús	5
Desarrollo de la creatividad	5
Interfaz, navegación	4
Documentación	3
Interactividad	2
Valoración pedagógica	3
<b>Ponderación media</b>	<b>3,71</b>

12



### Software Didáctico de Acústica Arquitectónica

Encuesta:

#### Destinatarios:

Profesionales y estudiantes en el área de la acústica.

Datos Técnicos	
Plataforma (PC, Macintosh)	
Sistema Operativo:	
Procesador:	
Soporte Técnico Internet (Si, No)	
Espacio necesario HD: (Mb)	
Memoria RAM necesaria: (Mb)	

#### Datos del encuestado

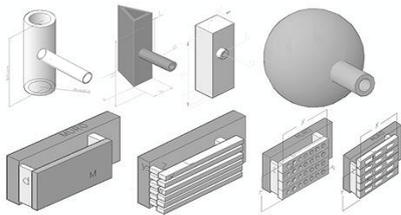
Edad:	22
-------	----

Ocupación	Estudiante
En el caso de ser estudiante	
Semestre:	9

<b>Valoración Global</b>	1 Malo
	2 Regular
	3 Adecuado
	4 Bueno
	5 Excelente

Atributo	Valor
Instalación-desinstalación	4
Facilidad de manejo	3
Gráficos, menús	4
Desarrollo de la creatividad	5
Interfaz, navegación	4
Documentación	3
Interactividad	4
Valoración pedagógica	2
<b>Ponderación media</b>	<b>3,86</b>

13



### Software Didáctico de Acústica Arquitectónica

Encuesta:

**Destinatarios:**

Profesionales y  
estudiantes  
en el área de la acústica.

<b>Datos Técnicos</b>	
Plataforma (PC, Macintosh)	
Sistema Operativo:	
Procesador:	
Soporte Técnico Internet (Si, No)	

Espacio necesario HD: (Mb)	
Memoria RAM necesaria: (Mb)	

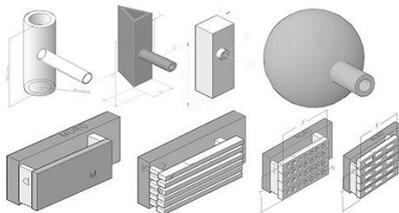
#### Datos del encuestado

Edad:	23
Ocupación	Estudiante
En el caso de ser estudiante	
Semestre:	10

<b>Valoración Global</b>	1 Malo
	2 Regular
	3 Adecuado
	4 Bueno
	5 Excelente

Atributo	Valor
Instalación-desinstalación	4
Facilidad de manejo	4
Gráficos, menús	5
Desarrollo de la creatividad	4
Interfaz, navegación	4
Documentación	5
Interactividad	4
Valoración pedagógica	5
<b>Ponderación media</b>	<b>4,29</b>

14



#### Software Didáctico de Acústica Arquitectónica

Encuesta:

Destinatarios:

Profesionales y estudiantes

en el área de la acústica.

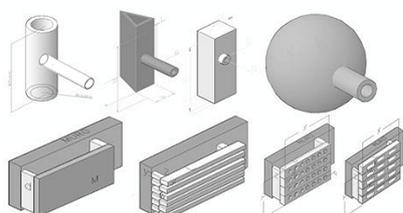
<b>Datos Técnicos</b>	
Plataforma (PC, Macintosh)	
Sistema Operativo:	
Procesador:	
Soporte Técnico Internet (Si, No)	
Espacio necesario HD: (Mb)	
Memoria RAM necesaria: (Mb)	

#### Datos del encuestado

Edad:	22
Ocupación	Estudiante
En el caso de ser estudiante	
Semestre:	9

<b>Valoración Global</b>	1 Malo
	2 Regular
	3 Adecuado
	4 Bueno
	5 Excelente

Atributo	Valor
Instalación-desinstalación	3
Facilidad de manejo	4
Gráficos, menús	3
Desarrollo de la creatividad	3
Interfaz, navegación	5
Documentación	4
Interactividad	4
Valoración pedagógica	4
<b>Ponderación media</b>	<b>3,71</b>



## Acústica Arquitectónica

Encuesta:

**Destinatarios:** Profesionales y  
estudiantes  
en el área de la acústica.

<b>Datos Técnicos</b>	
Plataforma (PC, Macintosh)	
Sistema Operativo:	
Procesador:	
Soporte Técnico Internet (Si, No)	
Espacio necesario HD: (Mb)	
Memoria RAM necesaria: (Mb)	

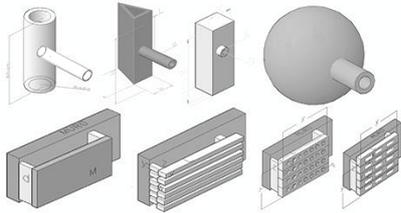
### Datos del encuestado

Edad:	22
Ocupación	Estudiante
En el caso de ser estudiante	
Semestre:	9

<b>Valoración Global</b>	1 Malo
	2 Regular
	3 Adecuado
	4 Bueno
	5 Excelente

Atributo	Valor
Instalación-desinstalación	4
Facilidad de manejo	4
Gráficos, menús	4
Desarrollo de la creatividad	4
Interfaz, navegación	4
Documentación	5
Interactividad	3
Valoración pedagógica	4
<b>Ponderación media</b>	<b>4,00</b>

16



## Software Didáctico de Acústica Arquitectónica

Encuesta:

### Destinatarios:

Profesionales y  
estudiantes  
en el área de la acústica.

