

Memoria para optar al Título de Diseñador Industrial

# El ruido como problema en el aprendizaje

Personalización Masiva, Modelamiento Paramétrico y  
Diseño Generativo enfocados al desarrollo de paneles  
acústicos para salas de clase.

**Yerko Damián Lucic Oliva**

Santiago de Chile, Noviembre 2009

## Índice.

Índice.....	2	-Estilos de Mass Customization: .....	21
Introducción.....	4	-Proceso de trabajo en <i>Mass Customization</i> .....	22
-Motivaciones.....	4	-Modelamiento Paramétrico y Diseño Generativo. ....	24
-Ámbito del Proyecto.....	4	Planteamiento de Proyecto.....	32
Antecedentes de proyecto.....	6	-Situación problema.....	32
-Percepción y cognición.....	6	-Problema de Diseño.....	32
-Sentidos.....	6	-Objetivos.....	32
-Aprendizaje.....	7	General:.....	32
-Sonido.....	8	Específicos:.....	32
Definición de conceptos básicos.....	10	-Consideraciones de diseño.....	33
Contaminación acústica.....	11	Desarrollo del Proyecto.....	34
-Región metropolitana.....	11	-Propuesta conceptual.....	34
-Efecto en los estudiantes.....	12	Proyecto .....	36
-Sala de clases.....	13	-Contexto de caso estudio.....	36
-Umbrales de audición.....	16	-Identificación del problema.....	39
-Soluciones acústicas.....	18	-Niveles de ruido recomendados.....	39
-Tipologías y materiales de absorbentes acústicos.....	19	-Fuentes sonoras.....	39
-Resonantes: .....	19	-Correlación de datos.....	40
-Porosos:.....	19	-Captura de datos.....	40
-Helmholtz: .....	20	-División del espacio.....	41
-Mass Customization.....	21	-Proceso de captura.....	41
		-Procesamiento de datos.....	42

-Resultados.....	44
-Génesis formal y búsqueda de la forma.....	47
-Experiencia Workshop D-O-F.....	48
-Definición Grasshopper.....	51
-Parámetros para fabricación:.....	55
-Ejercicio de Fabricación Digital.....	56
-Modularidad y Auto similaridad.....	58
-Materiales y fabricación.....	60
-Sistema montante.....	61
-Producto.....	61
-Costos.....	63
-Sistema de montaje.....	63
-Bases MDF.....	63
-Molde en MDF.....	64
-P.A.I. termo-formado.....	64
-Inyección poliuretano.....	64
-Planimetría.....	65
-Bibliografía.....	70
-Anexos.....	72
-Índice de tablas e imágenes.....	73

## Introducción.

### -Motivaciones.

La bella complejidad visual y formal de los fractales atrae mucho la atención de quienes los observan. Pero esa aparente complejidad no es tal en todos sus aspectos. Un fractal se compone de una simple *regla iterativa*<sup>1</sup> que provoca en cada generación un cambio que, visto a gran escala, permite advertir esa gran complejidad ilusoria.

El proceso de disgregar un gran problema en partes muy pequeñas de información para luego entre ellas descubrir una regla gobernante, es una de las motivaciones de este proyecto.

La segunda motivación es la capacidad de presentar esta regla primordial como un producto de diseño. En lo que resultó ser un proceso de captura de información, análisis, generación de una regla y aplicación al diseño de objetos.

La exploración en el ámbito industrial y de producción en masa de productos, utilizando tecnología *CNC*<sup>2</sup>, es la tercera motivación para este proyecto.

---

<sup>1</sup> Método de cálculo computacional que trata de resolver un problema mediante aproximaciones sucesivas a la solución, empezando desde una estimación inicial.

<sup>2</sup> Control Numérico por Computadora.

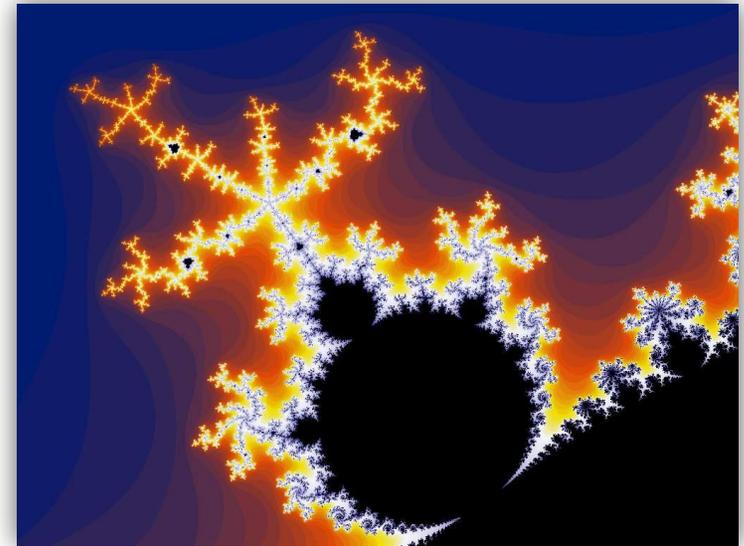


Imagen 1. Fractal Mandelbrot

### -Ámbito del Proyecto.

El proyecto se centra en 3 temas generales:

Primero en el ruido que existe en la ciudad y como afecta a centros educacionales, con el consiguiente deterioro en la calidad auditiva de los estudiantes, llevando con esto a un detrimento en el aprendizaje de los contenidos que se les imparten.

En el método de *Mass Customization*<sup>3</sup>, como el uso flexible de tecnología *CAM*<sup>4</sup> para producir productos adaptables.

---

<sup>3</sup> Personalización Masiva.

<sup>4</sup> Mecanizado Asistido por Computadora.

Aquí se combinan los bajos costos de producción de objetos producidos en masa, con procesos de fabricación que permiten comercializar objetos diseñados para usuarios específicos o para un conjunto de usuarios.

Y en el Modelamiento Paramétrico, como el uso de tecnología CAD<sup>5</sup> para crear modelos 3D de productos que utilicen variables asignadas por el diseñador, permitiendo modificar la forma del objeto. Entregando así libertad en la creación de la forma y agregando un factor de adaptabilidad a requerimientos específicos de los productos. También el método de modelamiento paramétrico se utilizará en este proyecto como una herramienta para asignar valores de diseño a gran cantidad de información de tipo numérica.

Junto con esto el Diseño Generativo, como el método para llegar a una respuesta formal. En donde se utilizan herramientas digitales<sup>6</sup> para analizar y manipular las variables paramétricas, y complementarlas con los algoritmos rescatados de los datos capturados en el proyecto. Pudiendo con esto, concebir una solución formal que responda natural y consistentemente con reglas, valores, datos e información que de una u otra manera pasarían a ser estadísticos o meramente números.

El Diseño Generativo en este proyecto es la herramienta para darle un valor forma en diseño a un conjunto de datos a-dimensionales.

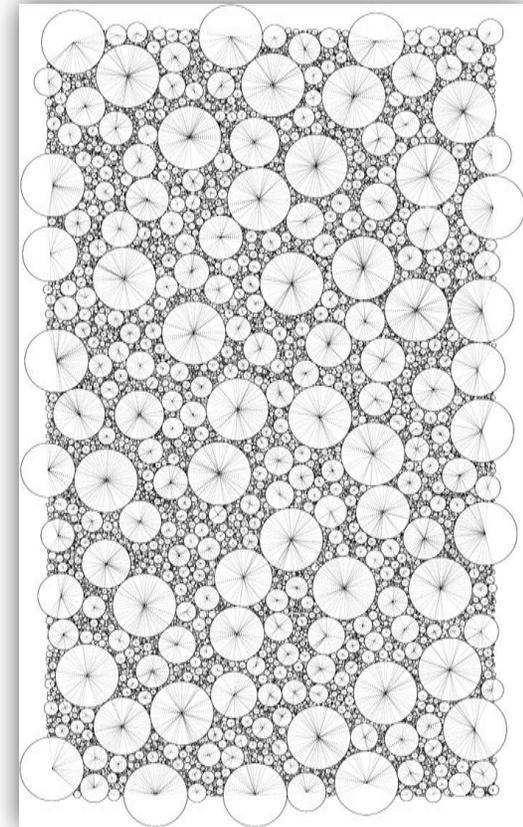


Imagen 2: Algoritmo circle packing. MEDIAlab, California College of the Arts

---

<sup>5</sup> Diseño Asistido por Computadora.

<sup>6</sup> Software.

## Antecedentes de proyecto.

### -Percepción y cognición.

La percepción ayuda a los individuos a seleccionar, organizar, almacenar e interpretar los estímulos de un entorno para finalmente realizar una interpretación coherente del mundo.<sup>7</sup>

Diferencias en la captación de los estímulos llevan por ende a que los individuos conciban una realidad distinta entre unos y otros aunque el estímulo sea el mismo. También cada individuo le asigna un significado a lo que percibe, lo que puede representarse luego en diferencias o cambios en las perspectivas sobre un objeto o de algún comportamiento.

Con lo anterior nos podemos aproximar a una definición psicológica, con base en la teoría de la *Gestalt*, de la percepción, que se resume en: “una tendencia al orden mental. En donde inicialmente se determina la *entrada de información*; y en segundo lugar, garantiza que la información retomada del ambiente permita la *formación de abstracciones* (juicios, categorías, conceptos, etc.).”<sup>8</sup>

Esta formación de abstracciones y procesos mentales se lleva a cabo mediante la cognición individual de la persona. La cognición es la confirmación de que el conjunto de una *señal enviada* ha sido recibida y a su vez interpretada y/o representada por el receptor. Generando a su vez más

conocimientos, habilidades, memoria, imaginación, voluntades, etc.<sup>9</sup>

Se podría decir entonces, que la percepción y la cognición son los *procesos* adquiridos por el hombre para generar una representación del mundo en que vive. Estas divergencias en cómo se entiende el mundo, lleva a una riqueza y diversidad de situaciones, perspectivas de opinión, formulación de soluciones y a una diversa gama de objetos con que nos rodeamos.

Cabe destacar que la captación y el entendimiento del entorno, no es bidimensional (visual y auditiva). Existen en este entendimiento del entorno claves indirectas, adquiridas y no siempre bidimensionales que entregan información al individuo de su entorno. Como lo son señales y reacciones musculares del cuerpo, disparidad retinal, percepción de temperatura, unidades de tiempo, etc.

### -Sentidos.

La información sensorial se captura luego de su viaje por un medio, son capturados por *sensores* dispuestos en el cuerpo. Estos sensores son órganos con una especificidad en la captación de un tipo de estímulo y en entregar una respuesta sensible al cuerpo sobre la presencia del estímulo o una medida relativa de la intensidad percibida por él.

Sentido se puede entender como: un sistema que consiste en un grupo de tipos de células sensoriales que *responden a un fenómeno* físico en específico, y que se corresponden con un grupo particular de regiones en el cerebro donde el fenómeno físico es recibido de interpretado.

<sup>7</sup> INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE URUPAN, México. “Apunte de Sociología Unidad 5”. <www.tecuruapan.edu.mx>

<sup>8</sup> Gilberto Leonardo Oviedo, web.” La Definición del Concepto de Percepción en Psicología con Base en la Teoría Gestalt”.

<sup>9</sup> Web supervivir.org. “Cognición y sistemas de información”

En el cuerpo existen los 5 sentidos tradicionales y al menos otros 4 sentidos, y que entre ellos serían:

Visión, audición, sabor, olor, tacto, termocepción, nocicepción, equilibriocepción, propiocepción.

La siguiente tabla relaciona un sentido con el tipo de elemento que detecta:

Sentido	Energía o elemento detectado
Visión	energía electromagnética
Audición	vibraciones de aire
Sabor	químicos
Olor	químicos
Tacto	presión

Tabla 1: Sentidos y energía asociada

Sobre el resto de los sentidos:

<b>Termocepción</b>	detección del flujo de calor en áreas del cuerpo
<b>Nocicepción</b>	del dolor en la piel, huesos, articulaciones y en los órganos internos
<b>Equilibriocepción</b>	Sensación de equilibrio, movimiento, aceleración y dirección. También llamado sentido vestibular
<b>Propiocepción</b>	O sentido cinético. Entrega información de la locación de las partes del cuerpo

Tabla 2: Otros sentidos

Los sentidos, son el *mecanismo* para que el hombre pueda recibir los distintos tipos de estímulos que le puede entregar el ambiente.

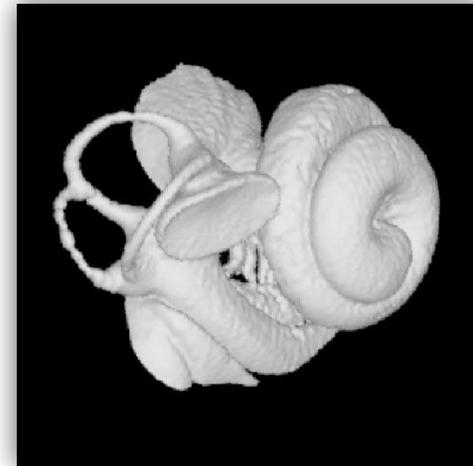


Imagen 3: Tomografía Axial Computarizada del aparato auditivo humano.

### -Aprendizaje.

Según la teoría de psicología de Piaget, el aprendizaje es de forma "constructiva"<sup>10</sup>. Es decir, el conocimiento en la persona va aumentando de acuerdo a su capacidad de memorizar cosas y a la capacidad de captar información.

Es por esto que errores en la captación del mensaje o de los estímulos, pueden ser de gran impacto en procesos mentales básicos: sensación, atención, concentración y la memoria. Y en complejos: pensamiento, lenguaje e inteligencia.

<sup>10</sup> JEAN PIAGET. <es.wikipedia.org/wiki/Jean\_Piaget>

Estudios<sup>11</sup> realizados por Luis Barbier<sup>12</sup> en informática educativa, indican los porcentajes de obtención de conocimientos al estimular los diferentes sentidos:

Gusto	1.0%
Tacto	1.5%
Olfato	3,5%
Oído	11%
Vista	83%

Tabla 3: Sentidos y retención de conocimiento

Es decir, las personas obtienen un 94% de los conocimientos de los medios audiovisuales.

El mismo estudio indica que la retención de conocimientos en el individuo después de cierto tiempo se comporta de la siguiente manera:

De lo que lee	10 %
De lo que escucha	20 %
De lo que ve	30%
De lo que ve y escucha	50 %
De lo que escucha y analiza	70 %
De lo que ven y realizan	90 %

Tabla 4: retención de conocimientos

Haciendo una relación entonces con Piaget, la importancia de tener una buena recepción de la información transmitida y que es captada por los sentidos, es de óptima importancia para el continuo aprendizaje de los individuos y del desarrollo de sus procesos mentales.

<sup>11</sup> "LA EDUCACIÓN EN LA ERA DE LA INFORMACIÓN", Instituto Nacional para la Educación de los Adultos, México.

<sup>12</sup> Maestrante en Tecnología Educativa

*"Nunca puedes aprender menos, siempre puedes aprender más"*  
**Buckminster Fuller.**

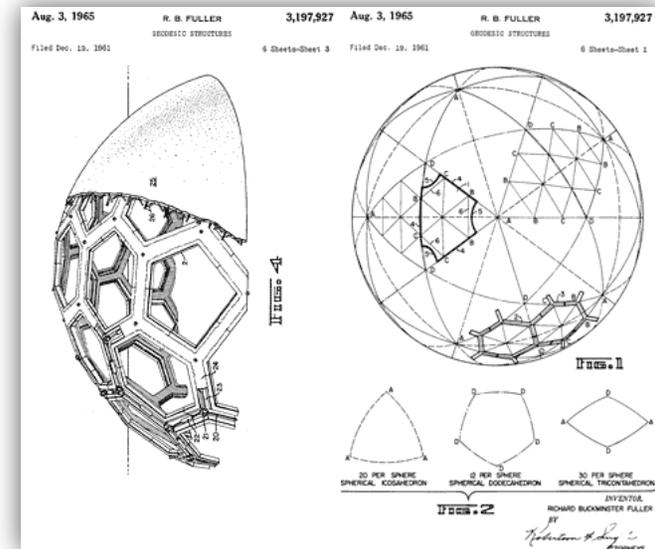


Imagen 4: dibujo esquemático, domo geodésico. Buckminster Fuller

### -Sonido.

El sonido es algo fundamental en la percepción espacio-temporal de los animales. Funciona como una suerte de brújula que orienta y ubica al oyente en función de sus capacidades perceptivas. Desde tiempos inmemoriales el ser humano ha sentido interés por su contexto. Un interés que no sólo nos

refiere a la supervivencia, sino también a necesidades de cualquier orden.<sup>13</sup>

El sonido lo podemos entender entonces, como el *medio* por el cual tenemos contacto con lo que nos rodea.

Este medio es complejo de entender, ya que su intangibilidad lo hace difícil de analizar sin tener los instrumentos necesarios. El cuerpo humano posee solo un instrumento de percepción sonora, pero este no abarca todo el rango de sonidos que existen en el entorno.

Para este proyecto, la propiedad invisible del sonido y la capacidad de poseer *información* no percibida por el humano se ven como aspectos interesantes a tratar.

También el sonido, físicamente se define como *ondas sonoras* consistentes en oscilaciones de la presión del aire, que son convertidas en ondas mecánicas en el oído humano y percibidas por el cerebro.<sup>14</sup>

En términos cualitativos, el sonido es percibido por el usuario en 4 cualidades básicas, que son la altura, la duración, la intensidad y el timbre. Cada de estas tiene una correspondencia en aspectos físicos y por otra parte en cómo es interpretado por el usuario.

El siguiente cuadro resume la cualidad propiamente tal, su característica en el mundo físico y como es la característica audible que percibe el usuario.

CUALIDAD	CARACTERÍSTICAS	RANGO
Altura	Frecuencia de onda	Agudo, medio, grave
Duración	Longitud de onda	Largo, corto
Intensidad	Amplitud de onda	Fuerte, débil o suave
Timbre	Armónicos de onda	Fuente emisora de sonido

Tabla 5: cualidades del sonido y sus características

Cuando un sonido tiene en una justa proporción de los componentes cualitativos anteriores, pueden generarse sonidos muy agradables o por el contrario, muy molestos cuando son captados por el usuario.

En ese último caso, el sonido pasa a convertirse en ruido.

El ruido es comúnmente definido como sonidos no deseados. Esa definición refleja la dimensión subjetiva de una definición de ruido, pero no toma en cuenta el hecho que un sonido deseado puede provocar efectos adversos. Si este hecho es tomado en cuenta, una versión modificada es:

“Ruido es un sonido con cualquier efecto negativo en la salud y bienestar humano (biológico, social, psicológico, en comportamiento y en rendimiento)”<sup>15</sup>

<sup>13</sup> MIGUEL ALONSO.” Entorno Sonoro: un ensayo sobre el sonido medioambiental.”

<sup>14</sup> Sonido. <www.wiikipedia.com>

<sup>15</sup> Editado por MARIE LOUISE BISTRUP, “Health effects of noise on children and perception of the risk of noise”. Instituto de Salud Pública de Dinamarca.

## Definición de conceptos básicos.

-**Sonido**: son las oscilaciones de la presión del aire, que son convertidas en ondas mecánicas en el oído humano y percibidas por el cerebro.

-**Onda sonora**: es una fluctuación de presión que se propaga a través de cualquier medio que es suficientemente elástico para permitir que sus moléculas se acerquen y se separen unas de otras.

-**Frecuencia ( $f$ )**: es el número de pulsaciones de una onda acústica senoidal ocurridas en un tiempo de un segundo. Su unidad de medida es el Hertz (Hz). La frecuencia de la voz humana se encuentra entre 500 y 3500 Hz aproximadamente.

-**Amplitud de onda ( $\lambda$ )**: en acústica, se refiere a la cantidad de energía que contiene una señal sonora. Se puede observar en la altura de las cresta con respecto a la línea media de la onda sonora.

-**Decibel (dB)**: es la décima parte de un *belio*, siendo este una relación logarítmica entre una magnitud de estudio y otra magnitud de referencia. No se utiliza el *belio* en acústica por ser de magnitud muy grande para la práctica. El *belio* recibe su nombre en honor a Alexander Graham Bell.

- **Decibeles con Ponderación A, dB (A)**: Escala de medida de niveles que se establece, mediante el empleo de la curva de ponderación  $A^{16}$ , para compensar las diferencias de sensibilidad que el oído humano tiene para las

distintas frecuencias dentro del campo auditivo. Se utiliza como unidad el decibel A. Este un buen indicador del riesgo auditivo.

-**Sistema auditivo humano**: es el responsable de los procesos fisiológicos de la audición. Estos procesos que permiten captar el sonido y transformarlo en impulsos eléctricos susceptibles de ser enviados al cerebro a través de los nervios auditivos.

El oído humano se divide en tres partes:

*El oído externo*: que canaliza la energía acústica.

*El oído medio*: que transforma la energía acústica en energía mecánica, transmitiéndola y amplificándola, hasta el oído interno.

*El oído interno*: donde se realiza la definitiva transformación de la energía mecánica en impulsos eléctricos.

En la membrana del tímpano, es donde físicamente se traduce la onda sonora en impulsos eléctricos.

<sup>16</sup> Estas curvas calculan la relación existente entre la frecuencia y la intensidad (en decibeles).

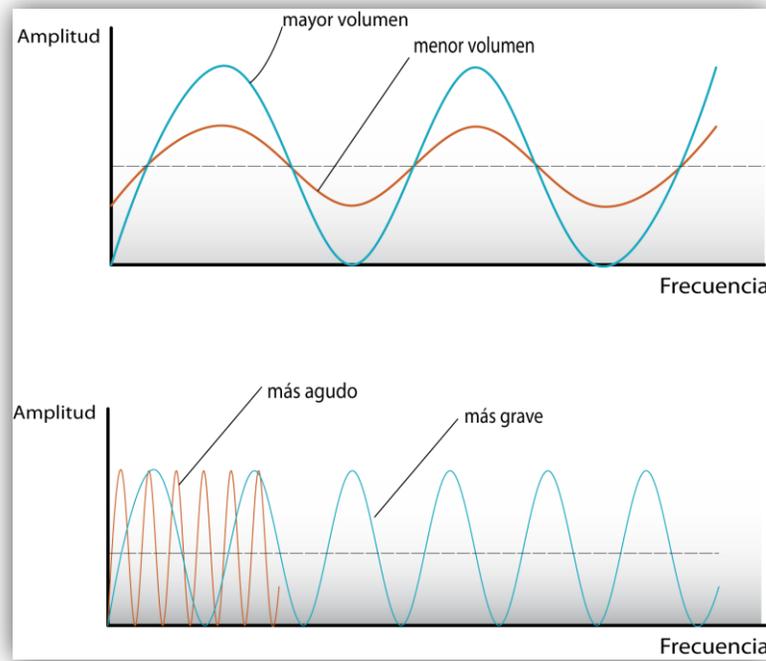


Imagen 5: Efecto percibido por el oído en correlación con la forma de la onda.

## Contaminación acústica.

### -Región metropolitana.

La contaminación acústica en nuestro país, y específicamente en el área metropolitana, es un fenómeno que va de la mano crecimiento de la ciudad. Un estudio realizado en Santiago en

1989, estimó que 1.300.000 personas estaban sometidas a niveles de ruido inaceptables por las normas internacionales.

El aumento de ruido en la ciudad se ha visto favorecida por<sup>17</sup>:

- *Aumento de la industria y comercio por la migración de individuos a la ciudad.*
- *Características urbanísticas (menos aéreas verdes, calles más estrechas) y de vivienda (calidad de aislación).*
- *Aumento del transporte público y privado y la elección de soluciones que no permiten reducir los niveles de ruido, como lo son la utilización de motores diesel en las micros.*

De las fuentes de ruido urbano, los vehículos motorizados son responsables de aproximadamente el 70% del ruido presente en las ciudades, y de él, el mayor aporte lo representan los vehículos de mayor tamaño, entre ellos la locomoción colectiva.

Un segundo grupo lo constituyen las «fuentes fijas», es decir, las industrias, construcción, talleres, centros de recreación, etc. Los agentes de menor impacto son aquellos de ocurrencia esporádica como: gritos de los niños, conciertos al aire libre, ferias y vendedores callejeros, sonidos de animales domésticos, fuegos artificiales, etc.

Por ejemplo, en relación a la principal calle de Santiago, Avda. Bernardo O'Higgins (Alameda), el nivel de ruido se mantiene en general constante en los diferentes puntos de medición, siendo el promedio de 82 dB(A), con un rango de 79-87 dB(A).

<sup>17</sup> TESIS "Características audiológicas de comerciantes establecidos en la vía pública expuestos a ruido urbano de la provincia de Santiago, Chile." Universidad de Chile, 2006

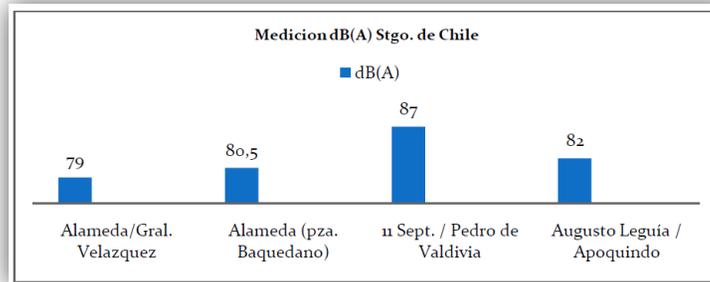


Imagen 6: medición dB(A) principales calles de Santiago.

### -Efecto en los estudiantes.

Se ha dicho que el sonido es movimiento, sin movimiento no hay sonido. Nuestras vidas cotidianas están plagadas de sonidos, *el mundo es un mundo sonoro*.<sup>18</sup>

Teniendo en cuenta que el entorno sonoro es importante en la cantidad de información percibida por los usuarios, y que si esta información contiene errores lleva a un detrimento en la cognición y por ende en el aprendizaje, se puede conectar el problema del ruido con el aprendizaje en los estudiantes.

Los efectos estudiados en los alumnos (niños en etapa pre escolar y escolar) son los considerados a continuación.<sup>19</sup>

**-Deterioro auditivo:** Efectos en los umbrales auditivos de los niños. Esto los lleva a escuchar físicamente menos los sonidos. Es provocado principalmente por juguetes y equipamiento que existe en el entorno de los niños. Se

<sup>18</sup> SOL REZZA. Ensayo "El mundo es un paisaje sonoro". <www.archivosonoro.org>

<sup>19</sup> Editado por MARIE LOUISE BISTRUP, "Health effects of noise on children and perception of the risk of noise". Instituto de Salud Pública de Dinamarca.

determinó que el umbral mínimo donde comienza el deterioro auditivo comenzará por debajo de los 70 dB(A)

**-Efectos sobre el sueño:** Niños bajo condiciones de experimento muestran variaciones (medidos por medio de un Electroencefalograma) durante el periodo REM del sueño cuando son expuestos a ruidos de 95 dB por sobre el umbral de deterioro auditivo.

**- Efectos somáticos relacionados con el estrés:** Se han comprobado que el ruido de tráfico (dentro y fuera de una sala de clases) produce aumentos en la presión sanguínea (sistólica y diastólica).

**-Efectos cognitivos:** Lectura: Cerca de 20 estudios dan como resultado la correlación entre la exposición al ruido en los niños con efectos negativos en la adquisición de habilidades para la lectura.

**Memoria:** Resultados de estudios muestran que existen efectos en la retención de la memoria a corto y largo plazo de información (de tipo visual para el caso del experimento) cuando los niños son expuestos, durante 15 minutos en una sala de clases, a simulaciones de ruido de aviones a 66 y 55 dB(A).

**Atención:** Estudios concluyen que niños expuestos a niveles agudos de ruido les producen efectos negativos en la codificación visual de objetos, en el tiempo que pueden pasar concentrados en alguna tarea, en ejercicios de discriminación auditiva y otros.

**Motivación:** Resultados de estudios de laboratorio y de campo en descubierto que los niños expuestos a niveles de

ruido crónico se vuelven menos motivados cuando son puestos en situaciones que son persistentes o contingentes. También se ha descubierto que la exposición al ruido aumenta los niveles de frustración cuando se realiza una tarea.

*Mecanismos y procesos subyacentes:* Varias publicaciones sugieren que el ruido puede interferir de forma importante con la percepción, habla y en la adquisición del lenguaje. Lo que puede representar algunos efectos nocivos en la lectura y en otros procesos de mayor complejidad como la memoria a largo plazo para el entendimiento de la semántica. Para niños sin daños auditivos congénitos los niveles de ruido del tráfico de carretera fueron contundentemente correlacionados con la capacidad de discriminar el habla.

También se han correlacionado los niveles de ruido con la capacidad de los niños en desarrollar una capacidad cognitiva que les permite “apagar” el ruido ambiente. Aunque este sistema de apagar ruido, no solo podría funcionar para disminuir la percepción de sonidos molestos sino también disminuir la capacidad de escuchar los que son material informativo importante.

*-Nódulos vocales:* Efectos físicos negativos en la calidad y proyección de la voz de los niños. Producidos en situaciones como uso excesivo de la voz en los campamentos o salidas escolares, gritando en el patio de recreo.

### **-Sala de clases.**

Como situación Internacional, una investigación realizada en 2002 por el Doctor Alain Muzet, del Centro de Estudios Bioclimáticos en Francia, demuestra que los niños cuyos colegios lindan con zonas ruidosas (industrias, aeropuertos o carreteras con mucho tránsito) tardan más en aprender a leer, presentan mayor agresividad, fatiga, son más susceptibles a peleas y riñas frecuentes, tienen mayor tendencia al aislamiento, y cierta dificultad de relación con los demás.

En Chile, el “Manual de Salud Escolar” del Ministerio de Salud dice en su capítulo IV. “Problemas Auditivos” escribe:

“La audición es el sentido que permite el desarrollo del lenguaje, por tanto influye en el aprendizaje y en el desarrollo general del escolar.”

Y el tenor del manual se basa en dar a conocer los aspectos en la disminución y pérdida de la capacidad auditiva física de los escolares. Como factores en la pérdida de la disminución de la audición en los escolares, dice:

- Repetidas infecciones (otitis).
- Líquido en el oído medio.
- Tapón de cerumen.
- Patología previa.
- Alteración de los huesillos por golpe.
- Destrucción timpánica por uso de objetos punzantes con fines de limpieza, rasquidos, etc.

Si bien es también importante la realización de *screenings*<sup>20</sup> auditivos, diagnosticar las patologías auditivas y realizar una derivación a un especialista, JUNAEB en este manual no incluye la condicionante del entorno acústico ni del aula como un factor en el aprendizaje de los niños, o incluye algún tipo de recomendación sobre la calidad acústica del recinto.

Pero si existen recomendaciones hechas por el estudio "Polución acústica en salas de clase y patologías auditivas, evaluación como factores de riesgo en educación y aprendizaje".<sup>21</sup>

Esta publicación concluye en una de sus partes:

*"...que para un mejoramiento global de la educación y aprendizaje en escolares, es oportuno mejorar el acondicionamiento acústico de las salas de clase desde su planificación."*

*"Los niveles del ruido de fondo oscilan entre 41 dB(A) a 55 dB(A), (...) el ruido focaliza sus mayores aportes en las bandas de frecuencia de octavas centradas en 250, 500, 1000, 2000 y 4000 (Hz) (espectro de la voz)."*

A continuación se exponen algunos mapas para permitir una geo-referenciación de los centros educacionales en el área Metropolitana. Los puntos rojos representan la posición de un centro educacional.<sup>22</sup>, se utilizó para la búsqueda los *tags*<sup>23</sup> : colegios, liceos, universidades y educación

<sup>20</sup> Muestrados en terreno.

<sup>21</sup> SYLVIA SEBALLOS, PEDRO MATAMALA, VIRGINIA SALINAS. Universidad de Santiago de Chile, Hospital Clínico FACH.

<sup>22</sup> Fuente, GoogleMaps



Imagen 7: Geo-referenciación de "colegios"



Imagen 8: Geo-referenciación de "liceos"



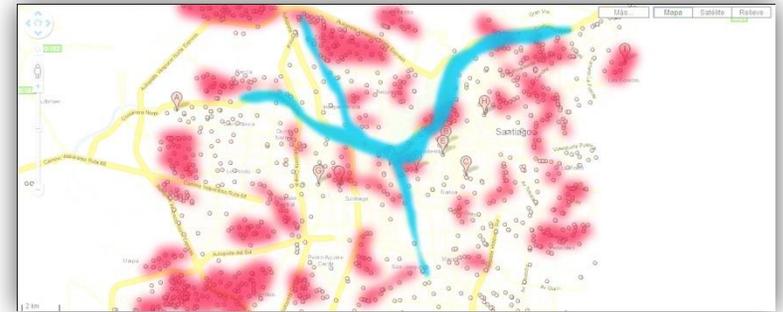
<sup>23</sup> Nombre clave

**Imagen 9: Geo referenciación de “universidades”****Imagen 10: Geo-referenciación de “educación”**

De los mapas anteriores se puede observar la concentración de centros educativos cercanos a las vías de gran tráfico dentro de la red urbana de carreteras.

Según los datos de mediciones en la ciudad de Santiago en el estudio *“Optimización del método de medición de nivel de ruido en vías urbanas con transporte público de pasajeros.”*<sup>24</sup>, Av. Independencia y Av. Libertador General Bernardo O’Higgins, se encuentran entre los rangos de 75-80dB y <80 dB.

La información de la geo-referenciación se correlaciona con este estudio y se puede visualizar que estas 2 grandes venidas, afectan a grandes grupos de centros educativos.

**Imagen 11. Montaje de mapas con mapeo de Avenidas.**

<sup>24</sup> Marco Hernán Valdebenito Seguel, Antonio Marzzano Ríos, UACH.

**-Umbrales de audición.**

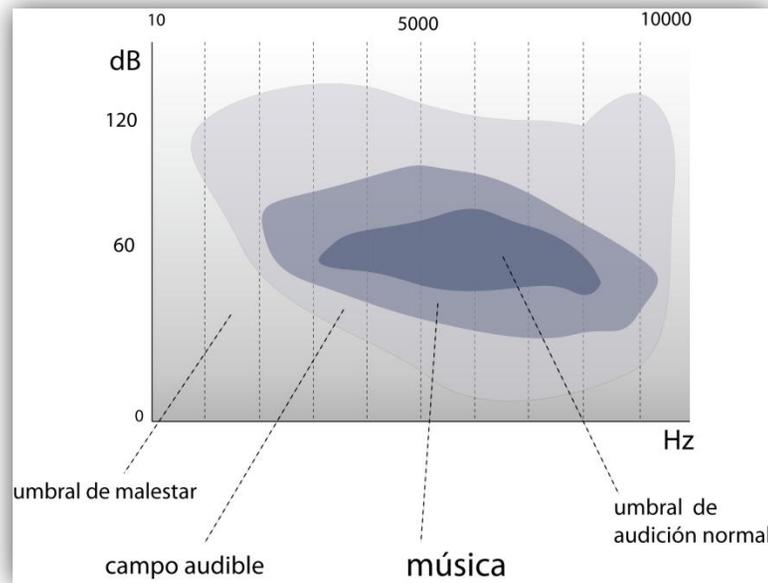


Imagen 12: gráfico umbrales de audición

El umbral de audición es la intensidad mínima de sonido capaz de sobresaltar el oído humano. Aunque no siempre este umbral sea el mismo para todas las frecuencias que es capaz de percibir el oído humano.

El valor normal se sitúa entre 0 dB *audiométrico*, equivalentes a 20 micropascales, y 25 dB *audiométricos*. Y cuando un sonido ronda los 120-130 dB, se encuentra en el umbral de malestar para el individuo, el cual si es expuesto por periodos de tiempo prolongados, verá disminuida su capacidad de oír ciertas frecuencias.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) ha sugerido un valor de ruido de 55 dB (A) como límite superior deseable al aire libre.

Pero además sugiere valores para ambientes específicos.

AMBIENTE ESPECIFICO	EFECTO CRITICO EN LA SALUD	dB(A) máx. recomendado	TIEMPO DE EXPOSICION
Salas de clases pre-escolar y escolar	Ininteligibilidad del habla, deterioro de la captación de los mensajes	35	Durante el periodo de clases
Colegios, patio de recreo	Molestias (fuente externa)	55	Durante la actividad
Industrial, comercial, shopping, trafico	Impedimento de la audicion	70	24 hrs
Exterior, espacios de viviendas (barrios)	Molestias leves en el día, molestias moderadas en la noche	50-55	16 hrs.

Tabla 6: valores dB con tiempos críticos de exposición

Así también, a través de las normas ISO se ha sugerido que niveles de ruidos inferiores a 70 dB(A) durante las 24 horas del día, no produciría deficiencias auditivas. Para los ruidos imprevistos se propone que el *nivel de presión sonora (NPS)* nunca debe exceder los 140 dB para adultos y 120 dB para niños.<sup>25</sup>

Por su parte CONAMA y el Ministerio de Transportes buscando reducir el problema, han establecido normas de emisión de

<sup>25</sup> MINISTERIO DE TRANSPORTES Y TELECOMUNICACIONES. "Norma de emisión de ruidos para buses de Locomoción colectiva urbana y rural". 2003

ruido para buses de locomoción colectiva urbana y rural y también para la emisión de ruidos molestos generados por fuentes fijas.

Estos rangos de emisión han sido agrupados en zonas de acuerdo a los instrumentos de planificación territorial. Las zonas son las siguientes.

- La zona I: corresponde a habitacional y equipamiento a escala vecinal.
- La zona II corresponde a equipamiento a escala comunal y/o regional.
- La zona III: permite industria inofensiva.
- La zona IV: permite a industria inofensiva y/o molesta.

Y los niveles máximos permisibles de NPS (en dB(A)) para cada zona son:

De 7 a 21 hrs.	
Zona I	55
Zona II	60
Zona III	65
Zona IV	70

Tabla 7: niveles dB máximos permisibles por zona

Comparando los niveles máximos que tiene CONAMA con los sugeridos por la OMS, se desprende que en Chile, la norma está por sobre lo ideal en el contexto internacional, aproximadamente 30 dB.

Como la escala de decibel es logarítmica, la adición de una constante a un valor de decibel corresponde a un múltiplo constante de la intensidad. *Por ejemplo, un aumento de 10 dB*

*del nivel de intensidad corresponde a multiplicar por 10 la intensidad; un aumento de 20 dB corresponde a multiplicar por 10x10 = 100 la intensidad. Duplicar la intensidad corresponde a aumentar en 3 dB el nivel de intensidad.*

Para ejemplificar a que corresponde o "a que sonaría" un valor de dB, se han hecho variadas tablas de representación como la que sigue.<sup>26</sup>



Tabla 8: niveles de dB en comparación a un sonido

<sup>26</sup> DECIBELIO. <www.wikipedia.com>

### -Soluciones acústicas.

Como soluciones que afectan a la propagación del sonido se tienen objetos aplicables a ambientes para mejorar su acústica arquitectónica. Estas soluciones son aplicaciones que utilizan 2 fenómenos principales: la *difracción* del sonido y la *absorción*.

La difracción es cuando un sonido en vez de seguir un "camino" recto, se encuentra con un objeto que lo hace dispersarse en múltiples direcciones. Esto debido a la forma del elemento con que se encontró y a las características del material del mismo. Es de especial interés este fenómeno cuando existen espacios que necesitan "dirigir" el sonido emitido por una fuente.

Por otro lado, la absorción se produce cuando una onda sonora no ve su energía reflejada en un 100%, y esta es convertida en otro tipo de energía (según la Segunda Ley de la Termodinámica). Todos los materiales absorben un porcentaje de la energía sonora impactada, ningún material es *opaco*.

Esa capacidad de absorción es representada con una relación entre la energía absorbida y la energía reflejada. Esta relación es un factor, y que varía entre 0 y 1, siendo 0 la energía totalmente reflejada y 1 la energía totalmente absorbida.

Esta relación se llama *coeficiente de absorción* y se formula como:

$$\text{Coef.} = I / I_0$$

En donde I = a la energía absorbida e  $I_0$  la energía incidente en la superficie.

Este factor se expresa con el nombre de *Sabines*<sup>27</sup>. Apellido del físico Wallace Sabine, que tuvo una carrera muy productiva en el terreno de la acústica.

*La absorción de sonido no tiene el mismo coeficiente para las mismas frecuencias si se mide en un mismo material.*

Esto se puede ilustrar en el siguiente gráfico, en donde se representan coeficientes de absorción de 1 material, pero con distintos espesores (se van aumentando por capas)

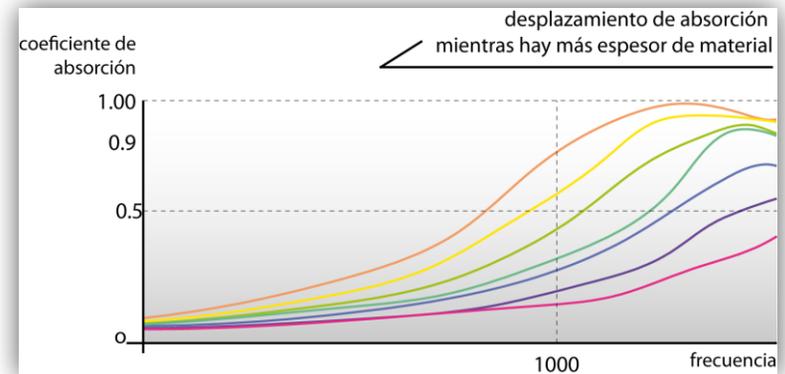


Imagen 13: desplazamiento de coeficiente de absorción.

Se puede observar que mientras más capas (espesor) se vaya agregando, más amplio es el espectro de frecuencias que se acercan a 1.00 de coeficiente. Teóricamente una combinación de distintos materiales, con distintos espesores, podría absorber la totalidad del ancho de banda de frecuencias a la que es sometida. O también la combinación de materiales y

<sup>27</sup> 1 Sabin: el resultado de 1 metro cuadrado de un material perfectamente absorbente

forma de un absorbente permitiría la absorción es ciertas frecuencias específicas.

### -Tipologías y materiales de absorbentes acústicos.

Para especificar las soluciones existentes, se explicarán brevemente los tipos de absorbentes que existen, que están relacionados específicamente con el tipo de material con que están compuestos.

Podemos encontrar 3 tipos de materiales absorbentes de acuerdo a su absorción<sup>28</sup>: resonantes, porosos y resonantes *Helmholtz*.

**-Resonantes:** Se suelen emplear en forma de placas (de madera en general) y se utilizan en los casos en los que debe realizarse un tratamiento especial a bajas frecuencias y se dispone de un espacio reducido.

Su configuración es en forma de lámina o placas que vibran sobre un colchón de aire. Se provee del fenómeno de *resonancia* para que el material rígido oscile y la onda pueda perder energía.

El coeficiente de absorción depende de las pérdidas internas del material de la placa y de las pérdidas por rozamiento en las sujeciones. La absorción puede aumentarse rellenando la cavidad de aire con materiales absorbentes.

**-Porosos:** Este tipo de materiales presentan una estructura formada por una serie de cavidades de aire unidas entre sí. Al incidir la onda sonora sobre el material, una parte importante de su energía penetra en sus intersticios, provocando el movimiento de las fibras y convirtiendo la energía sonora en energía cinética. El aire que ocupa las cavidades entra en movimiento rozando con las fibras en movimiento y convirtiendo la energía cinética en calor.

Las lanas de roca y lanas de vidrio son ejemplos de este tipo de materiales, también las espumas de poliuretano. Y se emplean en combinación con materiales rígidos en su parte posterior.

Materiales como la espuma de poliestireno expandido (EPS) también proveen absorción, pero cabe hacer una diferencia entre materiales.

Existen materiales porosos de *estructura de poros cerrados* y de *poros abiertos*.

La diferencia principal radica en la estructura de conformación de las fibras o de los elementos constituyentes del material y en los espacios con aire que tienen entre ellas.

---

<sup>28</sup> Construmatica.com

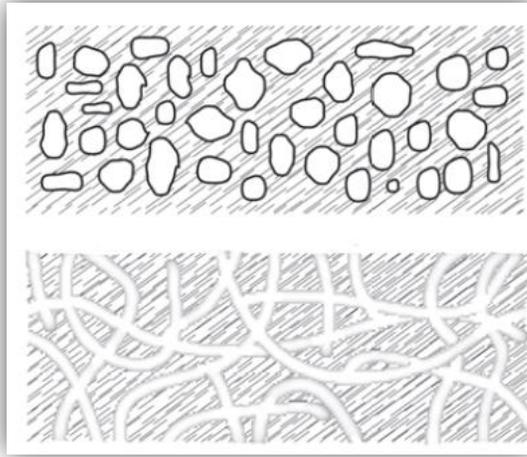


Imagen 14: estructura de materiales porosos. Libro, "Acoustic absorbers and diffusers: Theory, design and application. Trevor Cox y Peter D'Antonio

Las propiedades absorbentes de estos tipos de estructura cambian la *Resistividad de Flujo* interna del material respecto al fluido que lo incide. La resistividad de flujo es un factor de "impedimento" de un flujo o fluido adquiere luego de pasar por un material, en este caso cuando el aire pasa a través de la estructura del material poroso. Estudios indican que materiales de poros abiertos son mejores en absorber espectros de frecuencias altas, pero se puede modificar este rango de frecuencias a atacar, al cambiar el espesor del material o distanciar la cara de la superficie que está en contacto inicial con la onda, del muro.

Además los valores óptimos de absorción (del orden del 99 % o factor 0.99 aproximadamente) se presentan para espesores que coinciden con *1/4 de la longitud de onda* sonora incidente.

El cálculo de la longitud de la onda está directamente relacionado con la frecuencia de la onda.

En el caso del sonido, se puede calcular con la siguiente fórmula:

$$\lambda = v / f$$

Siendo  $v$  la velocidad del sonido en el aire<sup>29</sup> y  $f$  la frecuencia. Esta relación inversa entre la frecuencia da como resultado una distancia, que en el caso de los absorbentes acústicos, se relaciona con el espesor del material.

**-Helmholtz:** Se presentan en forma de placas (de madera o plásticos como ABS, PP y acrílico), con la salvedad de que presentan una serie de micro-perforaciones en su superficie.

Estas perforaciones producen un efecto de resonancia cuando un fluido pasa en ellas.

Teniendo como resultado un decaimiento en la energía de la onda sonora y en donde lo absorbido se convierte en energía calórica. Este efecto fue ampliamente estudiado por Hermann von Helmholtz, físico alemán que estudió aspectos de acústica.

Estos resonadores son utilizados para absorber un rango muy acotado de frecuencias, este rango se puede ampliar si en la parte trasera de la placa micro-perforada se le adosa un material poroso absorbente.

<sup>29</sup> 343 m/s aproximadamente

### -Mass Customization.

La prevalencia de productos personalizados ha sido mermada desde que la revolución industrial ha puesto los productos de consumo masivo en el mercado, y por claras causas económicas. Ya que la tecnología industrial permite la producción de casi cualquier producto de consumo en masa e idénticos, las empresas han podido bajar los costos unitarios de sus productos y ofrecerlos más eficientemente a los consumidores. Que las productoras no paguen algo más por un producto personalizado les ha llevado a alcanzar y fomentar una de economía de escala, y con los beneficios económicos que esto conlleva.

La Personalización Masiva (*Mass Customization*<sup>30</sup>), sin embargo, utiliza a su favor las Tecnologías de Información (TI) y la *Fabricación Digital* para poder revertir el modelo instaurado, y poder llevar productos dedicados al mercado. Esto comienza a cambiar el paradigma de una manufactura centrada en los productos (en la que los consumidores comprar lo que las empresas deciden fabricar), a una centrada en los consumidores (en donde la empresa fabrica lo que el consumidor desea comprar).

La conjunción de aspectos técnicos como ordenes electrónicas, base de datos de productos, incremento en el desempeño de las TI, etc. provee al fin una plataforma en donde el fabricante puede realizar productos personalizados sin un incremento substancial en el precio por unidades del mismo mientras que

también entrega un valor agregado personalizado a cada producto.

El siguiente esquema expresa la evolución y la medida en que los sistemas de producción desde lo hecho a medida a partir la perspectiva artesanal, pasando por el modelo productivo de Ford (que perduró hasta los años 80), el sistema de mejora continua y el nivel en que la *mass customization* en cada ámbito de producción.