Datos Técnicos	
Plataforma (PC, Macintosh)	
Sistema Operativo:	
Procesador:	
Soporte Técnico Internet (Si, No)	
Espacio necesario HD: (Mb)	
Memoria RAM necesaria: (Mb)	

### Datos del encuestado

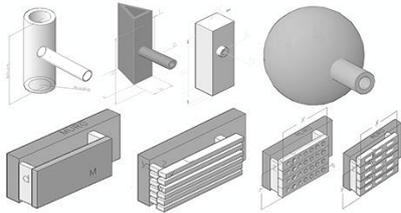
Edad:	22
Ocupación	Estudiante
En el caso de ser estudiante	
Semestre:	9

Valoración Global	
1	Malo
2	Regular
3	Adecuado
4	Bueno
5	Excelente

Atributo	Valor
Instalación-desinstalación	4
Facilidad de manejo	4
Gráficos, menús	4
Desarrollo de la creatividad	4
Interfaz, navegación	4
Documentación	5
Interactividad	3

Valoración pedagógica	4
<b>Ponderación media</b>	<b>4,00</b>

17



## Software Didáctico de Acústica Arquitectónica

Encuesta:

### Destinatarios:

Profesionales y  
estudiantes  
en el área de la acústica.

<b>Datos Técnicos</b>	
Plataforma (PC, Macintosh)	
Sistema Operativo:	
Procesador:	
Soporte Técnico Internet (Si, No)	
Espacio necesario HD: (Mb)	
Memoria RAM necesaria: (Mb)	

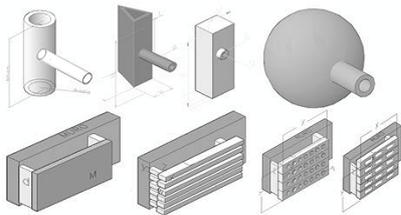
### Datos del encuestado

Edad:	22
Ocupación	Estudiante
En el caso de ser estudiante	
Semestre:	9

<b>Valoración Global</b>	1 Malo
	2 Regular
	3 Adecuado
	4 Bueno
	5 Excelente

Atributo	Valor
Instalación-desinstalación	4
Facilidad de manejo	4
Gráficos, menús	4
Desarrollo de la creatividad	4
Interfaz, navegación	5
Documentación	4
Interactividad	3
Valoración pedagógica	4
<b>Ponderación media</b>	<b>4,00</b>

18



### Software Didáctico de Acústica Arquitectónica

Encuesta:

**Destinatarios:**

Profesionales y  
estudiantes  
en el área de la acústica.

Datos Técnicos	
Plataforma (PC, Macintosh)	
Sistema Operativo:	
Procesador:	
Soporte Técnico Internet (Si, No)	
Espacio necesario HD: (Mb)	
Memoria RAM necesaria: (Mb)	

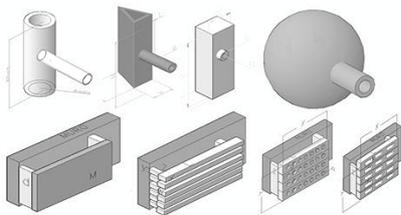
**Datos del encuestado**

Edad:	23
Ocupación	Estudiante
En el caso de ser estudiante	
Semestre:	10

<b>Valoración Global</b>	1 Malo
	2 Regular
	3 Adecuado
	4 Bueno
	5 Excelente

Atributo	Valor
Instalación-desinstalación	5
Facilidad de manejo	5
Gráficos, menús	4
Desarrollo de la creatividad	5
Interfaz, navegación	4
Documentación	4
Interactividad	4
Valoración pedagógica	4
<b>Ponderación media</b>	<b>4,43</b>

19



### Software Didáctico de Acústica Arquitectónica

Encuesta:

**Destinatarios:**

Profesionales y  
estudiantes  
en el área de la acústica.

Datos Técnicos	
Plataforma (PC, Macintosh)	
Sistema Operativo:	
Procesador:	
Soporte Técnico Internet (Si, No)	
Espacio necesario HD: (Mb)	
Memoria RAM necesaria: (Mb)	

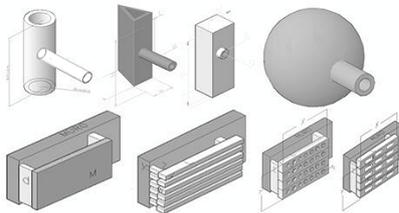
**Datos del encuestado**

Edad:	22
Ocupación	Estudiante
En el caso de ser estudiante	
Semestre:	9

<b>Valoración Global</b>	1 Malo
	2 Regular
	3 Adecuado
	4 Bueno
	5 Excelente

Atributo	Valor
Instalación-desinstalación	4
Facilidad de manejo	5
Gráficos, menús	4
Desarrollo de la creatividad	4
Interfaz, navegación	5
Documentación	4
Interactividad	5
Valoración pedagógica	5
<b>Ponderación media</b>	<b>4,43</b>

20

**Software Didáctico de Acústica Arquitectónica**

Encuesta:

**Destinatarios:**Profesionales y  
estudiantes  
en el área de la acústica.

<b>Datos Técnicos</b>	
-----------------------	--

Plataforma (PC, Macintosh)	
Sistema Operativo:	
Procesador:	
Soporte Técnico Internet (Si, No)	
Espacio necesario HD: (Mb)	
Memoria RAM necesaria: (Mb)	

#### Datos del encuestado

Edad:	22
Ocupación	Estudiante
En el caso de ser estudiante	
Semestre:	9

<b>Valoración Global</b>	1 Malo
	2 Regular
	3 Adecuado
	4 Bueno
	5 Excelente

<b>Atributo</b>	<b>Valor</b>
Instalación-desinstalación	4
Facilidad de manejo	4
Gráficos, menús	4
Desarrollo de la creatividad	5
Interfaz, navegación	4
Documentación	4
Interactividad	5
Valoración pedagógica	5
<b>Ponderación media</b>	<b>4,29</b>