ORGANIZACIÓN PRODUCCIÓN	ARTESANAL	PRODUCCION EN MASA	SISTEMAS DE MEJORA CONTINUA	MASS CUSTOMIZATION
CALIDAD	BAJA	MEDIA	ALTA	ALTA
ESTANDARIZACIÓN DE PROCESOS	MUY BAJA	MUY ALTA	ALTA	ALTA
COSTE POR PRODUCTO	ALTO	BAJO	BAJO	BAJO
ESTANDARIZACIÓN DE PRODUCTOS	MUY BAJA	MUY BAJA	ALTA	BAJA

Tabla 9: comparativa de paradigmas de fabricación

### -Estilos de Mass Customization:

Por como se ha como se ha establecido anteriormente, el concepto de *mass customization* se dedica a integrar herramientas y procesos en post de la necesidades específicas

<sup>30</sup> Término concebido por Stan Davis, escritor, en su libro *Future Perfect* (1987).

de un cliente o un usuario. Pero este concepto puede ser utilizado no solo para crear objetos, sino también otros tipos de "productos", como por ejemplo *templates*<sup>31</sup> para páginas web.

Debido a la multiplicidad de nichos, el propio concepto ha ido renovándose en estilos y tipologías.

A continuación se describen algunas de las actuales.<sup>32</sup>

- **Component sharing modularity:** Permite la personalización de productos por medio de la reutilización de un módulo funcional a lo largo de una variedad de productos. Como por ejemplo utilizar un mismo motor en una herramienta eléctrica manual.

El valor es creado por la reducción de la complejidad de la cadena de suministro que proporciona más márgenes de tiempo para introducir nuevos productos. Por lo general en este estilo, el usuario final no puede intervenir en la modificación de los módulos (partes y piezas).

- **Component swapping modularity:** Es un método especial para agregar valor a productos, como por ejemplo a los *commodities*<sup>33</sup>. Se utiliza un módulo general (ej. un envase) y se le puede adicionar otros (ej. las etiquetas de los envases) para cambiar la apariencia, el nicho o la utilidad.

- **Cut-to-fit modularity:** Implicar cortar un producto de un mismo tipo y una misma gama para satisfacer las necesidades particulares de los clientes. Como por ejemplo

comercializar jabones en barra por trozos que son cortados de trozos mucho más grandes.

- **Mix modularity:** Es la mezcla de 2 o más productos o componentes de productos para generar otro de más valor agregado. Un ejemplo es hacer un pedido de algún perfume que contenga esencias de distinto tipo para generar un producto final personalizado.

- **Bus modularity:** Tipo de personalización que implica generar una plataforma (o chasis) en donde distintos tipos de partes y piezas son ensambladas para poder configurar un producto, ateniendo siempre el control del producto final (la apariencia, las características y propiedades, etc.)

- **Sectional modularity:** Se crea valor en el producto por medio de permitir al usuario crear un objeto a partir de un kit de partes y piezas para luego tener la capacidad de re-ordenarlas y re-organizarlas. Un ejemplo canónico es el juego de piezas LEGO.

### -Proceso de trabajo en *Mass Customization*

El proceso comienza en un diálogo con el cliente, en donde sus preguntas son respondidas lo más rápido posible. Este corto diálogo es el único en el proceso de una sola vía en *Mass Customization*, en contraposición a la práctica tradicional de muchos otros procesos que van de ida y vuelta con la ingeniería, departamento de adquisiciones, servicios y la fabricación.

Varios escenarios del tipo: "¿Qué pasaría si...?" son explorados de inmediato. El precio y la disponibilidad de partes y piezas se

<sup>31</sup> pantalla

<sup>32</sup> Fuente: <www.replicatorinc.com>

<sup>33</sup> Término anglosajón que se aplica a todo producto vendido a granel.

configuran utilizando software llamados *configuradores*, el cual podría estar siendo utilizado por un vendedor con un *laptop* en terreno o un vendedor remoto vía Internet.

Cuando el cliente ha optimizado la configuración y aprueba la orden, esta se envía por red a la fábrica, en donde se transforma la orden en *datos e instrucciones*, que son luego vistos por un *operario* y que los utiliza para poder ensamblar el producto, y además son transferidos a una estación de trabajo *CAD/CAM*.

Esta estación de trabajo computacional, trabaja de forma automática o semiautomática y realiza operaciones que llevan los datos a variables (en forma de dibujos) *paramétricas*, que permiten al cliente continuar configurando partes o piezas, o el modo de ensamblaje.

Finalmente la estación de trabajo traduce los dibujos a información de posición y rotación de un cabezal en el espacio para que pueda ser leída por maquinaria *CNC*.<sup>34</sup>

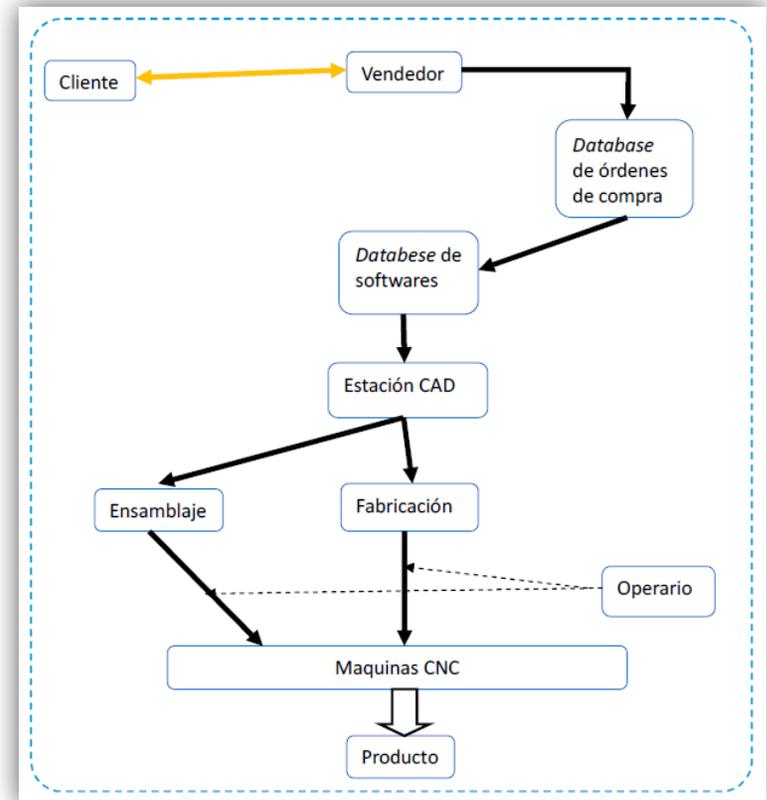


Imagen 15: esquemática de procesos involucrados en mass customization

<sup>34</sup> Control numérico por computadora

## -Modelamiento Paramétrico y Diseño Generativo.

Se llama modelado analítico-paramétrico al proceso mediante el cual se genera un elemento geométrico de modo analítico, haciendo depender sus proporciones o medidas de una serie de valores característicos llamados parámetros, los cuales son establecidos por un programador.<sup>35</sup> En donde su objetivo es, como sistema, modelar utilizando características y parámetros, usando un método que conecta dimensiones y variables geométricas de tal modo que cuando los valores del parámetro cambian, la geometría se actualiza de acuerdo a estos.

Un ejemplo de ello sería dibujar un toroide, cuyos parámetros de definición fuesen su volumen y el diámetro del agujero central, y que al querer realizar un cambio, este se realiza variando el valor del parámetro numérico para que la geometría cambie su forma en tiempo real.

El programador, en este caso el diseñador, puede utilizar como método el modelado paramétrico para crear productos y utilizando las herramientas digitales. En los últimos años los sistemas de CAD han alcanzado una fase de madurez. El diseño asistido por computador permite a las empresas dedicadas al desarrollo de nuevos productos mejorar su competitividad, sobre la base de una mejor calidad y una reducción de costes, principalmente en el de desarrollo de un nuevo producto.

La utilización de un sistema de CAD permite disponer de forma fácil de un prototipo digital del nuevo producto, con el que se puede interactuar y evaluar los requerimientos del diseño.<sup>36</sup>

Los sistemas CAD aunque avanzados, siguen siendo en su mayoría utilizados como "herramienta de dibujo" de los objetos, y como una ayuda a la simulación de escenarios y de productos, además de poder entregar planimetrías técnicas. Con esto se puede tener a un sistema CAD como una herramienta que solo ayuda al traspaso del un bosquejo o idea en un producto finalizado, pero no en lo que es la creación de la forma en sí.

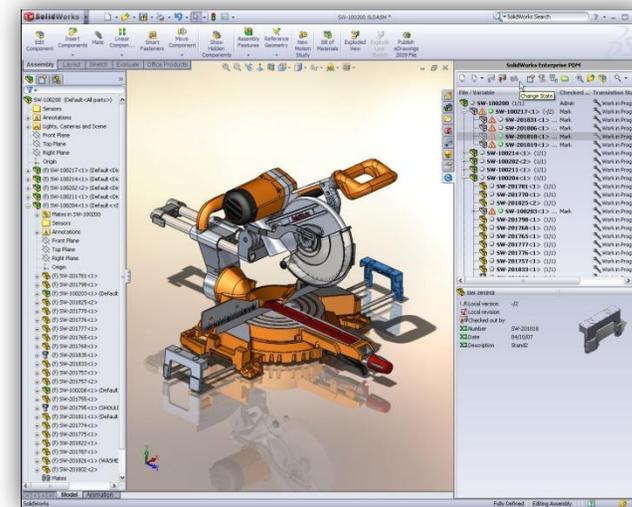


Imagen 16: interfaz del software paramétrico SOLIDWORKS, la estructura de árbol es la representación de las relaciones entre los objetos dentro del software. Es una relación jerárquica.

<sup>35</sup> ANGEL DELGADO OLMOS, MARIA LUISA MÁRQUEZ GARCÍA, FRANCISCO DE ASÍS RODRÍGUEZ RUIZ. "El modelado analítico-paramétrico frente a la creación grafica directa. Ventajas e inconvenientes".

<sup>36</sup> LLUÍS SOLANO, MARC VIGO, ANNA PUIG. "Funciones en el modelado de sólidos y paradigmas de diseño".

Para poder utilizar los sistemas digitales de modelación en la creación formal de un objeto, es necesario entregarle al software un "paquete"<sup>37</sup> de componentes, operaciones y reglas específicas con las cuales pueda trabajar. Y uno como diseñador relacionar, crear interdependencias entre los objetos y "modelar" la manera en que se regulan y acotan estas relaciones.

Este conjunto de reglas y variables determinadas por el diseñador es lo que se puede entender como *Algoritmo*.

En computación, un algoritmo es un *método para la resolución de problemas utilizando un número finito de instrucciones*.<sup>38</sup>

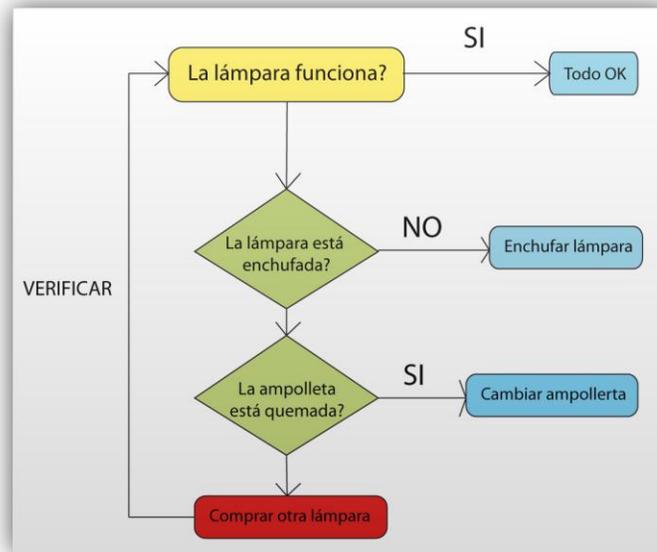


Imagen 17: esquema de un algoritmo simple

<sup>37</sup> Conjunto de aplicaciones.

<sup>38</sup> PDF, Metodología de Programación. Instituto de Tecnologías Educativas ITE, España.

Los resultados de objetos, procesos, cálculos, etc. utilizando sistemas computacionales, son de tipo *determinista*<sup>39</sup>, ya que su resultado es completamente predictivo, siendo este uno de los grandes beneficios de la era computacional (como también lo es la capacidad de realizar numerosos cálculos en cada vez menor tiempo). Pero es algo restrictivo en lo que respecta a la forma de crear variaciones de formas en productos.

Ahora bien, existen métodos para poder desviarse de los resultados formales "esperados" y poder tener una herramienta computacional que, además de precisa, sea una herramienta para la búsqueda de formas.

*Los Sistemas Generativos* ofrecen un método y una filosofía que ve el mundo en términos de procesos dinámicos y los resultados de estos. Para los diseñadores, involucra una reconsideración de la inamovilidad formal de los objetos, y de las acciones que lo manipulan.

Según Thomas Kuhn, *ofrece un cambio de paradigma para el proceso de diseño y la expresión de ese proceso*.<sup>40</sup>

Un Sistema Generativo se refiere específicamente a: *el uso de simples reglas básicas que pueden generar una amplia variedad de patrones no predecibles*.<sup>41</sup> Si se recuerda lo que un algoritmo significaba, tenemos aquí una correspondencia de métodos entre un algoritmo y un sistema generativo. En ambos se trabaja sobre la base de elementos, que son regidos por reglas

<sup>39</sup> Sucesos determinados por una cadena irrompible de causa-consecuencia.

<sup>40</sup> Thomas Kuhn, epistemólogo estadounidense. Libro "Moving Beyond: A Generative Philosophy of Science"

<sup>41</sup> Philip Galanter, What is Generative Art?: Complexity Theory as a Context for Art Theory.

o procesos para resolver problemas (como podría serlo una forma objetual).

La observación está en que un sistema generativo está muy relacionado con el concepto general de *síntesis*<sup>42</sup> muy comúnmente observado en la naturaleza y en sistemas naturales.

La naturaleza en si ha visualizado un mecanismo de "generalizar" el proceso de síntesis, utilizando el componente ADN, la síntesis de proteínas y la bioquímica. La diversidad y la adaptabilidad de la vida en la Tierra demuestra el potencial que tiene este mecanismo de *lo generativo* para sobrellevar problemas de diseño, con el fin de generar soluciones novedosas y diversas desde elementos relativamente simples.

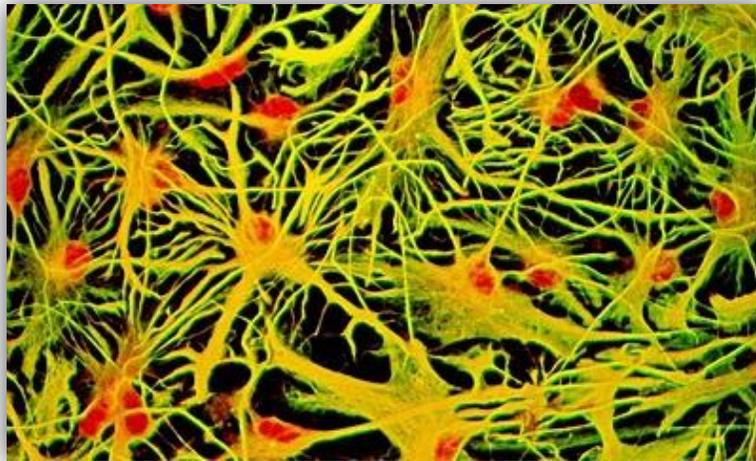


Imagen 18: Microscopía de células humanas.

<sup>42</sup> Método de operación utilizando partes básicas constituyentes.

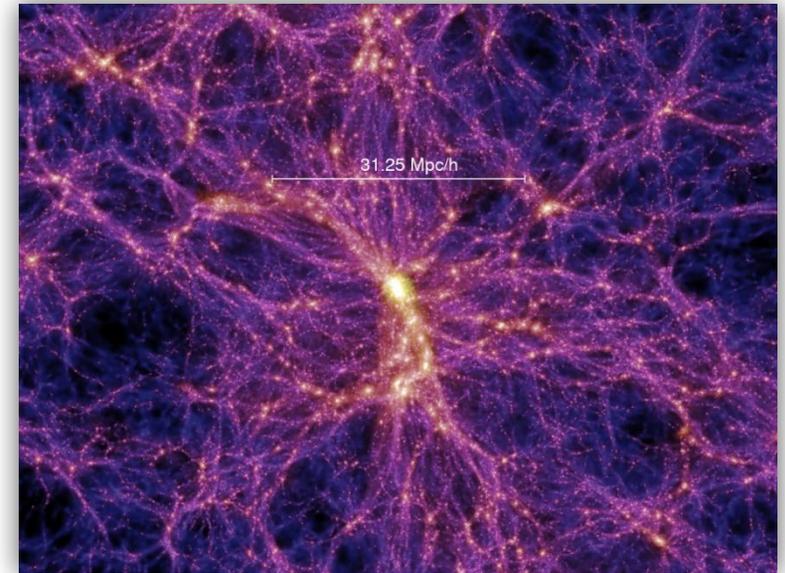


Imagen 19: *The Millenium Simulation*, simulación digital de la estructura del universo.

El término *Polimorfismo*<sup>43</sup> sirve para describir *los múltiples y posibles estados de una única propiedad*. En el caso de la naturaleza, se puede ver expresado en las distintas variedades fenotípicas<sup>44</sup> de los animales de una misma especie. Como por ejemplo, cambios en densidad de pelo, cambios en color de piel, dedos más largos, etc.

Estos cambios están ligados con la adaptabilidad de los individuos a su entorno, en donde los más capacitados para ese ambiente, son los que pueden surgir y pasar a otra generación las características fenotípicas de su ADN.

<sup>43</sup> Polimorfismo: wikipedia

<sup>44</sup> Expresión en el cuerpo de los rasgos genéticos.

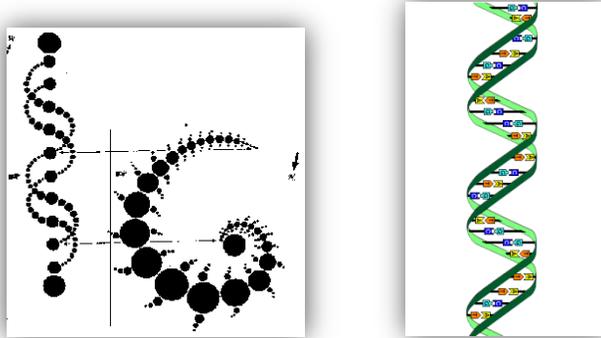


Imagen 20: Similitud entre un fractal Julia y la estructura del ADN.

Lo anterior se puede ver rescatado más ampliamente en lo que se llama la *Síntesis Evolutiva Moderna*, o *Teoría Sintética*, que en general se basa del Darwinismo, el Mendelismo, mutaciones genéticas aleatorias y de la genética de poblaciones. De aquí es atingente rescatar una rama llamada la *Teoría Neutralista* que se basa en la pretensión de que el azar no sólo establece la aparición inicial de las *variantes genéticas*, sino también su posterior destino en la población.

Es aquí en donde se puede realizar un parangón entre cómo funciona la naturaleza y como lo hace un sistema computacional: uno es adaptable, inteligente, sintético. Y otro es determinista y lineal.

Esta dicotomía entre sistemas, es estudiada por las "Ciencias Generativas", que se han encargado con sus estudios de demostrar como reglas y elementos finitos y deterministas cuando interactúan entre ellos pueden generar comportamientos y resultados infinitos e indeterministas.

Los resultados obtenidos de los sistemas complejos, sistemas naturales y sistemas generativos con sus interacciones poseen la propiedad de ser *Emergentes*.

Según Jeffrey Goldstein, Emergencia puede ser definida como: "el surgimiento de novedosas y coherentes estructuras, patrones y propiedades durante un proceso de auto-organización de sistemas complejos"<sup>45</sup>

Y poseen características en común:

- Novedosos**<sup>46</sup>: tiene características y propiedades no observadas anteriormente en otros sistemas.
- Coherencia y correlación: posee sentido del *todo*. Que se mantiene integrado por un periodo de tiempo.
- Niveles macro y globales**: un *todo* constituido por piezas que también son un *todo*.
- Son producto de un proceso dinámico**: cambios a través de la evolución, la mutación y criterios de selección.
- Es ostensivo**: su solución puede ser percibida.

<sup>45</sup>Jeffrey Goldstein, libro online. "Emergence as a Construct: History and Issues", *Emergence: Complexity and Organization*.

<sup>46</sup>De *novelty*, terminó anglosajón.

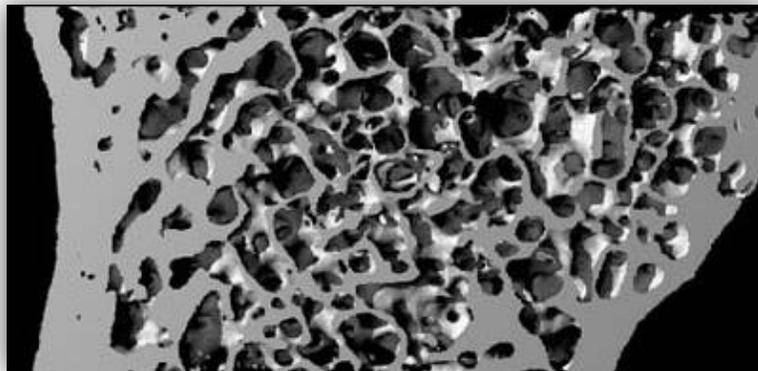


Imagen 21: Arriba: estructura generativa realizada en computador e impresa en 3D. Abajo, tomografía 3D de la estructura interna de un hueso humano.

En las TI, podemos encontrar herramientas para el diseño generativo de formas y estructuras.

En Arquitectura es ampliamente usado el software *Generative Components*.<sup>47</sup> Un software paramétrico avanzado, que tiene la capacidad de dinámicamente modelar y manipular *geometría*<sup>48</sup> en base a relaciones entre estos o por la definición de algoritmos complejos para generar esas relaciones.

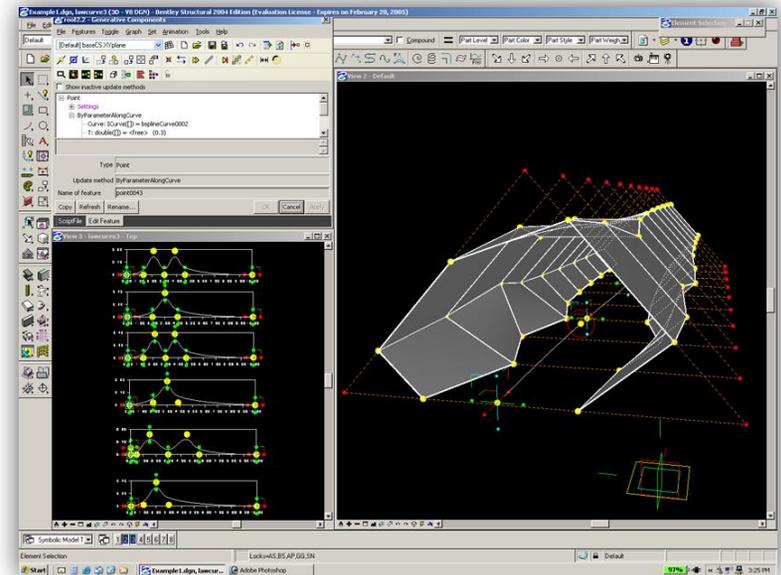


Imagen 22: Interfaz de *Generative Components*

En software paramétricos y generativos, el ámbito arquitectónico ha tenido mucha notoriedad. Debido

<sup>47</sup> Bentley Systems, Inc.

<sup>48</sup> Objetos 3D.

al desarrollo de edificios *icónicos* realizado casi enteramente por software paramétricos. Este es el caso del *Experience Music Project*, diseñado por Frank Gehry, arquitecto canadiense. La parte más distintiva de este edificio es su forma curvilínea revestida de placas de una aleación de zinc con titanio, con un espesor de un tercio de milímetro. La manera en como diseñar, organizar, fabricar e instalar este recubrimiento presentó un desafío. Para sobrellevar estos procesos, se utilizó un software paramétrico llamado *Gehry Technologies*. Utilizando algoritmos generativos, este software pudo generar una panelización de las placas del revestimiento de acuerdo a los ángulos de curvatura que tiene la forma del edificio. Mientras mayor era el ángulo, menor era el tamaño de las placas y se disponían en un ángulo específico.

Todas las placas de aleación de este edificio fueron cortadas con maquinaria *CNC* y dispuestas en su lugar mediante posicionamiento *GPS*<sup>49</sup>



<sup>49</sup> Sigla en inglés de Sistema de Posicionamiento Global.



En el caso del Diseño, existe un software basado en *NURBS*<sup>50</sup> que es ampliamente utilizado por diseñadores industriales para la generación de sus productos y *rendering*<sup>51</sup>. Es el caso de *Rhinoceros 3D*<sup>52</sup>. El sistema de modelado a través de curvas *NURBS* permite a los diseñadores manipular con precisión y control la forma del objeto en sus partes constituyentes o en la forma general.

<sup>50</sup> Sigla en inglés de Non-Uniform Rational B-Spline. Corresponde a un modelo matemático geométrico para representar curvar en software CAD.

<sup>51</sup> Método digital en el cual se representa un modelo 3D en una imagen 2D.

<sup>52</sup> Robert McNeel & Associates.

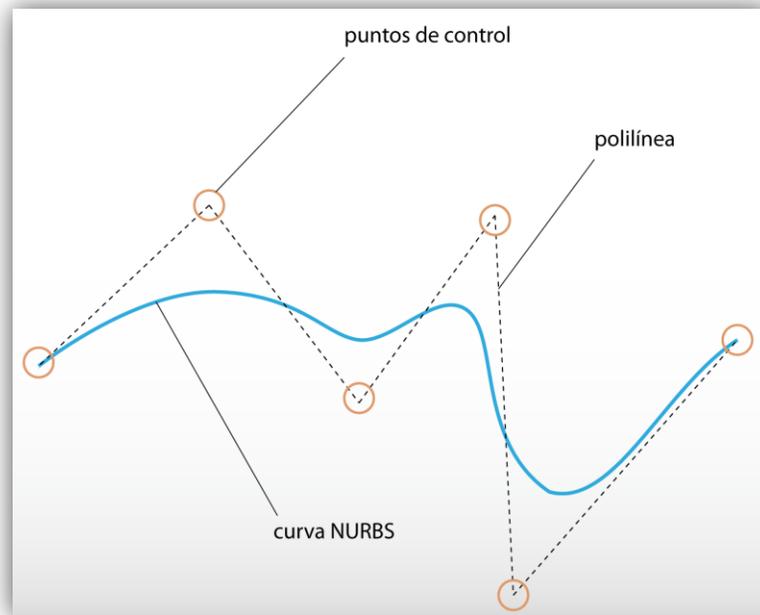


Imagen 23: Esquemática de una curva NURBS

También desde Rhinoceros3D existe la posibilidad de generar algoritmos complejos para realizar tareas automatizadas o utilizando parámetros que se necesiten de algún proyecto. Este método existe en Rhino gracias a la incorporación de lenguaje de programación<sup>53</sup> llamado *RhinoScript*. Como tiene la característica de ser un lenguaje, para poder “conversarlo” necesita ser aprendido y tener incorporado un manejo de elementos y conceptos computacionales medios-avanzados.

<sup>53</sup> Se puede entender como un idioma artificial diseñado para expresar computaciones que pueden ser llevadas a cabo por máquinas como las computadoras.

Por las características de este proyecto, los conocimientos adquiridos por el autor y sus intenciones. Es que se decide no utilizar *RhinoScript*.

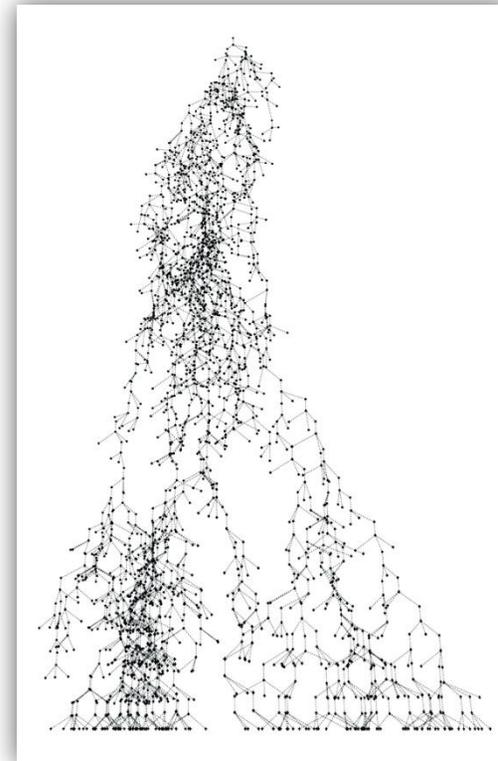


Imagen 24: Algoritmo de crecimiento. Sitio web [ctrl-i.com](http://ctrl-i.com)

Para la búsqueda de una forma *emergente* y en el estudio aplicado de herramientas de diseño generativo en Rhino es que

en su lugar se utilizará un *plugin*<sup>54</sup> de Rhinoceros llamado *Grasshopper 3D*.

Este es un editor gráfico de algoritmos basado en el uso *Visual Scripting*<sup>55</sup>.

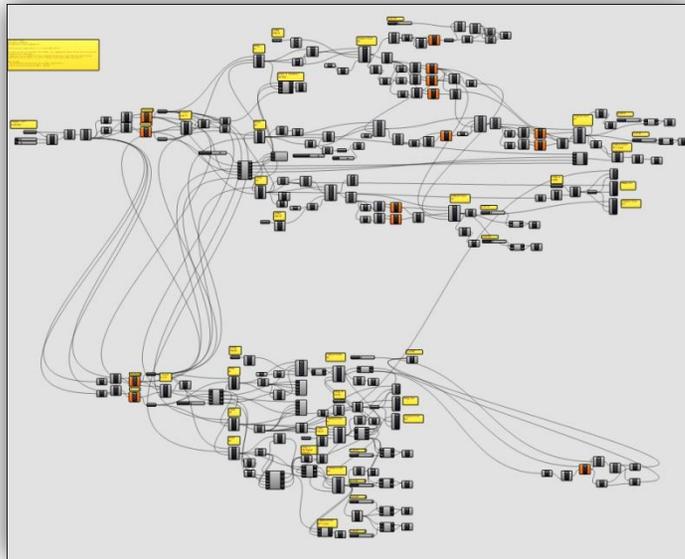


Imagen 25: Interfaz de Grasshopper, de tipo *Visual Scripting*.

Este método no requiere conocimientos previos algún lenguaje de código, sino que la creación de un algoritmo se basa en la realización de conexiones entre “componentes” y “parámetros”.

<sup>54</sup> Se refiere a un complemento a una aplicación. Pueden ser paquetes de instrucciones, herramientas, procesos, etc.

<sup>55</sup> Lenguaje de programación que prescinde de las líneas de código.

Un parámetro en Grasshopper se visualiza como una *cápsula* al que se le pueden dar *datos* de tipo numérico o alfanumérico. Los parámetros pueden ser valorizados por el diseñador, ser parte de una lista de datos, parte de un rango variable o un valor dependiente de otras relaciones.

El componente, se representa como una *cápsula* que permite la entrada de parámetros y la salida de *datos* luego de un proceso. Estos procesos son en su mayoría los existentes en Rhino como los comandos estándar que tiene el software.

Los componentes procesan la información de los datos en tiempo real dentro de *plugin*, es por eso que cuando se modifican valores de los parámetros, estos nuevos valores pasan a ser los procesados por los componentes.

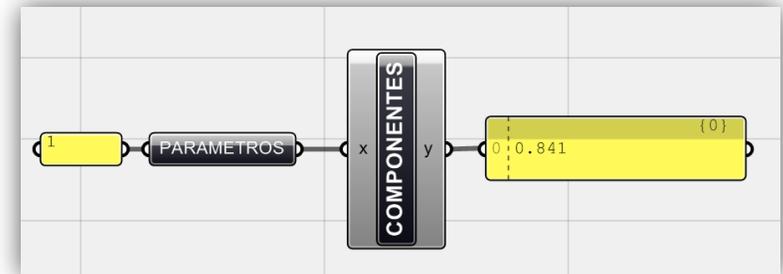


Imagen 26: El componente es el cálculo de  $\sin(x)$

En términos básicos: los parámetros *tienen cosas* y los componentes *hacen cosas*.

Finalmente al conjunto de parámetros, componentes y las relaciones entre ellos, se le denomina *definición*.

## Planteamiento de Proyecto

### -Situación problema.

Si se equipara la geo-referenciación descubierta de los establecimientos educacionales con su cercanía a las vías urbanas, que son fuentes emisoras de sonidos de dB por sobre lo recomendado, se obtiene que el ruido se transforma en otro factor que incide en la percepción auditiva de los estudiantes.

Problemas como la pérdida de concentración, lenta adquisición del lenguaje o efectos somáticos como la frustración y el aumento en la presión sanguínea, son algunas de las consecuencias que conlleva la exposición al ruido en los sujetos.<sup>56</sup>

Estos efectos del ruido en la cognición y el aprendizaje han sido ampliamente estudiados. Pero las soluciones existentes (audífonos amplificadores de audio)<sup>57</sup> apuntan a aquellos alumnos que ya tienen problemas auditivos (hipoacusia), y las recomendaciones actuales apuntan a una prevención dirigida a los educadores y educandos (que los alumnos se sienten cerca del profesor).

Para invertir esta situación, se actuará sobre la *adaptabilidad*. En donde esta se ve conjugada por un factor de personalización en el objeto o sistema a diseñar y en la capacidad del ver al

<sup>56</sup> Editado por MARIE LOUISE BISTRUP, "Health effects of noise on children and perception of the risk of noise". Instituto de Salud Pública de Dinamarca.

<sup>57</sup> Ministerio de Educación, Junta Nacional de Auxilio Escolar y Becas, Sociedad Chilena de Otorrinolaringología. "Normas de control de patologías otorrinolaringológicas"

usuario, su contexto y la fuente de ruido como parámetros insertos en un *Sistema Complejo*, y que consiguientemente pueden ser relacionados para alcanzar formas *emergentes*.

### -Problema de Diseño.

Con los elementos y factores anteriormente presentados, el problema para el diseño en este proyecto es el de proveer una solución *topológica*<sup>58</sup> al problema acústico y que sea determinada por un *set* de datos obtenidos en el lugar físico en donde se va a aplicar.

### -Objetivos.

#### General:

Disminuir la intensidad de ruido, medida en dB, que existe en una sala de clases.

Esto para mejorar la calidad acústica del aula y permitir a los alumnos de ese contexto un mejoramiento en su de aprendizaje.

#### Específicos:

-Generar instrumentos y un método que permita la captura, análisis e ingreso de datos en un software generativo.

<sup>58</sup> propiedades de los cuerpos geométricos que permanecen inalteradas por transformaciones continuas.

-Realizar mediante el diseño generativo una *definición* reglada de parámetros y componentes, que permita el desarrollo de una solución acústica con forma *emergente*.

-Explorar la Personalización Masiva como método de fabricación, para así generar una solución dedicada al contexto.

### **-Consideraciones de diseño.**

*Sobre la forma:* Si bien se espera la *emergencia* de una forma compleja, esta forma está inserta en un contexto que es utilizado por individuos. La forma entonces, debería responder a este contexto como parte del *input* y ser acorde con su figura, tamaño, proporciones.

*Sobre la fabricación:* se debe tener en cuenta el tipo de herramienta a utilizar. En este caso es maquinaria CNC, que posee ciertas características técnicas que pueden beneficiar o entorpecer el proceso de fabricación del objeto. Se deben considerar las limitantes de esta herramienta como factor en el diseño del objeto.

## Desarrollo del Proyecto

### -Propuesta conceptual.

El sonido en su calidad física es percibido por el humano como ondas de presión aire. Este elemento físico invisible afecta de una u otra manera el quehacer y la psiquis del hombre cuando está en un lugar. Y el individuo está capacitado solo para poder captarlo con uno de los tantos sentidos que posee.

*Pero el sonido si se captura y analiza, comienza a entregar información de cómo está conformado.*

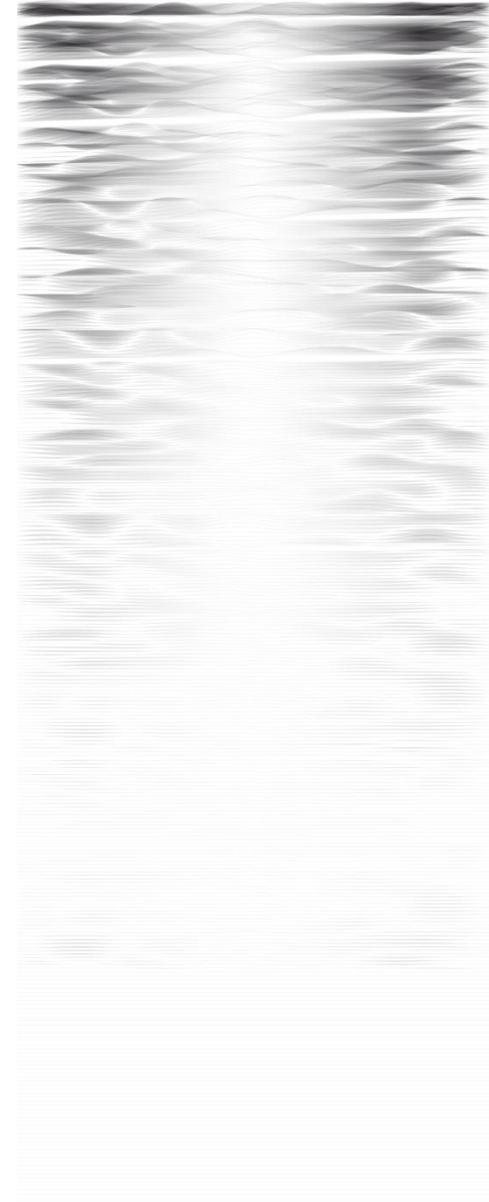
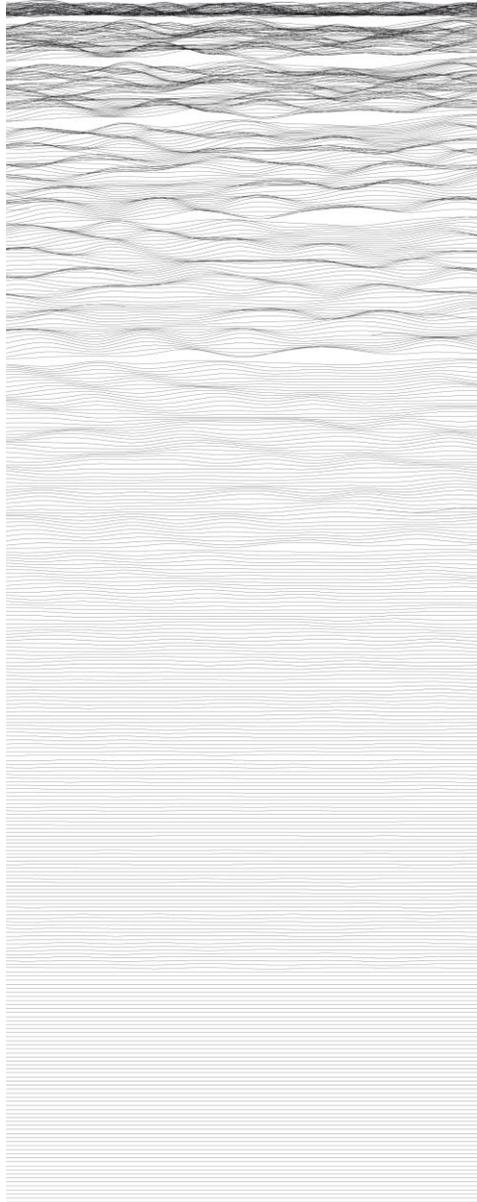
Cada vez que se va analizando más profundamente un elemento o fenómeno, se van perdiendo dimensiones del mismo y comienza a desaparecer la forma en que lo entendemos en nuestro entorno.

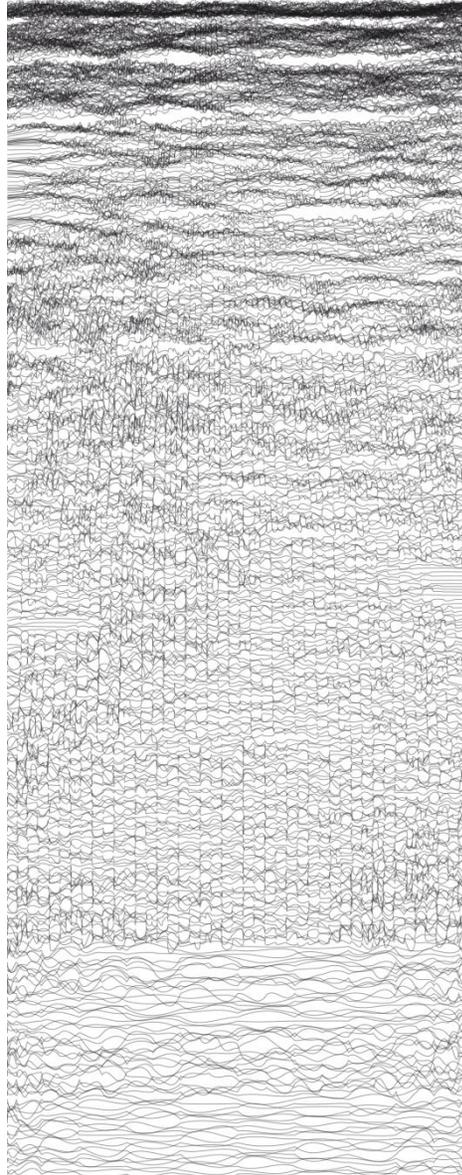
Una "ida y vuelta" en las dimensiones de un fenómeno nos podría entregar la información necesaria para descifrarlo.

Teniendo en cuenta que el viaje dentro del sonido nos entregará información y además con la representación que existe de este fenómeno como onda, es que se visualiza como propuesta conceptual del proyecto una *Superficie responsiva y continua, que acoge formas sinuosas para hacer visible y tangible elementos conformadores del sonido.*

*Sonido → onda → frecuencias → intensidad → espectro → curvas → onda → superficie*

Las imágenes que siguen son parte de un ejercicio gráfico que el autor hizo para conceptualizar el "mirar el sonido y conocer sus otras dimensiones".





## Proyecto

### -Contexto de caso estudio.

Las mediciones de dB que existen actualmente sobre algunas de las principales calles de Santiago fueron anteriormente geo-referenciadas al ser superpuestas con un mapa de las locaciones de centros de educación (colegios, universidades, CFT, etc.), esto permite visualizar que un grupo importante de estos centros de educación se ven afectados por el ruido de la ciudad, debido a su distribución geográfica en Santiago.

Además del ruido de la ciudad, que se ha visto favorecida por los tres factores, vistos en el capítulo 4, se le puede agregar un cuarto, que es de tipo "interno" y que es la adición de fuentes de emisión de ruido dentro de los centros de educación. En algunos casos la existencia de estas fuentes de ruido o de contaminación acústica puede no ser intencional, como por ejemplo, que en ciertos colegios se emite música por los altoparlantes durante un recreo. Eventuales, como un ensayo de banda escolar que se prepara para desfilarse. O también circunstanciales: niños gritando dentro de la sala de clase.

Pero existen otros casos, en que las características curriculares de los centros de educación llevan a tener que generar, no de forma intencional, una fuente de ruido indeseada.

Es el caso de algunos Liceos Industriales, Universidades o Centros de formación técnica, en donde curricularmente existen asignaturas de taller, procesos productivos o manufactura dentro del mismo establecimiento que necesitan ser enseñados u evaluados con trabajo en maquinaria.

Se tomo en cuenta como caso estudio el *FAULab* de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Chile, ya que reúne los factores y características antes mencionadas: es un centro educacional, es afectado por ruido ambiental respecto a su ubicación en Santiago y posee también una fuente emisora interna debido a actividades curriculares de las asignaturas que se benefician del *FAULab*.

El laboratorio *CNC* de la FAU, se conforma a partir de Proyecto *MECESUP* UCH 0217 y se encuentra ubicado en el edificio del bloque G de la facultad. Esta construcción realizada por Pedro Sabbagh en 1998 fue proyectada para la Carrera de Diseño de la FAU, siendo utilizado por los alumnos de diseño y arquitectura para clases de taller y clases teóricas.

Es un edificio construido a base de una estructura de acero y muros de hormigón, con tabiquería de volanita divisoria al interior de los espacios de salas, los muros son de hormigón a la vista al igual que las vigas de acero y no exhibe algún elemento de aislación térmica o acústica en muros, cielo o piso.

En la actualidad, el edificio acoge distintas asignaturas de la carrera de diseño, por lo que durante los horarios designados<sup>59</sup>, se encuentra con alumnos y docentes.

El laboratorio *CNC* se encuentra ubicado dentro de este edificio, en su en la segunda planta.

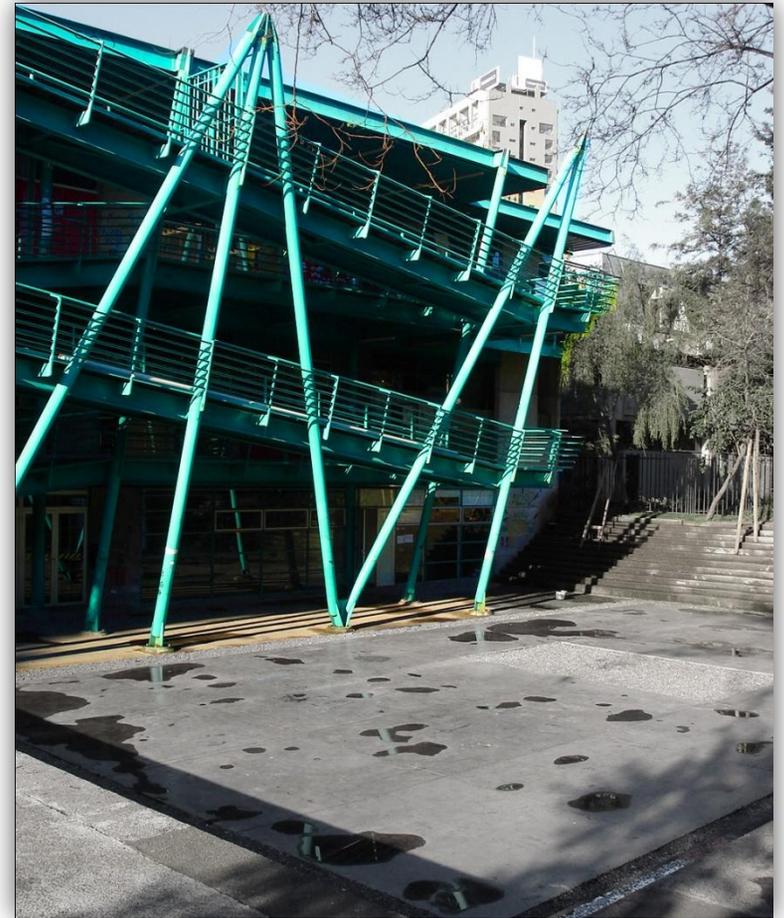


Imagen 27: Sector del FAULab, frente al “ágora”.

<sup>59</sup> Lunes a Jueves 10:00 a 19:00 hrs. Viernes 10:00 a 18:00 hrs.

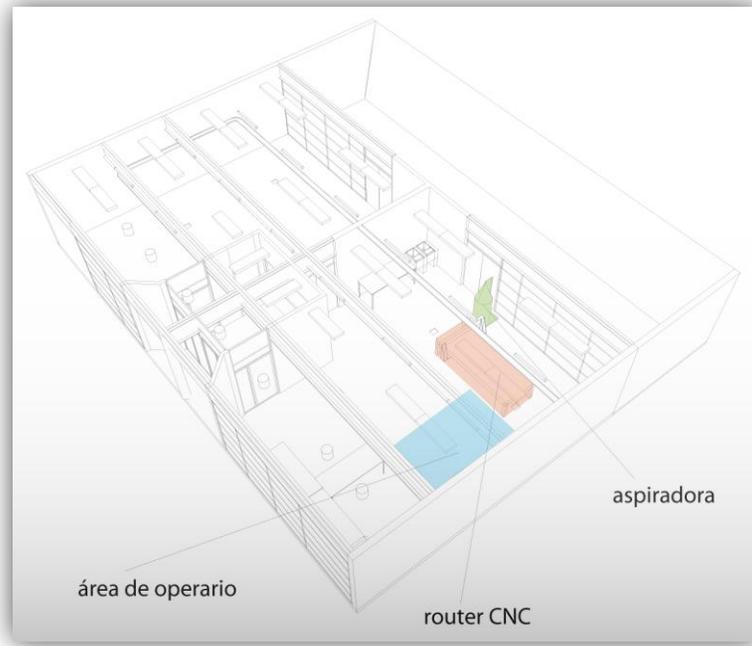
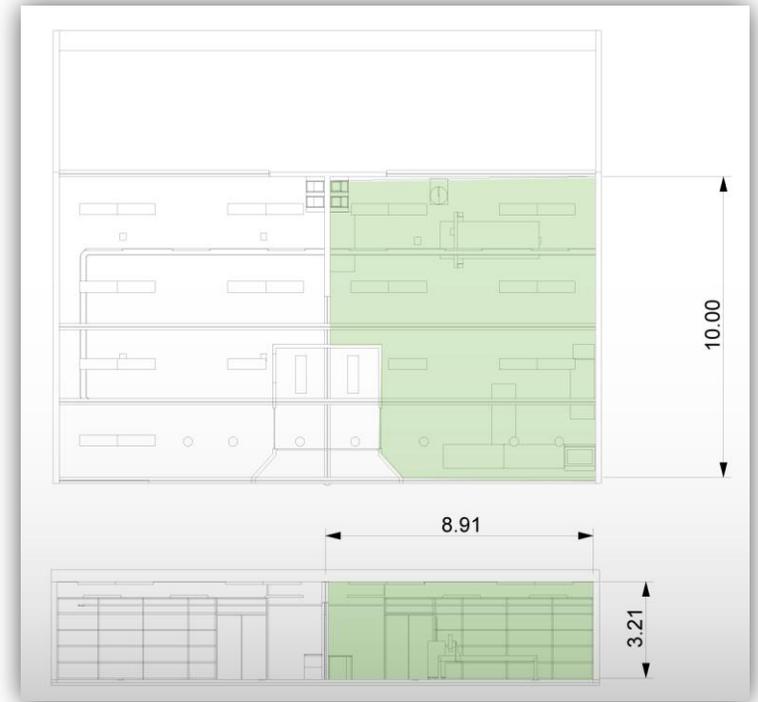


Imagen 28: Esquemática de cotas, unidades en metros.





## -Identificación del problema.

### -Niveles de ruido recomendados.

La recomendación de la OMS indica que para centros educacionales, la intensidad del sonido no debe superar los 35dB(a). Y en Chile, siendo algo más permisiva la recomendación, se establece que irá de 45 a 55 dB(a) para sectores y lugares con centros educacionales.

### -Fuentes sonoras.

Dentro del FAUlab, existen variadas fuentes sonoras. De las principales y relativos a este proyecto se tienen:

- Router CNC Techno ISEL Serie LC, modelo 4896 (especificaciones en anexo).
- Aspiradora del router.
- Bomba de vacío del router.

Además se tomó como sonido base y de control para comprar las intensidades, un ruido de fondo, con el agregado de una máquina cortadora láser Universal Laser Systems Inc., modelo Professional PLS 4.60, funcionando.

Se debe mencionar, que los pasos siguientes del Proyecto, fueron realizados conjuntamente con el curso de *Modelamiento IV* de la carrera de Diseño Industrial de la Universidad de Chile. El curso durante el segundo semestre de este año, se avocó a la investigación y el uso de tecnologías de *Fabricación Digital*. Los alumnos de este curso fueron guiados por el profesor Marcelo

Quezada Gutiérrez y apoyado por el autor de esta memoria en calidad de ayudante del curso, Titulando y supervisor de los pasos que se iban realizando.

Los procesos que se llevaron a cabo sirvieron como experiencia y ejercicio proyectuales, y los resultados sirvieron para determinar criterios utilizados en el proyecto de esta memoria.

Además el autor tuvo la posibilidad de entregar conocimientos adquiridos en el transcurso de la carrera y personales relativos a diseño digital y diseño generativo, pudiendo con esto, captar de muy grata manera la atención y el interés de los alumnos.

### -Correlación de datos.

Se ha puntualizado que el sonido se compone por *datos*, estos son los que servirán para generar una forma *emergente* que pueda tener la capacidad de poseer variaciones *polimórficas*, para así conformar una solución forma y objetual acústica al problema del ruido en la sala CNC de la FAU.

Se puede predecir con antelación que los principales *datos* obtenidos de la captura de audio serán dos: las frecuencias en Hz y las intensidades en dB de cada una de esas frecuencias capturadas.

Estos 2 son los datos se ingresarán, correlacionarán, manipularán y se parametrizarán luego en Grasshopper.

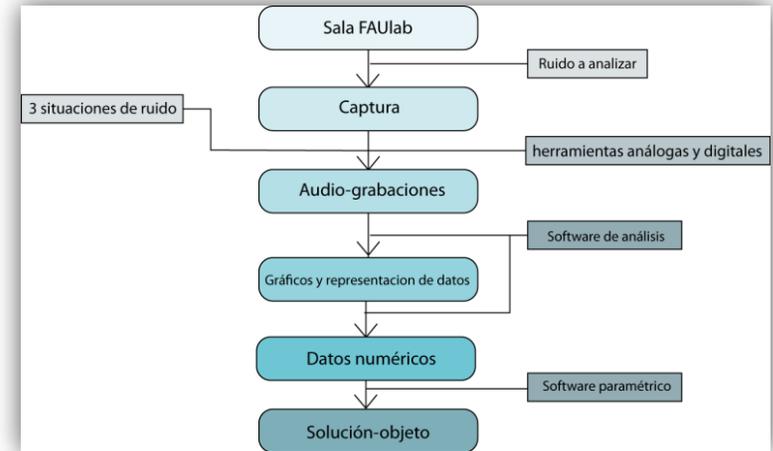


Imagen 29: Esquema general del proceso.

### -Captura de datos.

Para determinar a cuanto intensidad sonora en dB están siendo afectados los alumnos, docentes y técnicos en la sala del FAUlab se procederá a capturar por medio de grabación digital, distintas situaciones de ruido dentro de la sala. Obteniéndose al final de este proceso un archivo digital que contenga y permita *exportar*<sup>60</sup> estas grabaciones para un posterior análisis.

### -Herramientas de grabación.

Para las grabaciones se utilizarán las siguientes herramientas (especificaciones en anexo):

- 1.-Micrófono Behringer C1.

<sup>60</sup> Acción que conlleva la conversión de un archivo, de un formato a otro, para poder ser abierto en otro software.

- 2.-Consola Behringer BCA2000.
- 3.-Audacity (software).
- 4.-Computador.
- 5.-Audífonos.
- 6.-Atril para micrófono.

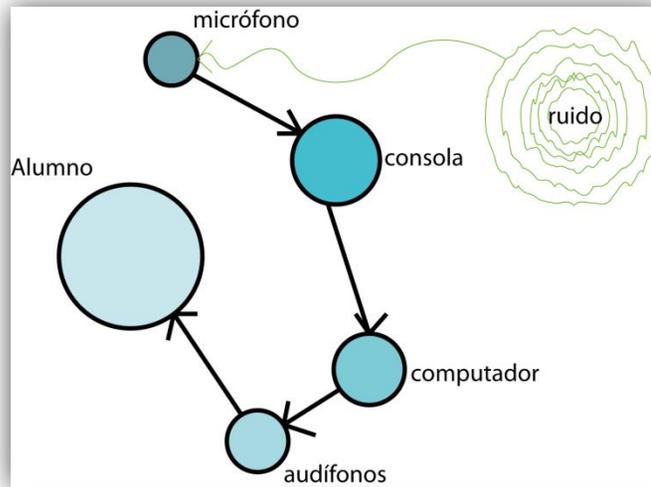


Imagen 30: Alumnos utilizando las herramientas de grabación

### -División del espacio.

Para permitir una mejor organización de los datos y poder observar si existen variaciones de estos datos en distintos puntos de la sala, esta se dividió en 4 cuadrantes generales.

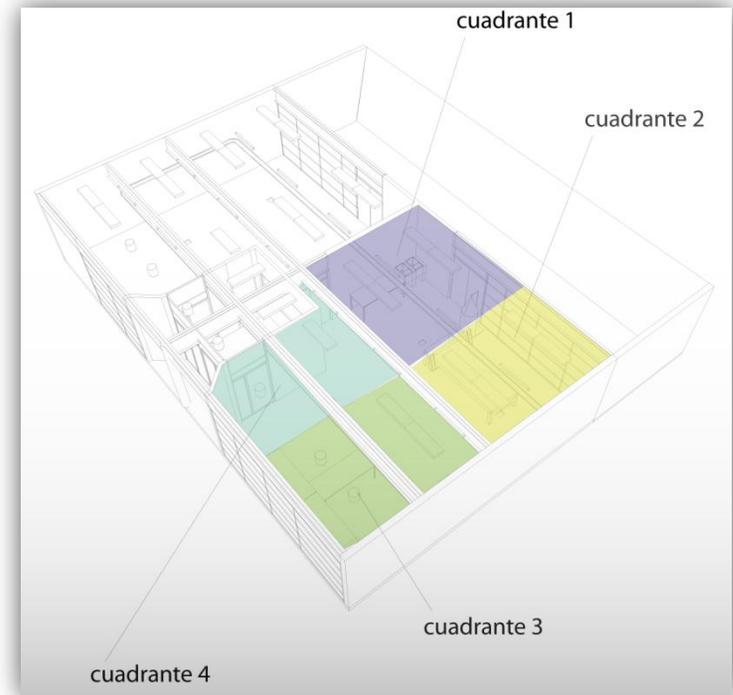


Imagen 31: Esquema división por cuadrantes.

### -Proceso de captura.

Este proceso se realizó teniendo el micrófono siempre dirigido a una misma dirección en todas las capturas, hacia el Este. Y de

forma paralela al suelo debido a las características de su diagrama polar.

Se posiciona el micrófono a una altura de 1,35 (m) desde el suelo e instalado en un atril de micrófonos y posicionado relativamente al centro de cada cuadrante.

En estos momentos, el micrófono está recogiendo los sonidos y ruidos de la sala y la consola los recibe.

La grabación en si se realiza desde *Audacity*<sup>61</sup>(programa *OpenSource*<sup>62</sup>). Generando en este un "proyecto *Audacity*" con 3 pistas de acuerdo a 3 instancias de sonido:

- *Ruido de fondo.*

- *Router CNC encendido con aspiradora encendida.*

-*Router CNC realizando una operación en un tablero de madera con aspiradora encendida.*

Estas instancias de acuerdo a lo determinado anteriormente como fuentes sonoras.

Se estableció en el procedimiento que se grabaran 10(+/-) 1 segundos por cada pista y una grabación por instancia de sonido.

Los mismos alumnos del curso manejaron las herramientas utilizadas en la captura. Desde el posicionamiento del micrófono, hasta la grabación digital del audio.

<sup>61</sup> Software dedicado a la grabación y edición de audio en formato digital.  
<audacity.sourceforge.net>

<sup>62</sup> Nombre que se le da a los software desarrollados y distribuidos libremente.  
También se les conoce como software de *código abierto*

### -Procesamiento de datos.

En una primera parte se utiliza *Audacity* para visualizar los *espectros*<sup>63</sup> del audio que se grabaron.

El *análisis de espectro*<sup>64</sup> comprende la generación de un gráfico de intensidad en dB (FS)<sup>65</sup> versus el *ancho de banda*<sup>66</sup> de las frecuencias capturadas. El gráfico se ajusta para que se represente de forma Logarítmica<sup>67</sup>.

De estos gráficos se pueden visualizar ciertos *peaks*<sup>68</sup> y cambios en las pendientes de las curvas que indican una intensidad específica junto con su frecuencia correspondiente en el otro eje.

Esta representación de las intensidades y frecuencias de *Audacity* será usado como criterio para buscar *bandas* (o conjuntos) de frecuencias con intensidades fuera de norma o cercanas a la norma (45-55dB (a)), para así poder analizar y trabajar con datos más específicos.

<sup>63</sup> Rango o intervalo de frecuencias, por ejemplo el espectro de la audición humana va de los 20Hz a los 20KHz.

<sup>64</sup> Análisis que se refiere a descomponer un elemento complejo en partes simples. Matemáticamente se realiza mediante el uso de Transformaciones de Fourier.

<sup>65</sup> Escala de decibeles "full-scale", una escala determinada para los aparatos electrónicos, siendo 0dB la intensidad más alta o el límite máximo del aparato en captar la intensidad. La escala es de valores negativos. Los valores sobre 0dB corresponden a irregularidades de tipo electrónico en el procesamiento de señales, presentes en todos los aparatos de consumo masivo.

<sup>66</sup> El ancho de banda es el rango determinado por la frecuencia mínima y máxima de una captura de audio.

<sup>67</sup> Se representa de forma logarítmica, ya que con este cálculo las frecuencias se pueden adecuar a la percepción del oído humano a los sonidos. El oído humano es especialmente sensible a las frecuencias entre el rango de los 1KHz a los 4KHz.

<sup>68</sup> Puntos de intensidad que sobresalen de la curva media.

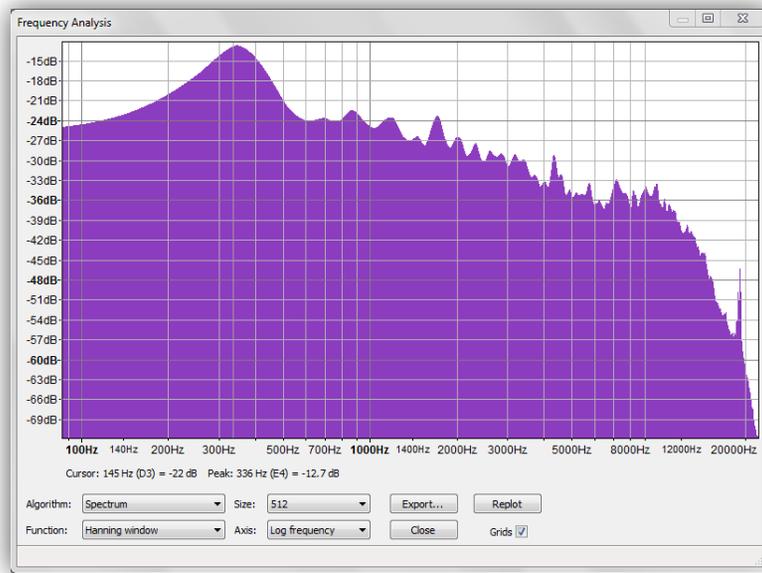


Imagen 32: Cálculo de espectro en Audacity.

Por último desde Audacity se exportaron cada una de las pistas al formato de audio "WAV 16bit PCM", un formato de audio estándar en la industria de la computación y musical.

El siguiente proceso realizado a las grabaciones es generado en el software de código abierto Praat<sup>69</sup>. Este software es utilizado ampliamente en el análisis espectral de audio y en estudios fonéticos, y se utiliza en este caso para nuevamente generar un análisis de espectro más detallado y que corresponda con los datos que se requieren para determinar un problema de ruido fuera de norma dañino para los usuarios de la maquinaria CNC y los que asistan a la sala.

<sup>69</sup> <[www.fon.hum.uva.nl/praat](http://www.fon.hum.uva.nl/praat)>

Este cambio en el uso de software de análisis, responde a que los datos que se exportan desde Audacity, son de tipo dB (FS), en donde su rango es el valor máximo o dB. Para hacer corresponder los datos de dB aproximados a los regidos por norma y recomendaciones es que se utiliza Praat, ya que este software realiza el análisis adecuado para que los valores de dB sean con un valor 0dB mínimo. Así correspondiendo con la escala de umbrales auditivos en los que percibe el oído humano.

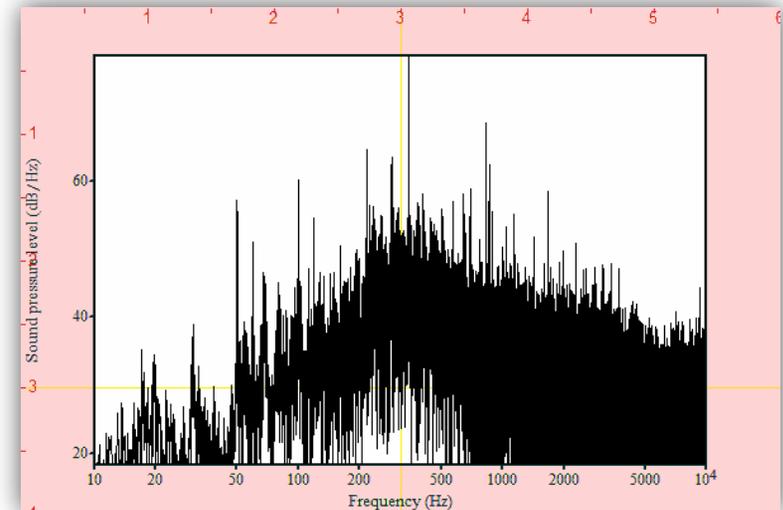


Imagen 33: Gráfico de Praat

Al abrir WAV en Praat, se le pide que realice un análisis espectral y "plotee"<sup>70</sup> el análisis para un rango de frecuencias de 0 Hz a 22050 Hz, con una diferencia entre frecuencias de 0.08411407470703125 Hz. Esta diferencia entre una y otra

<sup>70</sup> Presentación gráfica o en base a texto de un set de datos o relaciones entre variables. Gráficos 1D, 2D, 3D y tablas con filas y columnas de texto son usadas generalmente.

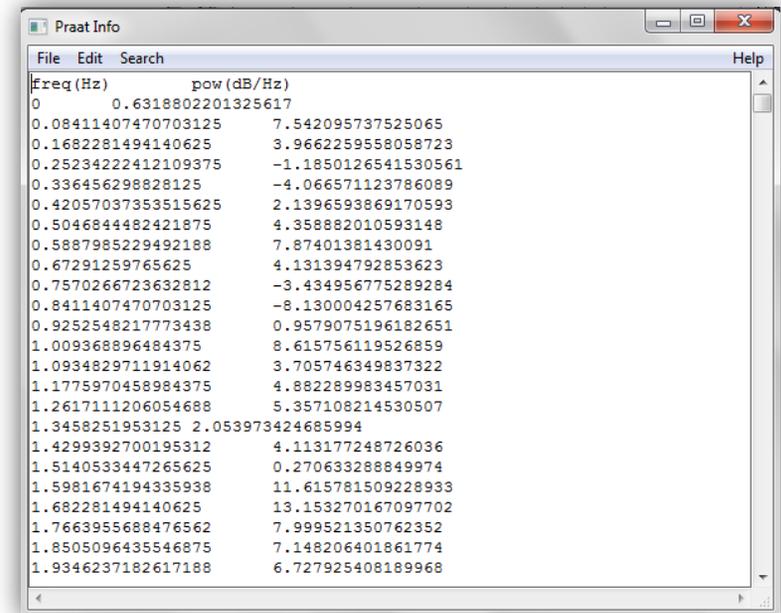
frecuencia que calcula Praat, genera un listado de datos que contiene alrededor de 260 mil líneas de números (262.411 según división algebraica)

Se realiza el mismo procedimiento de *plotear*, pero corresponde realizarlo ahora con las intensidades.

Los valores de las intensidades son positivos y son expresados en dB y corresponden a la energía de la onda. Se considera que algunos valores negativos obtenidos se adquirieron por características electrónicas de los elementos utilizados para la captura. Este factor y estos valores son considerados como externos al diseño.

En este momento, se puede generar una exportación a un archivo de texto, de formato *txt*<sup>71</sup>. Se generan 2 distintos por cada archivo WAV de las instancias de sonido, uno conteniendo las frecuencias y otro las intensidades.

En total se generaron 9 archivos de texto, cada uno con cerca de 260 mil líneas de *datos*. Correspondientes a 8 grabaciones de instancias de ruido de máquina y una grabación de ruido de fondo como control.



The screenshot shows the Praat Info window with a menu bar (File, Edit, Search, Help) and a list of data. The data is organized into two columns: 'freq (Hz)' and 'pow (dB/Hz)'. The first row is a header, and the following rows contain numerical data. The values range from 0 to 1.9346237182617188 Hz and -4.066571123786089 to 7.542095737525065 dB/Hz.

freq (Hz)	pow (dB/Hz)
0	0.6318802201325617
0.08411407470703125	7.542095737525065
0.1682281494140625	3.9662259558058723
0.25234222412109375	-1.1850126541530561
0.336456298828125	-4.066571123786089
0.42057037353515625	2.1396593869170593
0.5046844482421875	4.358882010593148
0.5887985229492188	7.87401381430091
0.67291259765625	4.131394792853623
0.7570266723632812	-3.434956775289284
0.8411407470703125	-8.130004257683165
0.9252548217773438	0.9579075196182651
1.009368896484375	8.615756119526859
1.0934829711914062	3.705746349837322
1.1775970458984375	4.882289983457031
1.2617111206054688	5.357108214530507
1.3458251953125	2.053973424685994
1.4299392700195312	4.113177248726036
1.5140533447265625	0.270633288849974
1.5981674194335938	11.615781509228933
1.682281494140625	13.153270167097702
1.7663955688476562	7.999521350762352
1.8505096435546875	7.148206401861774
1.9346237182617188	6.727925408189968

Imagen 34: Archivo de texto.

### -Resultados.

Utilizando el análisis de espectro y el análisis de energía media<sup>72</sup> de *Praat*. Los resultados se tabulan a continuación. Además se agregan, a modo comparativo, los umbrales en dB para algunos entornos.<sup>73</sup>

<sup>71</sup> Formato de archivo ampliamente utilizado en computación. Se caracteriza por solo contener líneas de texto numérico o alfanumérico.

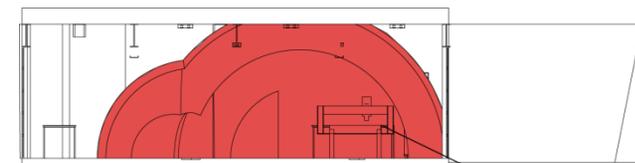
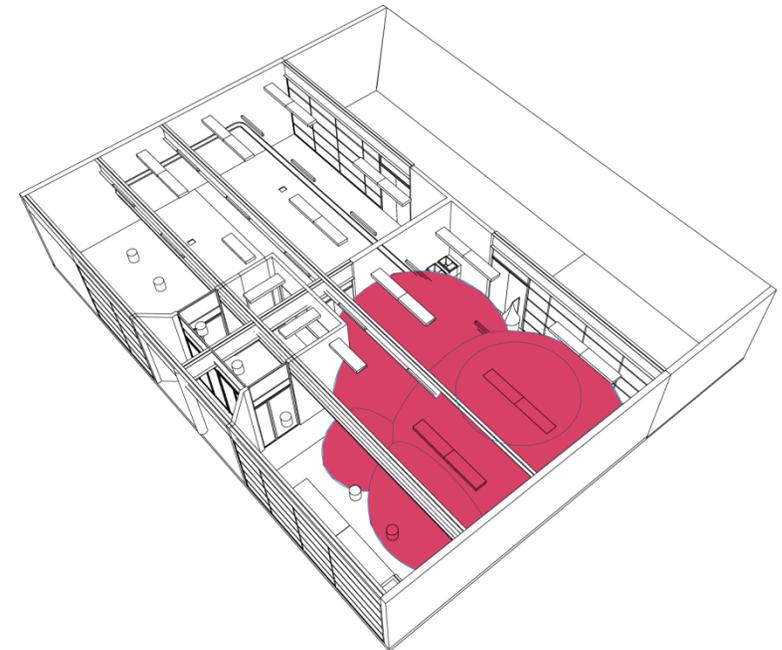
<sup>72</sup> Promedio aritmético de las intensidades.

<sup>73</sup> EUGENIO COLLADOS. "Costo social del ruido urbano en Santiago de Chile". Universidad de Santiago de Chile.

Cuadrante N°	Intensidad máxima (dB)	Frecuencia (Hz)	Intensidad promedio durante 10 segundos (dB)	Hogar, lugar público, aire libre, estadios	Calle, vehículos, servicios	Oficina, taller, servicios	Industria, comercio, servicios, transporte	Industria, aire libre	Distancia a la fuente sonora app. (m)	¿Se encuntra sobre la norma?
Ruido de fondo	49.11	-	51.944276528200874	60 dB	70 dB	55 dB	65 dB	75 dB	12.72	no
1 CNC encendida	75.34 72.551 69.711 65.628 64.222 60.889 60.63 60.301 57.997	347.5593566 894531 347.8958129 8828125 347.2229003 90625 836.0939025 878906 835.7574462 890625 893.9643859 863281 346.8864440 917969 348.5687255 859375 695.1187133 789062	79.9519278285711	60 dB	70 dB	55 dB	65 dB	75 dB	3.52	si
1 CNC trabaja	81.222 78.243 71.562 71.057 68.55 68.202 68.105 67.251 66.748	347.5593566 894531 347.7275848 388672 347.3911285 4003906 347.2229003 90625 855.1036834 716797 836.0939025 878906 854.5989990 234375 348.0640411 376953 854.9354553 222656	82.31538740888136	60 dB	70 dB	55 dB	65 dB	75 dB	3.52	si
2 CNC encendida	80.05 79.527 79.549 78.827 74.598 72.156 70.085 66.961 68.238	347.7593566 894531 347.6070144 6533203 347.3911285 4003906 347.4752426 147461 347.3429003 90625 347.6434707 6416016	82.54127497055957	60 dB	70 dB	55 dB	65 dB	75 dB	2.95	si

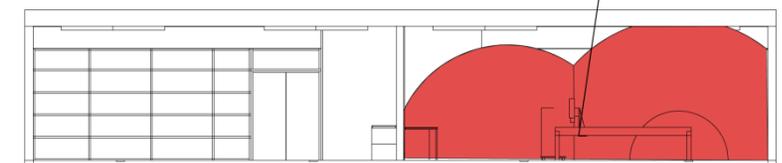
		347.7275848 388672 215.5002593 9941406 1671.683120 727539								
2 CNC trabaja	80.05 79.327 79.279 78.827 73.598 72.116 70.085 69.901 68.518 67.046	347.5593566 894531 347.3070144 6533203 347.3911285 4003906 347.4752426 147461 347.2229003 90625 347.6434707 6416016 347.7275848 388672 215.5002593 9941406 1671.683120 727539 215.5843734 741211	82.56566497055957	60 dB	70 dB	55 dB	65 dB	75 dB	2.95	si
3 CNC encendida	84.865 82.701 75.605 74.646 74.232 71.793 69.371 68.139 67.602 66.415	347.1387863 1591797 347.2229003 90625 347.3911285 4003906 347.3070144 6533203 347.0546722 4121094 346.8864440 917969 346.8023300 1708984 215.4161453 2470703 346.9705581 665039 346.6341018 676758	79.84311949536954	60 dB	70 dB	55 dB	65 dB	75 dB	5.29	si
3 CNC trabaja	78.317 77.574 75.872 75.718 73.88 72.978 72.458 71.648 71.039 68.585	347.0546722 4121094 347.2229003 90625 347.1387863 1591797 347.3911285 4003906 347.3070144 6533203 346.8864440 917969 346.8023300 1708984 347.4752426 147461	78.83385174757852	60 dB	70 dB	55 dB	65 dB	75 dB	5.29	si

		346.9705581 665039 835.2527618 408203									
<b>4 CNC encendida</b>	66.573 66.518 65.994 65.252 65.163 64.796 64.16 63.534 63.089 63.014	346.8023300 1708984 346.8864440 917969 346.9705581 665039 345.9611892 7001953 346.0453033 4472656 345.8770751 953125 347.0546722 4121094 119.2737579 3457031 346.6341018 676758 345.7929611 2060547	<b>75.15637478 468462</b>	60 dB	70 dB	55 dB	65 dB	75 dB	6.68	si	
<b>4 CNC trabajando</b>	83.739 74.91 74.51 66.335 64.891 64.855 64.719 64.055 63.753 63.203	346.9705581 665039 347.1387863 1591797 347.0546722 4121094 346.8864440 917969 119.2737579 3457031 346.8023300 1708984 892.2821044 921875 835.0004196 166992 835.0845336 914062 346.7182159 423828	<b>78.31632219 226405</b>	60 dB	70 dB	55 dB	65 dB	75 dB	6.68	si	



elevacion norte

router cnc



elevacion poniente

Imagen 35: esquemáticas que representan la intensidad como un volumen

De los resultados obtenidos se puede concluir que las intensidades máximas se registran en las frecuencias más bajas, es decir sonidos graves y que todos los *peaks* de intensidades se encuentran sobre la norma. Además el promedio de dB durante todo el periodo de grabación también supera los umbrales de ruido recomendado. Con esto se puede inferir que no solo las frecuencias bajas son las que están teniendo injerencia en la intensidad promedio. Sino que intensidades localizadas en otras frecuencias más altas.

Revisando luego un espectro de audio más amplio, se pudo observar que existen frecuencias con intensidades críticas en los rangos *de 750-850Hz, 1100-1300Hz, 2200-2900Hz y 3000-3600Hz aproximadamente.*

Los 3 últimos rangos se encuentran en el intervalo de frecuencias de la voz humana. Ruidos en este rango de frecuencias y a las intensidades medidas, entorpecen la comunicación entre individuos.

Las intensidades máximas capturadas, se convierten en un riesgo para la salud física, mental y en la comunicación de los usuarios si estos están expuestos a tiempos prolongados en este ruido.

### -Génesis formal y búsqueda de la forma.

Como se ha escrito anteriormente, la información que contiene el sonido puede ser extraído y ser tomado como dato numérico para transformarse en un parámetro.

A continuación se muestran algunos referentes en el ejercicio de llevar a forma un sonido.

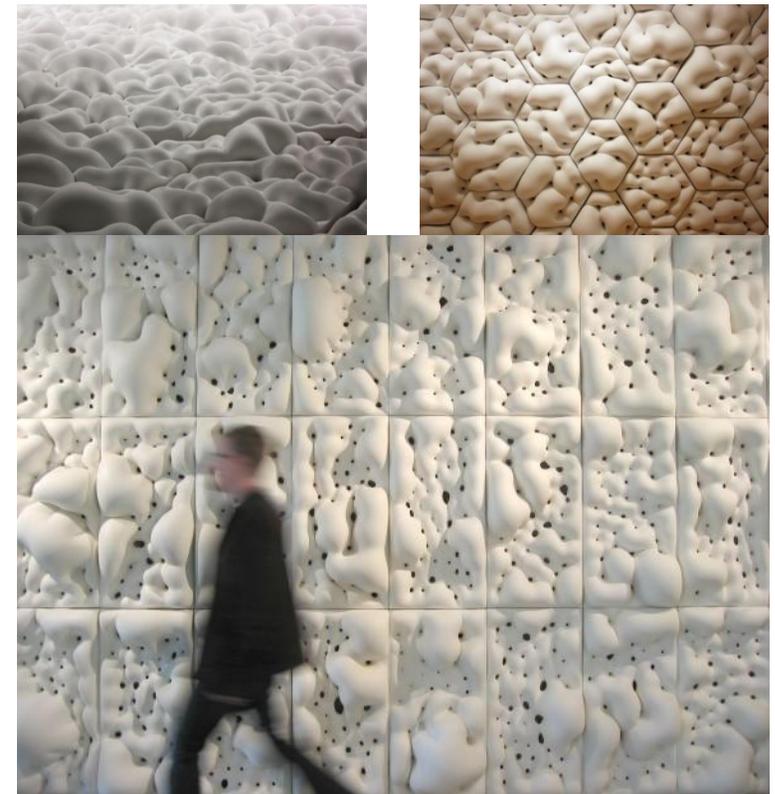


Imagen 36: P\_Wall, web matsysdesign.com

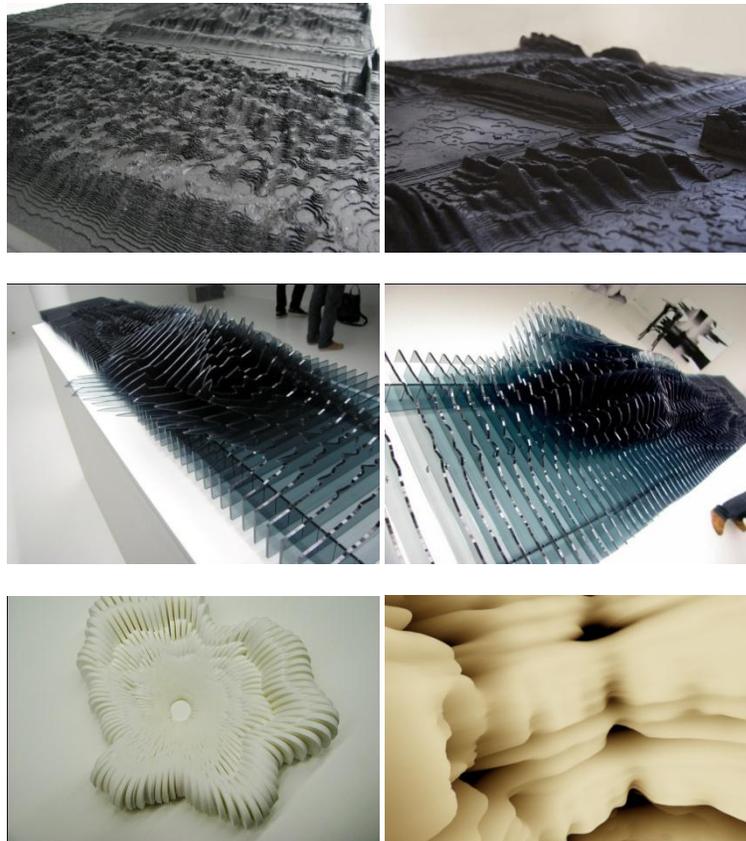


Imagen 37: Instalación Frozen: sound as shape, web generatorx.no

### -Experiencia Workshop D-O-F.

La búsqueda de la forma de la solución acústica para este proyecto, se inició en la experiencia del *Workshop D-O-F* (Design-Optimization-Fabrication) realizado en la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Chile, durante el periodo de ENEDI 2009, dictado por miembros del "Grupo PARAMÉTRICA"<sup>74</sup>.

En este workshop participaron alumnos y profesionales de disciplinas de Diseño y Arquitectura, y en el cual se les permitía trabajar en un proyecto personal utilizando la herramienta digital de Diseño Generativo y Modelamiento Paramétrico Grasshopper.

Dentro de este workshop, se propuso como proyecto personal la creación de una superficie que fuese parametrizada a partir de *datos*, teniendo esto una relación directa con este proyecto de título.

Con el apoyo de uno de los profesores del workshop, Diego Pinochet (Arquitecto), se pudo lograr el objetivo de ingresar los *datos* obtenidos en las grabaciones y que se pudiese trabajar sobre la base de parámetros reales y no set de números pseudo-aleatorios como ocurrió en las experiencias a un inicio del workshop.

Grasshopper tiene la posibilidad de generar una cantidad de número aleatorios dentro de un rango determinado. Para el ejercicio se utilizó un rango de 1000 a 5000, simulando un rango de frecuencia. Y dentro de ese rango de números se

<sup>74</sup> Paramétrica.org

seleccionan de forma aleatoria 4 números, para simular las frecuencias *peaks*.

El *componente* provisto por Diego Pinochet, está basado en lenguaje de programación *VB.net*<sup>75</sup>, pero la definición se vio optimizada en velocidad de manejo de datos (520 mil datos en tiempo real) al actualizar el *plugin* a su nueva última versión<sup>76</sup> e incorporar un nuevo componente que “lee” más rápido la información de los archivos *txt*.

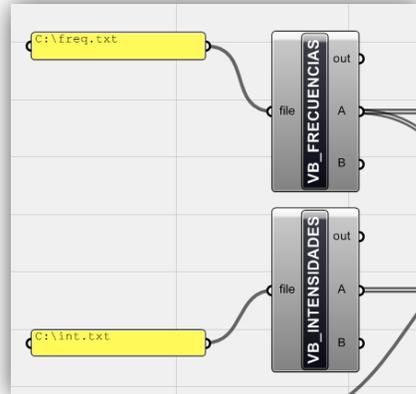


Imagen 38: capsulas VB.net con input de los archivos de texto

Luego de poder leer los 2 listados de 260 mil datos, se comenzó con el bosquejo de un *pseudo-código* a modo de bosquejo, que pudiese representar a mano alzada la idea general de concepto formal y los pasos lógicos a seguir para la construcción de la forma.

<sup>75</sup> Lenguaje implementado por Microsoft. Es la evolución del conocido lenguaje *Visual Basic*.

<sup>76</sup> Versión 0.6.0019, de agosto de 2009.

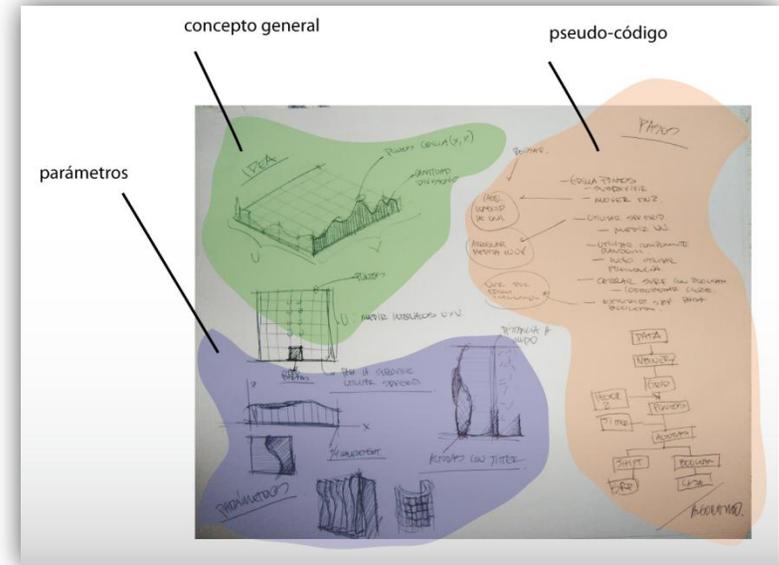
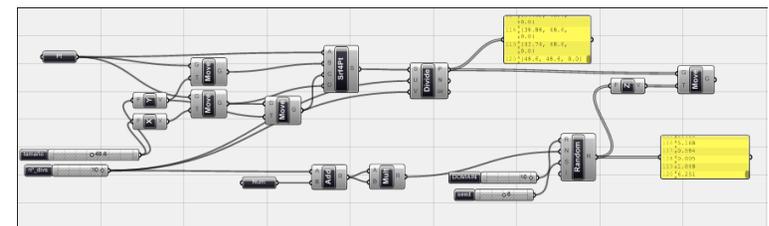
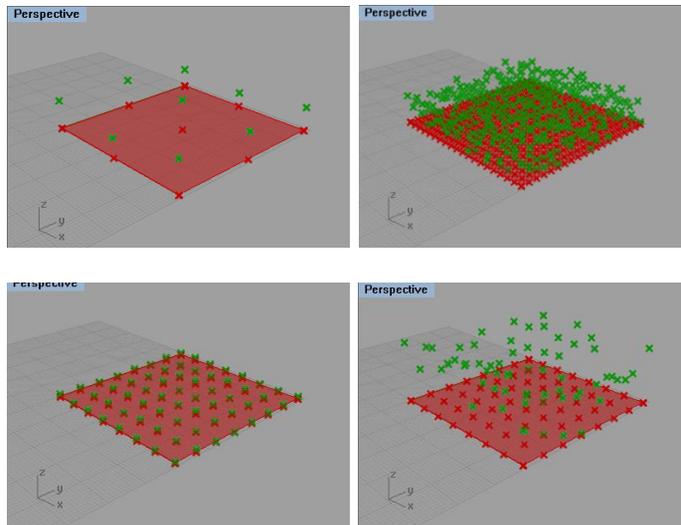


Imagen 39: bosquejo simple de pasos a seguir.

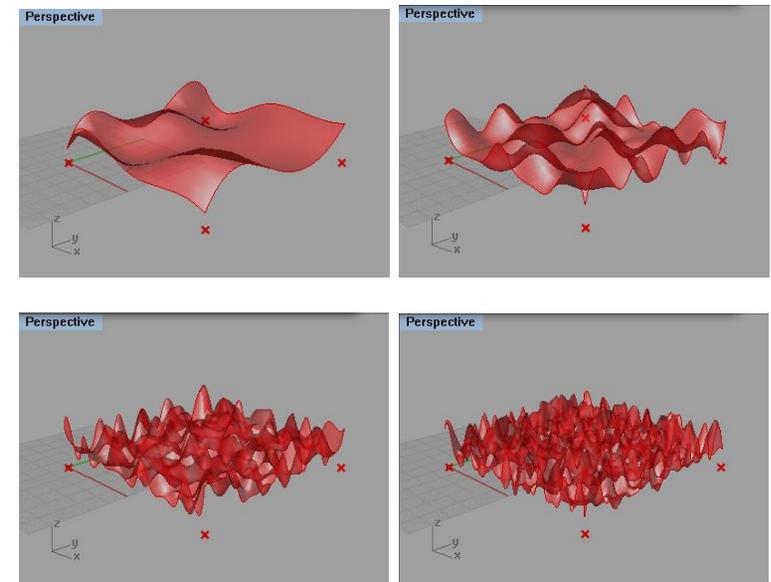
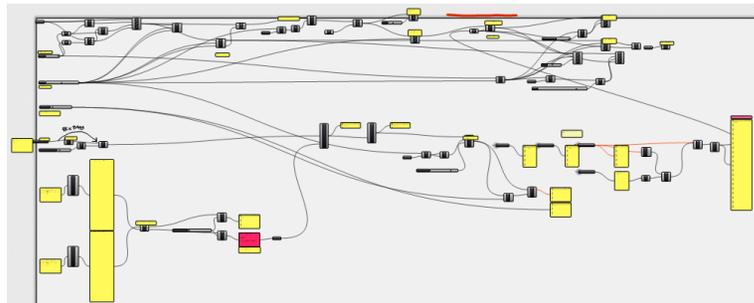
Durante el workshop se encareció durante los primeros días, que se formalizara un algoritmo o pasos lógicos para realizar el proyecto. Esto podía ser realizado en una simple hoja blanca.

El pseudo-código luego se llevó a la práctica en Grasshopper y se fue convirtiendo en un algoritmo gráfico

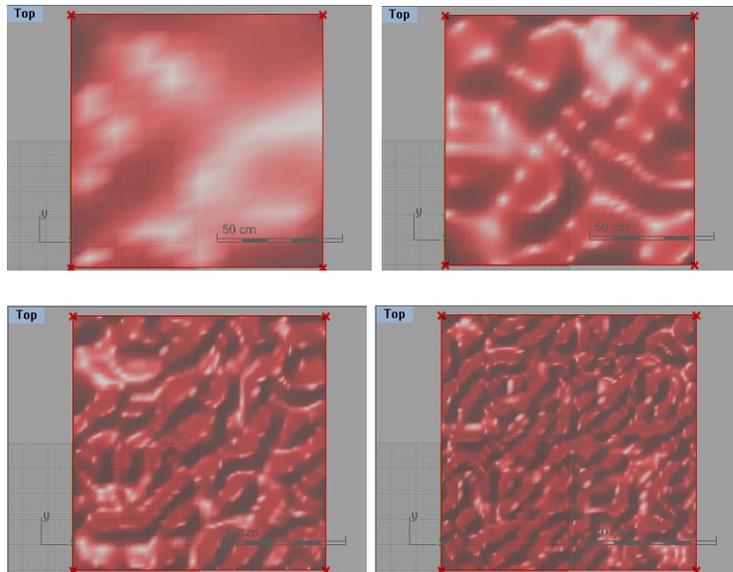




La forma de apariencia senoidal comienza a aparecer. Y reacciona a al movimiento de parámetros.



Con el apoyo de otro de los profesores, Guillermo Parada (Arquitecto), se pudo lograr sobrepasar un pequeño traspié en el manejo de datos, y literalmente "limpiar" partes innecesarias de la definición, conformándose finalmente una superficie NURBS.



**-Definición Grasshopper.**

La definición hasta este punto la definición funciona realizando una superficie continua, cerrada y sinuosa. Que se encuentra a una distancia parametrizada al plano XZ.

Esta distancia es la que corresponde al cálculo  $\frac{1}{4}$  de la longitud de la onda. Con esto, optimizando la absorción de frecuencias específicas con las intensidades fuera de norma rescatadas de las grabaciones.

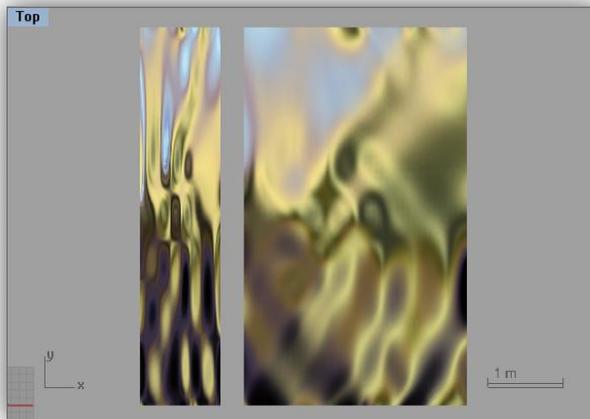
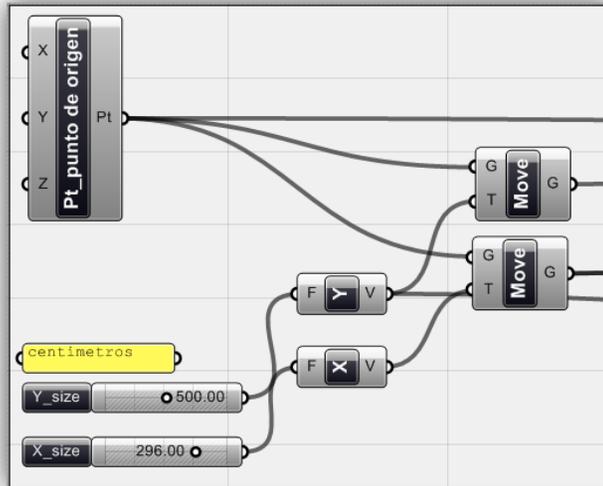
Intensidades	Frecuencias	espesores
{0:0:0:0:0:0:0:0:0:0}	{0:0:0:0:0:0:0:0:0:0}	21.144
0   86.836	0   346.886	21.144
1   77.709	1   346.971	7.302
2   77.601	2   347.055	9.962
3   70.858	3   346.802	7.302
4   69.288	4   346.718	9.962
5   68.944	5   347.139	7.302
6   68.101	6   347.223	21.144
7   67.959	7   693.857	7.302
8   67.441	8   346.634	7.302
9   66.447	9   347.307	7.302
10   65.311	10   347.559	7.302
11   65.046	11   347.475	9.962
12   64.437	12   693.773	9.962
13   64.05	13   346.382	21.144
14   63.888	14   346.214	21.144
15   63.573	15   892.03	9.962
16   62.919	16   345.877	7.302
17   62.669	17   347.391	9.962
18   62.363	18   693.689	21.144
19   62.166	19   346.556	9.962

**-Parámetros.**

Los parámetros ingresados fueron todos ideados para generar modificaciones topológicas a la superficie.

En ellos podemos encontrar:

-Tamaño transversal y longitudinal de la superficie.



-Cantidad de divisiones en rango UV<sup>77</sup> de la superficie: este parámetro permite la inserción o sustracción de puntos de control que son los que conforman la superficie. La cantidad de estos puntos de control permite realizar los cambios más significativos en la sinuosidad de la forma.

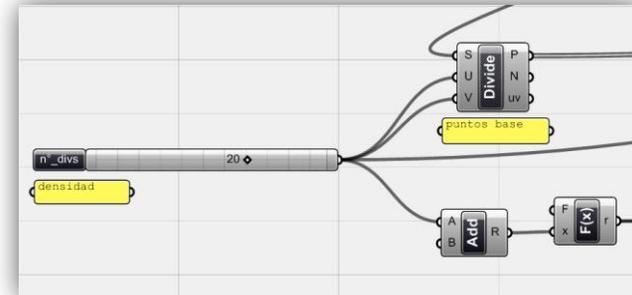


Imagen 40: Superficie con distintas divisiones: en la izquierda 4x4 y en la derecha 20x20

<sup>77</sup> UV de una superficie son las coordenadas de posición de puntos respecto a su misma superficie, no a un eje cartesiano. Se hace el símil con los conceptos de paralelo y meridiano, estos permiten un posicionamiento de algo respecto a la Tierra, no a otro planeta o a los ejes de la Galaxia.

Este parámetro se observa como muy importante en el diseño de la superficie y luego para la solución acústica, primero porque podrá determinar la correspondencia estética de la solución acústica dentro de un contexto. Y en segundo lugar como aspecto técnico, permitirá el aumento o disminución del área de contacto efectiva con la onda incidente, permitiendo absorber mayor (o menor) cantidad de frecuencias problemáticas. El aumento del área de absorción permitirá aumentar el *coeficiente de absorción*.

-*Cantidad de frecuencias por bandas*: para poder utilizar este parámetro primero se tuvo que dividir el rango total de frecuencias en *bandas* o subconjuntos de frecuencias. Esto permite poder elegir específicamente frecuencias con intensidades *peak* fuera de la norma aunque estén estas frecuencias muy apartadas. Finalmente el parámetro de cantidad de frecuencias por banda, determina un número de frecuencias por subconjunto, que son las que permiten ampliar el rango de frecuencias absorbidas. Si se aumenta el número de frecuencias, mayor rango de frecuencias problemáticas se absorberán.



Imagen 41: Aumento de 10 frecuencias por banda en cada superficie.

Este parámetro también es importante para la conformación de la superficie, ya que a mayor cantidad de frecuencias, aumenta la cantidad de curvatura en la superficie.

-*Jitter*: este componente permite generar una modificación en la curvatura por medio de la variación irregular que le asigna a la posición de los datos. En la definición, el componente *Jitter* tiene como *input* un número de puntos en el espacio, estos puntos son los que conforman la superficie. Al modificar el *factor de Jittering* que va desde 0 a 1, los puntos se “revuelven” en su posición en el espacio, pero manteniendo las alturas y las otras características del resto de los parámetros.

Aquí es donde se observa el fenómeno de *Emergencia* en la forma parametrizada.

Durante el periodo del curso de *Fabricación Digital*, en la experiencia que hicieron los alumnos con el modelo virtual de la superficie. Se pudo experimentar con este parámetro, y con sorpresa (pero de alguna manera esperada) la información ingresada a Grasshopper estando tabulada, ordenada y con iguales intervalos, en cada grupo de superficies por cuadrante *emergían* formas distintas cuando se utilizaba el factor de *Jitter* cero. La conformación de patrones en la superficie, sin que los datos tuviesen una variación irregular, componían una *forma emergente* de patrones por si mismos, sin intervención del diseñador como manipular directo.

Esto corresponde con uno de los objetivos, de utilizar herramientas de diseño generativo para poder generar este tipo de patrones que presentan características de *emergentes*.

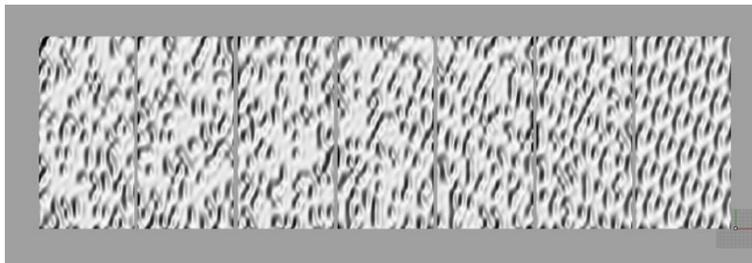
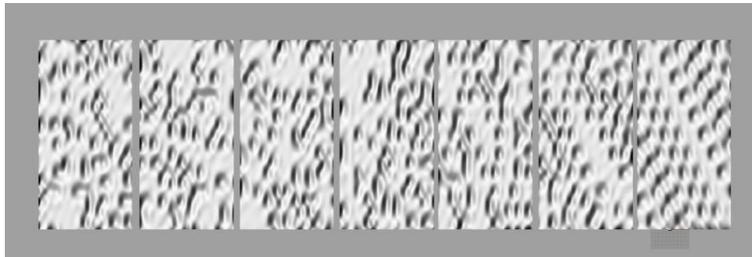


Imagen 42: Intervalos de *Jitter* =1 a *Jitter* = 0

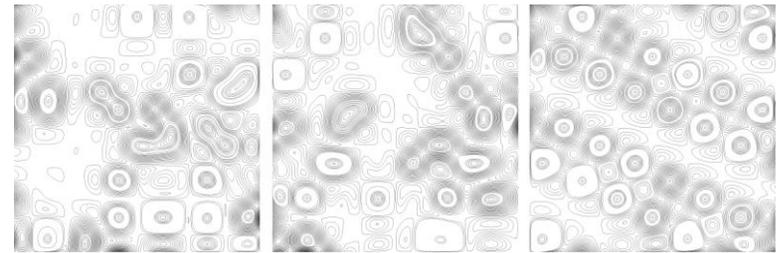
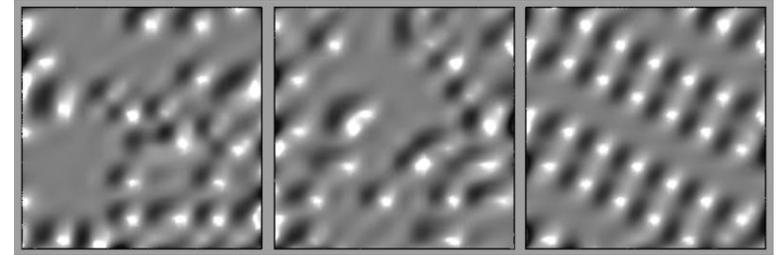


Imagen 43: líneas de contorno de curvatura, para demostrar diferencias con distintos valores de *Jitter*.

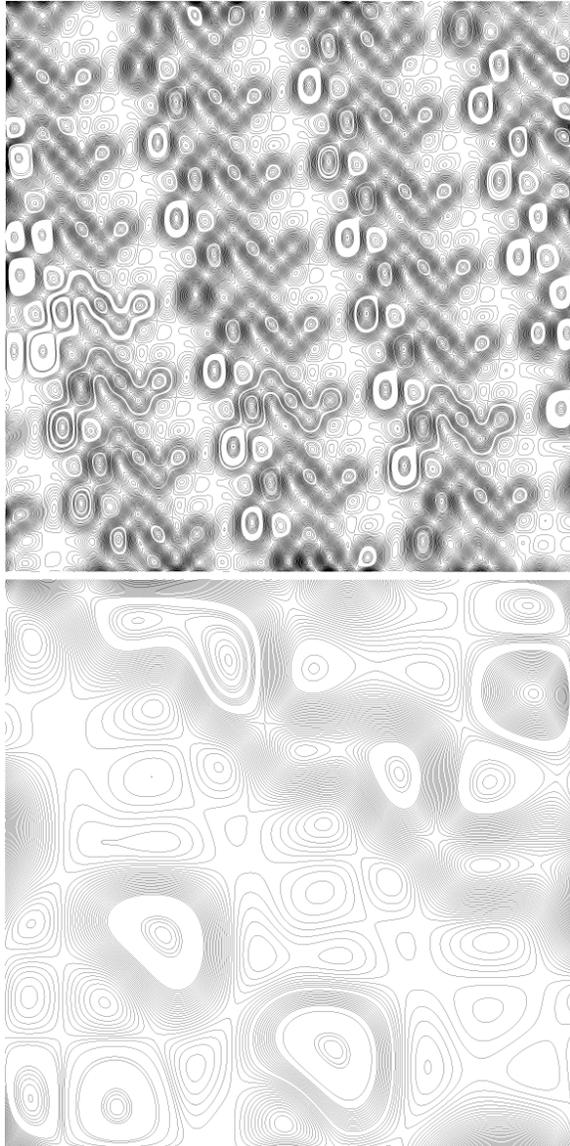


Imagen 44: Superficie con un mismo valor de *Jitter* y distintas subdivisiones.

**-Parámetros para fabricación:** de acuerdo a la experimentación en la fabricación hecho en el curso de *Modelamiento IV*, se pudieron agregar parámetros pertinentes a la fabricación y a restricciones de la máquina CNC del laboratorio (la cual se usará para construir probetas de las superficies).

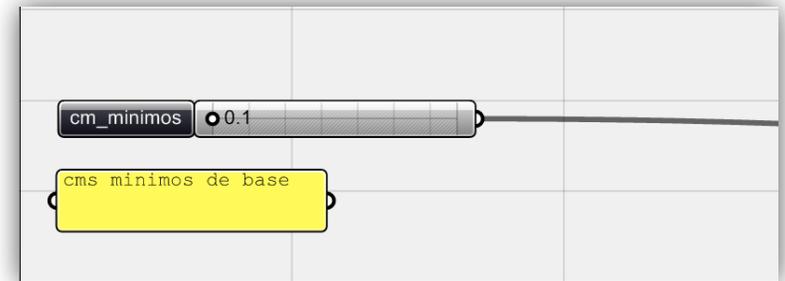


Imagen 45: los `cm_minimos`, es un factor de tolerancia. Cualquier medida en la superficie que sea mayor a este parámetro podrá existir, de lo contrario se toma la dada por este factor.

La Router *CNC* del laboratorio, posee una distancia entre plataforma y puente de 127mm, esta distancia sería la del espesor teórico del material máximo que puede ser maquinado en la *CNC*. A esta distancia hay que restarle la longitud de la herramienta (fresa de desbaste) que sobresale desde el mandril ubicado en el cabezal móvil de la máquina. Esta distancia es relativa a cada tipo de herramienta, es por esto que generar un parámetro de estas longitudes ayuda a simular en el modelo 3D, las restricciones del mundo real.

### -Ejercicio de Fabricación Digital.

En el desarrollo de este proyecto, se tuvo la posibilidad de hacer el traspaso del modelo 3D de la *superficie responsiva a frecuencias* a una probeta física, fabricada en la Router CNC utilizando como material EPS (Poliestireno expandido) con una densidad de  $30 \text{ Kg/m}^3$ , mediante el proceso de *milling*, que se refiere a cortar y desbastar para dar forma a un material. Como una de las experiencias del curso de modelamiento, se puede mencionar que comercialmente el EPS de más alta densidad es difícil de adquirir, ya sea por disponibilidad o por precio. Se eligió de la densidad anteriormente escrita por motivos de disponibilidad y costos, pero los resultados obtenidos no fueron negativos.





Imagen 46: Patrón emergido durante el ejercicio.

De los resultados obtenidos del *milling* del material, se pudo observar que las “perlas” del EPS eran expedidas sin ser desbastadas quedando el material de forma *rugosa*.

Este fenómeno se observaba solo en los lugares en que la fresa realizaba el desbaste mientras el cabezal bajaba. Durante el *milling* se probó disminuir las revoluciones de giro de la herramienta pero esto resultó en un desbaste de menor calidad. Luego se probó en disminuir la velocidad de corte del cabezal, medido en mm por segundos. Esta modificación realizada permitió un buen desbaste del material con una superficie con menos protuberancias y rugosidad.

La observación de lo que se produjo, se puede corresponder en el modelo 3D a través de un *análisis Gaussiano de curvatura*:

análisis que *evalúa*<sup>78</sup> una superficie y visualiza su respuesta en cuanto a suavidad y continuidad.

El *análisis Gaussiano* realizado en Rhinoceros de las superficies, en sus puntos críticos (de color rojo) correspondía con los desbastes de mala calidad ocurridos en el modelo físico fabricado.

Se ve ahora como importante el uso de este tipo de análisis en el modelo virtual previo a una fabricación del producto, así se pueden evitar malos logros en la calidad de este.

Este análisis además ayudó a tomar decisiones de diseño concernientes a la forma de la superficie, en el sentido que es una ayuda en poder realizar cambios en los parámetros que modifican esta forma, y determinar los rangos de estos parámetros.

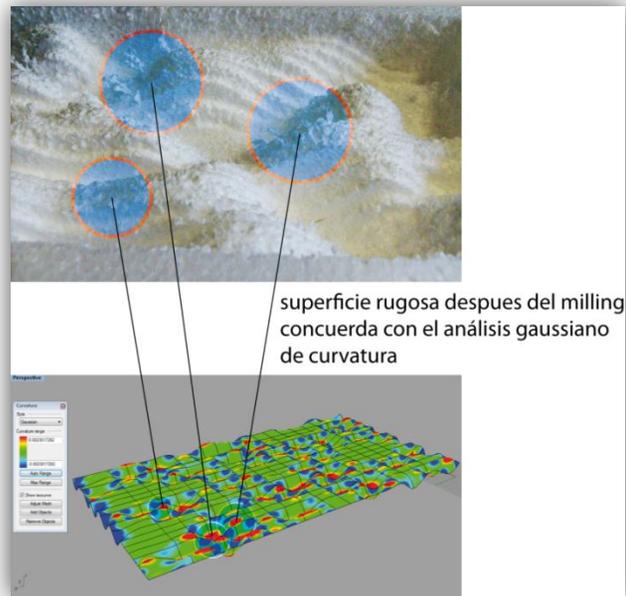
Finalmente se pudo concluir que existe una correspondencia entre el nivel de calidad del desbaste con la cantidad de Divisiones UV de la superficie y con el tamaño longitudinal y transversal de la superficie.

Con esto se tiene que:

*-A mayor divisiones, mayor sinuosidades, menor calidad en el desbaste.*

<sup>78</sup> Evaluar en computación se refiere a que el software mida y entregue algún dato sobre un elemento en específico de alguna geometría, por ejemplo si se evalúa una línea se puede entregar la cantidad de puntos que compone esa línea. En el caso de este proyecto, el uso del análisis Gaussiano corresponde a los ángulos de pendiente en las curvas de una superficie.

-Si se tiene una cantidad de divisiones fija, se tendrá que: a menor tamaño, aumento del ángulo entre sinuosidades, menor calidad en el desbaste.



#### -Modularidad y Auto similaridad.

Hasta el momento, se ha podido generar una *superficie sinuosa y continua responsiva a frecuencias*, que debe ser aplicada en el contexto espacial del FAUlab.

La *definición* creada, tiene la capacidad de poder decidir el tamaño de la superficie, con esto se da la posibilidad de poder insertarla en un espacio específico del laboratorio, ya sea muros o cielo.

Debido a las herramientas disponibles para la fabricación (máquina CNC), esta superficie no puede ser fabricada de una sola pieza cubriendo un muro completo.

La router CNC no puede recibir material para un corte continuo, por esto solo se puede realizar *milling* en un formato máximo permitido por la máquina. También entran en juego aquí los procedimientos que los operarios tienen que hacer al manejo de material, la complicación de maniobrar material de grandes dimensiones en un espacio como el FAUlab puede ser riesgoso y entorpecer otras labores importantes.

Es por esto que se decide “seccionar” en partes la superficie, generando así módulos personalizados, que entre ellos puedan reformar las curvas de la superficie original.

La continuidad de la forma a partir de partes y piezas que la conforman, surge del uso del concepto de *auto similaridad fractal*, que es la propiedad de que cada pequeña porción de un fractal puede ser vista como una réplica a escala reducida del fractal original.

La utilización de este concepto soluciona elementos formales como la apariencia y el lenguaje de la solución acústica. Le entrega consistencia y consecuencia formal a los módulos, solucionando la continuidad de la forma en sus bordes.

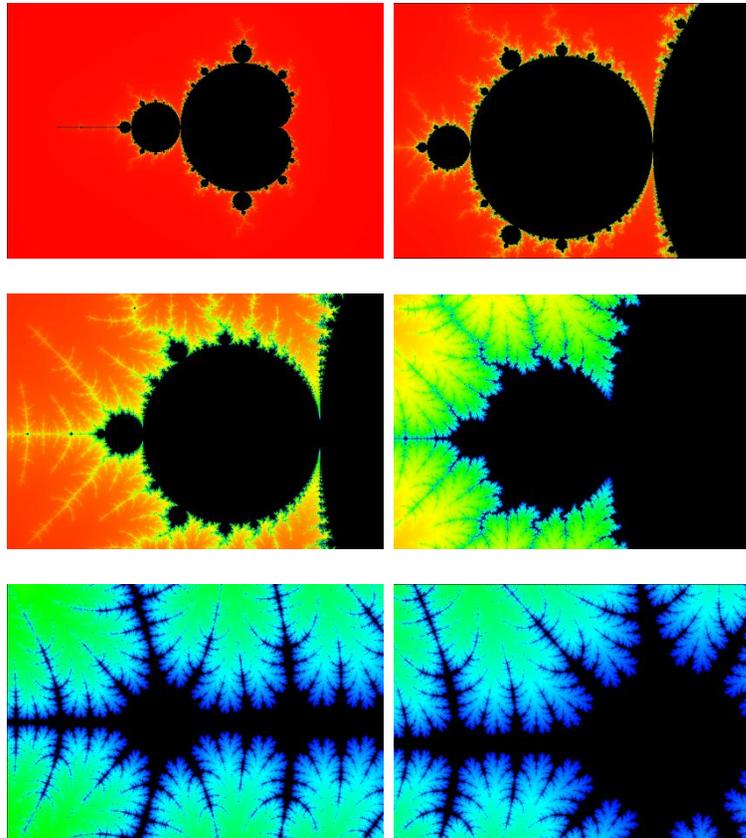


Imagen 47: 5 instancias de acercamiento, usando Java Mandelbrot Explorer Applet

Para generar la división en módulos de la superficie, se utilizó también la herramienta Grasshopper. Esta entra en juego pudiendo parametrizar el tamaño de los módulos en una de sus dimensiones.

Además, existe un componente paramétrico, que realiza la generación de estos módulos de forma "gráfica". Para esto se

utiliza un componente que utiliza como *input* la distancia de cada módulo al la fuente sonora y se utiliza como una factor de la dimensión que se modifica. Esta distancia pasa por un proceso de evaluación según una curva que se defina, esta curva puede ser de tipo senoidal, parabólica, gaussiana, exponencial, logarítmica, etc. Permitiendo con esto que también las divisiones pudiesen tener la posibilidad de presentar comportamiento *emergente*.

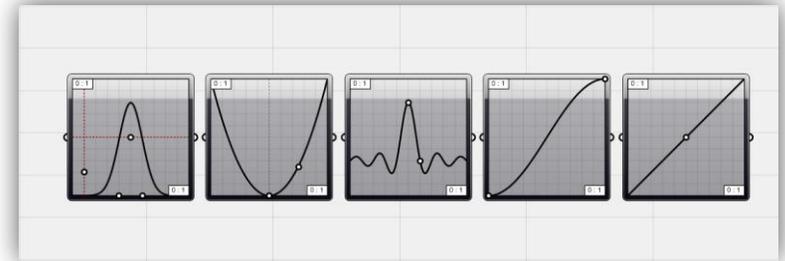
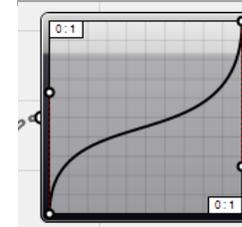
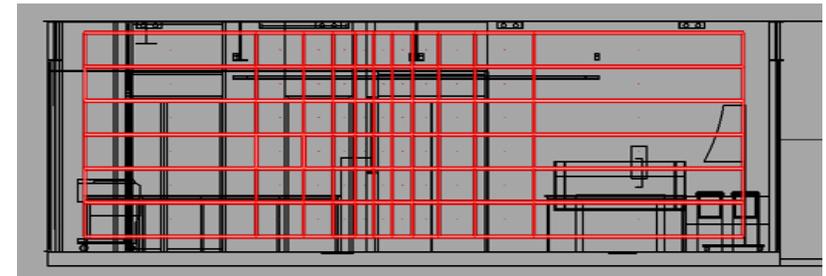
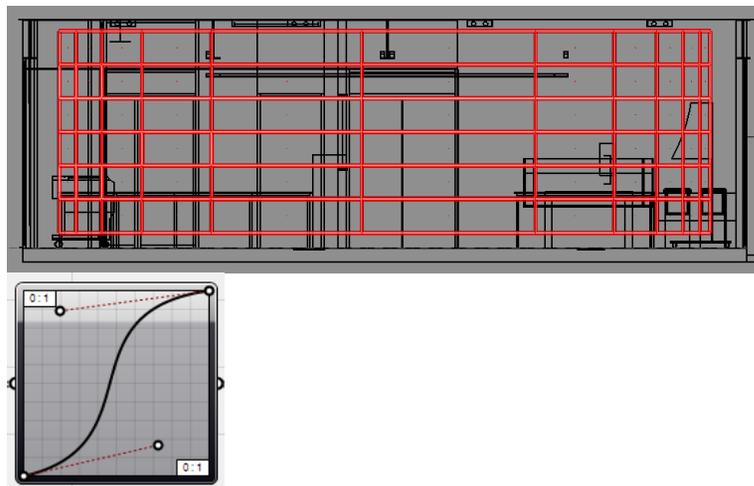
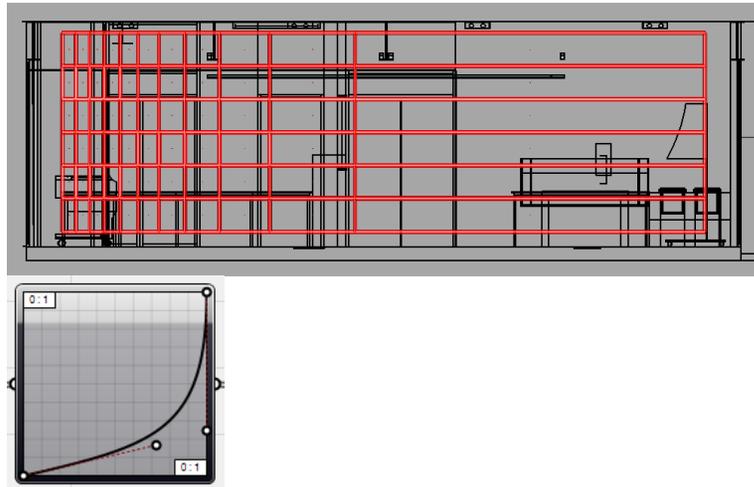


Imagen 48: Componente *Graph mapper*.





Teniendo ya una superficie constituidas por módulos, a cada uno de estos se les puede dar la categoría de *panel*.

Cabe recordar, que la definición Grasshopper de la superficie calcula la distancia al muro. Ese cálculo lo realiza tomando frecuencias específicas de acuerdo a las intensidades problemáticas. Las frecuencias luego son calculadas para resolver la longitud de la onda en esas distintas frecuencias y ese dato numérico representa el espesor del material absorbente. La absorción a su vez se ve optimizada al realizar el cálculo de  $\frac{1}{4}$  de la longitud de la onda.

Entonces se tiene que según las frecuencias problemáticas los múltiples espesores de material absorbente son:

Frecuencia (Hz)	Longitud de onda (cm)	Espesor final (mm) ( $\frac{1}{4}$ longitud de onda)
392	85.574	211.14
832	39.848	99.62
1135	29.21	73.09

Tabla 10: Espesores finales.

### -Materiales y fabricación.

El material propuesto para la conformación del material absorbente es: *espuma de poliuretano poliéster, hidrófila, de 31 Kg/m3.*

La espuma de poliuretano está adherida a un "hardback" de madera *MDF de 3mm* de espesor, mediante *adhesivo de contacto a base de polímeros Artecola Spray 807*

Para la fabricación de un panel, la superficie virtual, debe ser llevada a un material físico para poder generar un molde para la inyección del poliuretano. *Este molde puede ser de MDF o yeso.*

Al "bloque" de MDF se le realiza el *milling CNC* para generar la superficie y luego por un proceso de termo-formado se crea una superficie de material *Polipropileno de Alto Impacto*. Material recomendado para usos de termo-formado.

-Perno auto-perforante MAMUT punta broca 7/16".  
-Roscalata MAMUT cabeza de barril 3/8".

### -Producto.

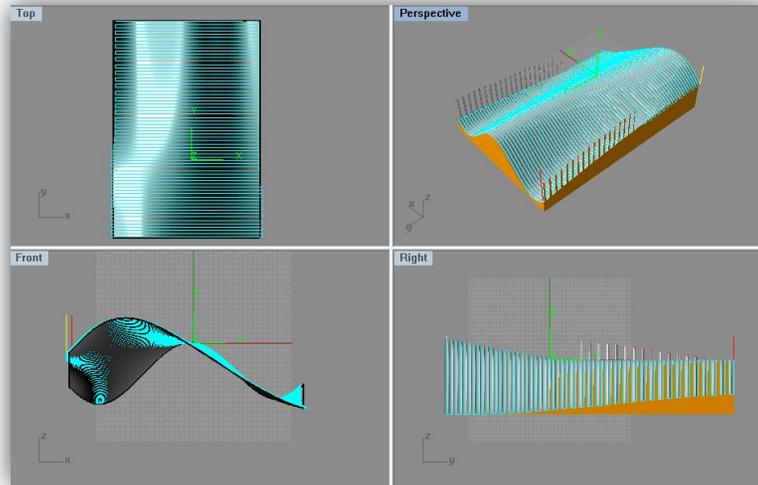


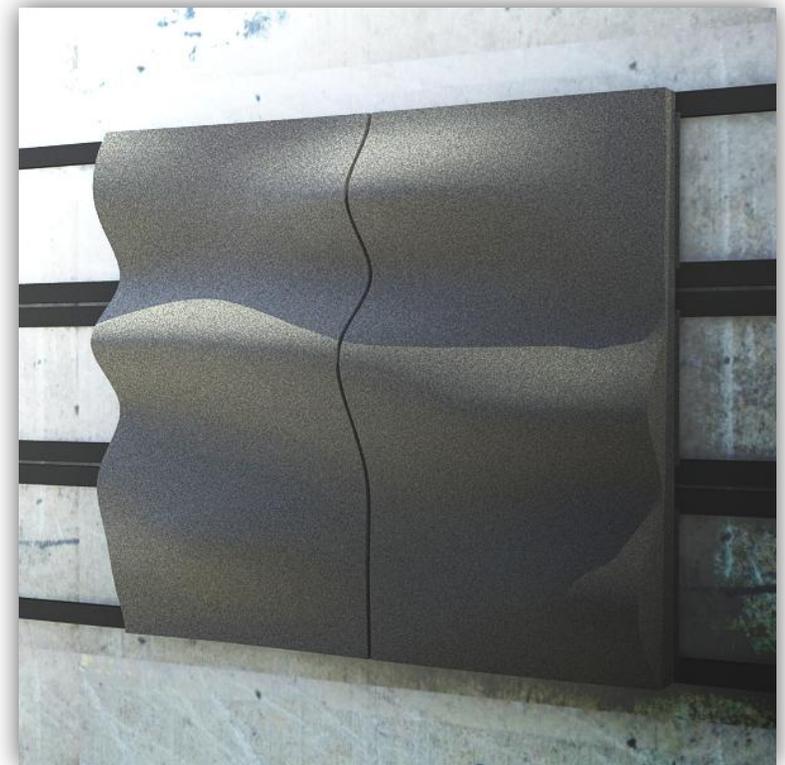
Imagen 49: simulación CAM en RhinoCAM de uno de los componentes. Se pueden apreciar los recorridos que hará la herramienta.

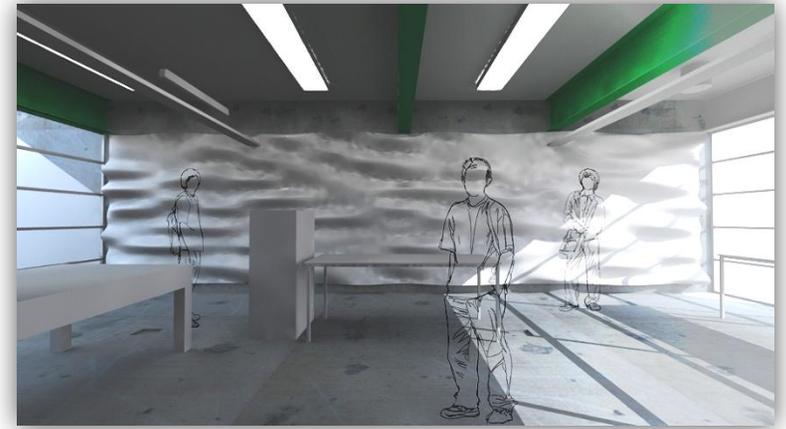
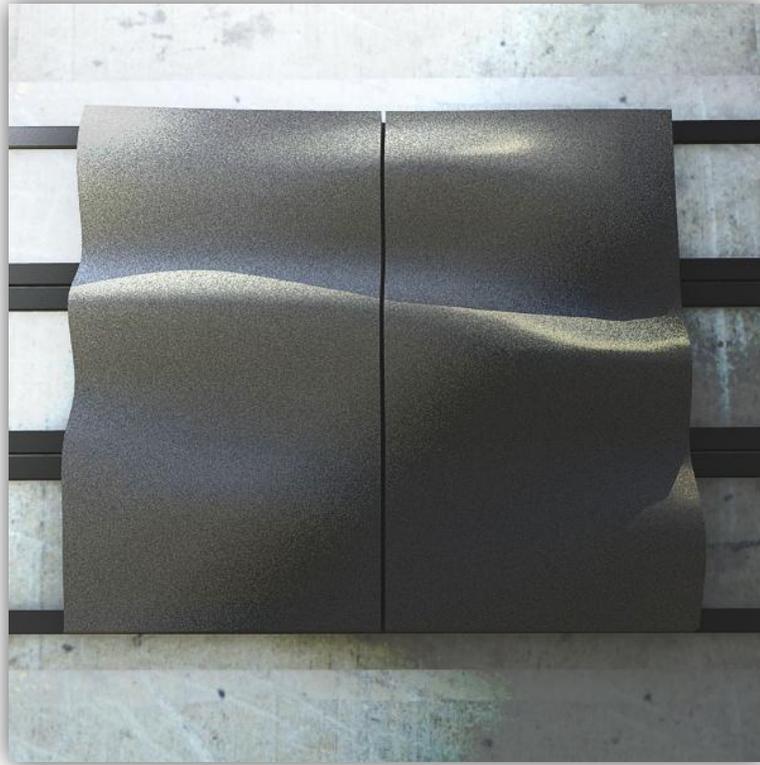
### -Sistema montante.

El sistema montante de los paneles, es también parametrizado de acuerdo a las divisiones que se generaron de la superficie original.

Se propone utilizar para este sistema:

-Perfil rectangular CINTAC acero A37-24ES, sección 60-30, espesor 1,5mm.  
-Perno anclaje HILTI HLC HX 5/16"x2-5/8" con camisa.







**-Costos.**

Los costos se calcularán sobre la base del recubrimiento con paneles de un muro del Faulab. La solución cubrirá un 90% del muro, es decir, se recubrirá un área de 9.98 metros de largo por 2.49 de alto.

El seccionado de la superficie arrojó 66 piezas únicas.

Las bases de MDF son routeadas en CNC, y se realizó un anidado con piezas numeradas en placas de 1,22 x 2,44 metros.

**-Sistema de montaje.**

- Perfil rectangular CINTAC acero A37-24ES, sección 60-30, espesor 1,5mm.

Total metros lineales proyecto	119,76 metros lineales
Cantidad perfiles de 6metros	20 unidades
Costo unidad perfil 6metros	\$9.557

Costo total en proyecto	\$191.140
-------------------------	-----------

- Perno anclaje HILTI HLC HX 5/16"x2-5/8" con camisa (cada 1,5 metros).

Cantidad en proyecto	84 unidades
Costo unidad	\$1.318
Costo en proyecto	\$110.712

- Perno auto-perforante MAMUT punta broca 7/16".

Cantidad proyecto	264 unidades
Costo unidad caja (10 pernos)	\$340
Cantidad unidades para proyecto	27 cajas
Costo en proyecto	\$9.180

- Roscalata MAMUT cabeza de barril 3/8".

Cantidad proyecto	72
Costo unidad caja (10 roscalatas)	\$230
Cantidad unidades para proyecto	8 cajas
Costo en proyecto	\$1.840

<b>TOTAL SISTEMA DE MONTAJE</b>	<b>\$ 312.872</b>
---------------------------------	-------------------

**-Bases MDF.**

Cantidad de piezas	66
Cantidad de placas (según	17 placas

anidado)	
Costo unidad placa	\$ 4.700
Costo proyecto	\$79.900

<b>TOTAL BASES MDF</b>	<b>\$79.900</b>
------------------------	-----------------

**-Molde en MDF.**

Cantid de piezas MDF 12mm	66x4 = 264
Cantidad de placas	17x4 = 68
Costo unidad placa	\$11.390
Costo MDF para moldes en proyecto	\$774.520
Tiempo <i>milling</i> por pieza según RhinoCAM	18minutos app.
Costo comercial hora de <i>milling</i>	\$18.000
Costo <i>milling</i> por panel en proyecto	\$5400 app.
Cantidad de procesos de <i>milling</i>	66
Costo del <i>milling</i> en proyecto	\$356.400 app. bruto

<b>TOTAL MOLDES MDF</b>	<b>\$1.130.920</b>
-------------------------	--------------------

La mayoría de las empresas que prestan servicios de maquinado CNC, se reservan aclarar el precio hora-hombre y hora-maquina de este proceso, los costos descritos anteriormente son solo una aproximación según precios relativos entregados por la empresa “d-inventa”<sup>79</sup> y de los insumos. Cada empresa además, tiene sus propios precios del

<sup>79</sup> Web, [www.d-inventa.cl](http://www.d-inventa.cl)

servicio de maquinado, no se encontró alguna relación entre las consultas que se hicieron a algunas empresas del rubro.

**-P.A.I. termo-formado.**

Área en m <sup>2</sup> a termoformar	33.7 m <sup>2</sup>
Área plancha comercial P.A.I.	2.97 m <sup>2</sup>
Costo unitario plancha P.A.I.	\$4.690
Cantidad de planchas para proyecto	13 app.
Costo planchas para proyecto	\$60.970
Costo unitario de servicio de termoformado	\$12.000
Costo termoformado en proyecto (66 piezas)	\$792.000

<b>TOTAL TERMOFORMADO DE P.A.I.</b>	<b>\$792.000</b>
-------------------------------------	------------------

**-Inyeccion poliuretano.**

Volumen espuma en proyecto	3.29 m <sup>3</sup>
Costo espuma por m <sup>3</sup>	\$2.914
Costo espuma en proyecto	\$9.587
Costo servicio inyección m <sup>3</sup>	\$133.000
Costo inyección en proyecto	\$437.570

<b>TOTAL INYECCION POLIURETANO</b>	<b>\$437.570</b>
------------------------------------	------------------

<b>TOTAL (app.) COSTOS PROYECTO</b>	<b>\$2.681.262</b>
-------------------------------------	--------------------

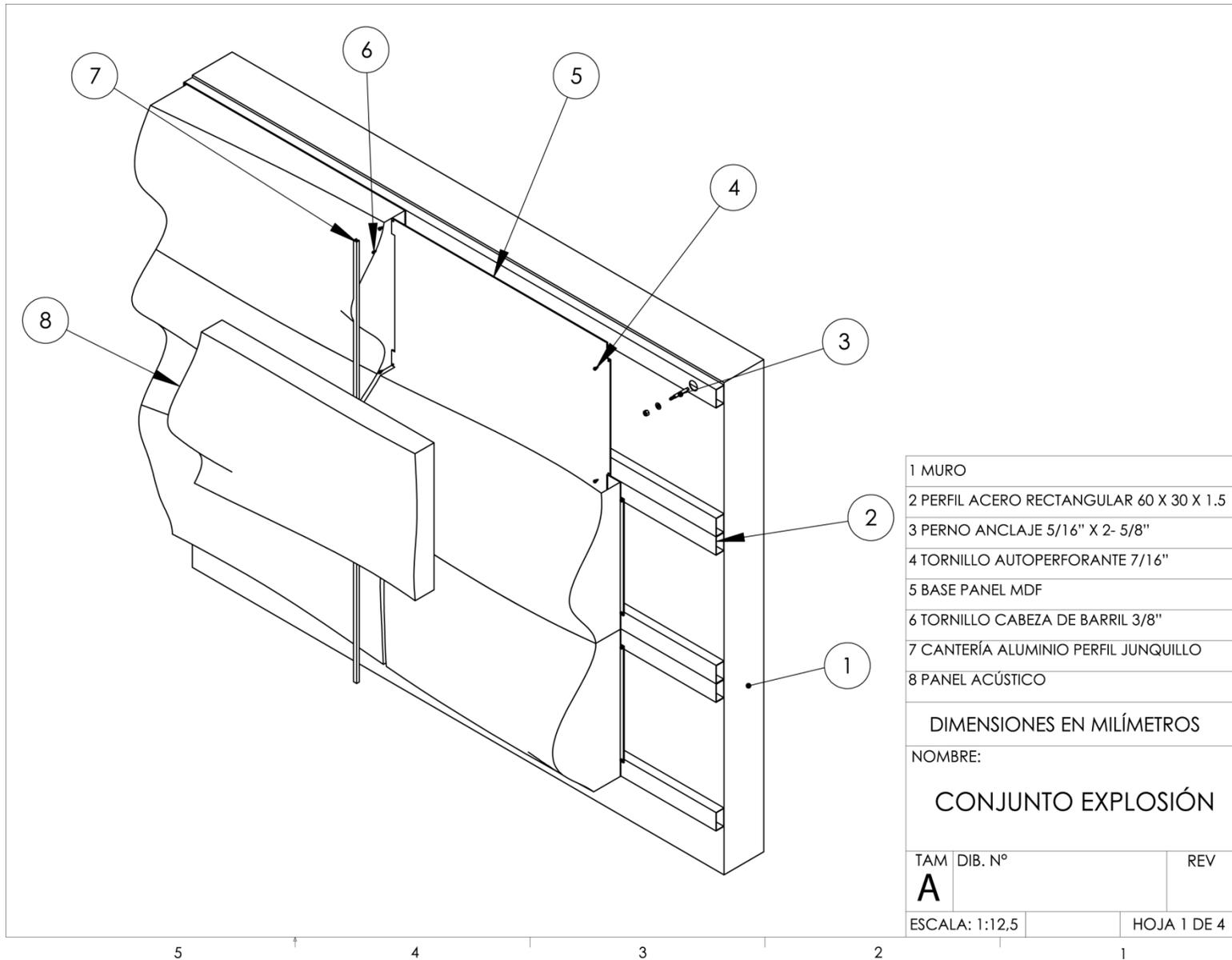
## -Planimetría.

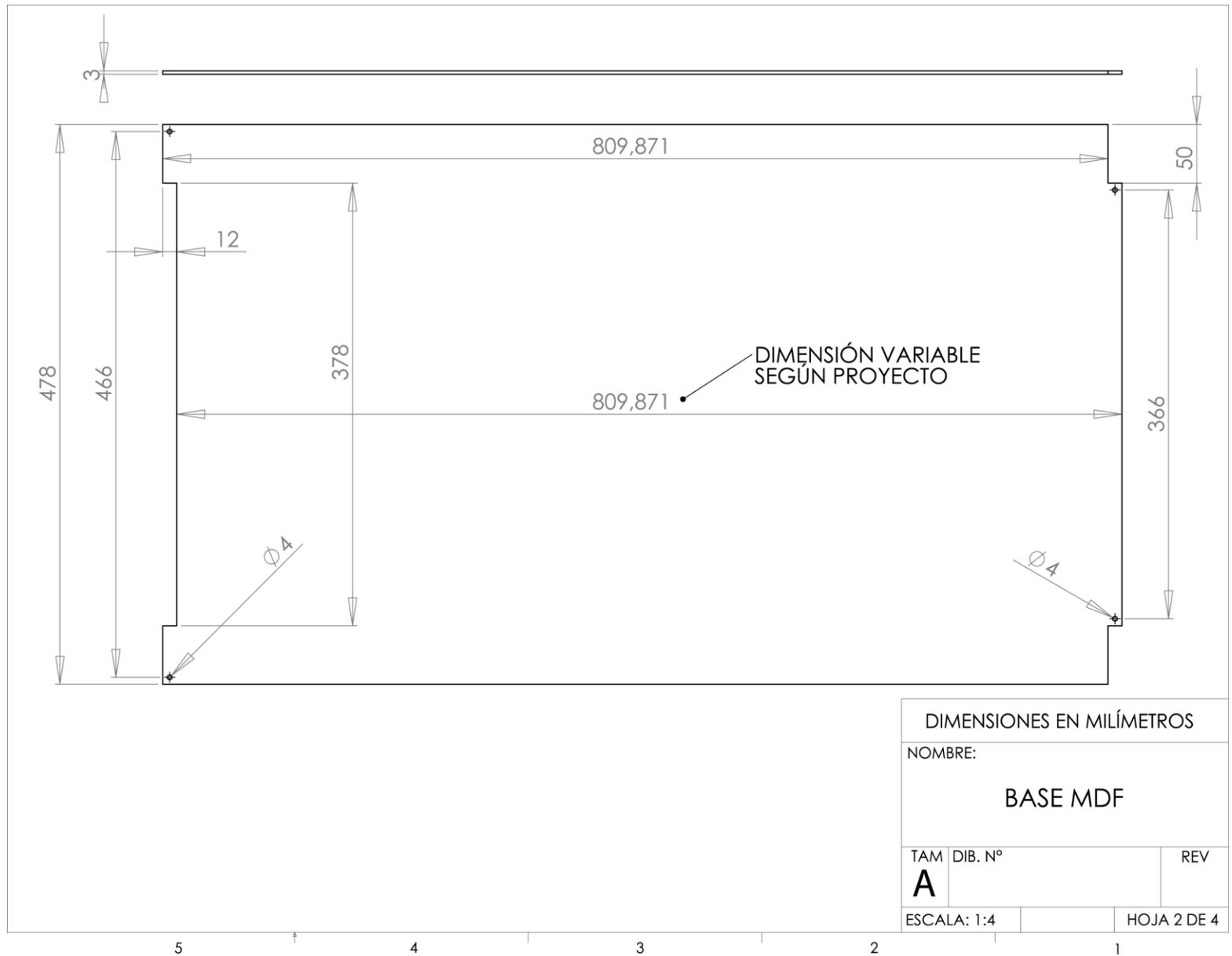
Gracias a los beneficios del modelamiento paramétrico y de las tecnologías involucradas en fabricación digital, que permiten la adaptabilidad de un objeto, la planimetría de este proyecto corresponden a esquemáticas de cómo se acoplan las partes y piezas y como se monta a un muro.

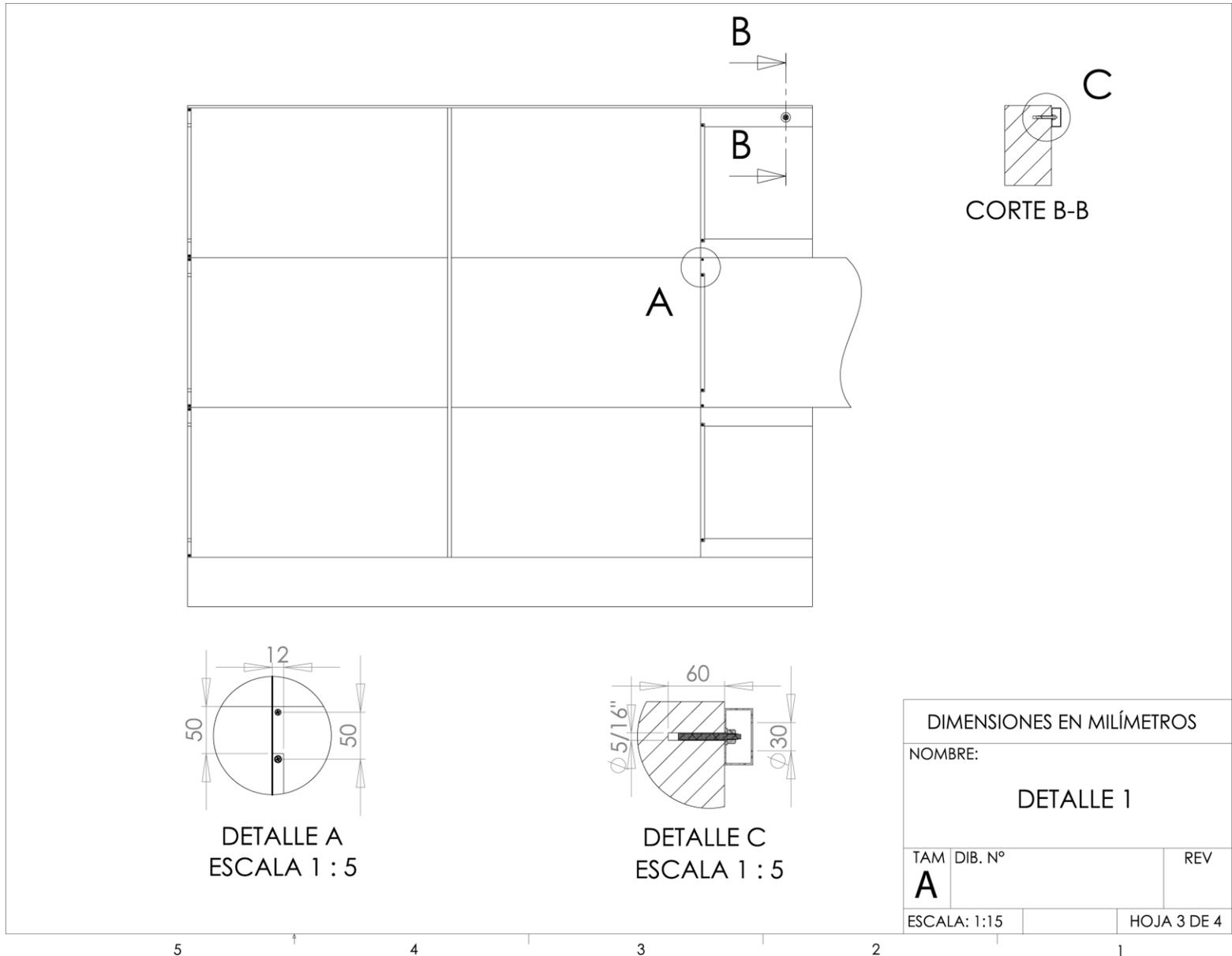
Los archivos digitales que permiten el maquinado de los paneles, se encuentran en formato .txt y en función G-CODE.<sup>80</sup>

---

<sup>80</sup> Conjunto de funciones numéricas para maquinas CNC que controla el movimiento de esta.







5 4 3 2 1



**-Bibliografía.**

-VEGA V., SILVA E., Evaluación del ruido ambiental de la ciudad de Puerto Montt. En: VI CONGRESO IBEROAMERICANO DE ACÚSTICA (2008). Buenos Aires, Argentina. Instituto de Acústica, Facultad de Ciencias de la Ingeniería, Universidad Austral de Chile.

- Normas de control de patologías otorrinolaringológicas. Programa Salud del Estudiante. República de Chile. Ministerio de Educación. Junta Nacional de Auxilio Escolar y Becas. Sociedad Chilena de Otorrinolaringología, 2007.

- BISTRUP M., HYGGE S., KEIDING L., PASSCHIER-VERMEER W. Health effects of noise on children and perception of the risk of noise. (2001). National Institute of Public Health, Dinamarca.

- INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE URUPAN. Apunte de Sociología. Unidad 5 [en línea]. México. <www.tecuruapan.edu.mx > [consulta : Junio 2009]

- COGNICIÓN. [en línea] <<http://www.definicion.org/cognicion>> [consulta : Junio 2009]

- JEAN PIAGET. [en línea] <[http://es.wikipedia.org/wiki/Jean\\_Piaget](http://es.wikipedia.org/wiki/Jean_Piaget)> [consulta : Mayo 2009]

- GALLEGOS M., GOROSTEGUI M. Procesos cognitivos. 2004

- NOCIONES BASICAS DE ACUSTICA. [en línea] <<http://www.ehu.es/acustica/>> [consulta : Mayo 2009]

- LONGITUD DE ONDA. Enciclopedia Libre Universal en Español. [en línea] <[http://enciclopedia.us.es/index.php/Longitud\\_de\\_onda](http://enciclopedia.us.es/index.php/Longitud_de_onda)> [consulta : Mayo 2009]

- AMPLITUD DE ONDA. Arquitectura y Construcción, Definiciones y traducciones. [en línea] <<http://www.parro.com.ar/definicion-de-amplitud+de+onda>> [consulta : Junio 2009]

- ALONSO M. El entorno sonoro. Un ensayo sobre el estudio del sonido medioambiental. [en línea] <[http://www.ccapitalia.net/reso/articulos/entorno\\_sonoro/entorno\\_sonoro.htm](http://www.ccapitalia.net/reso/articulos/entorno_sonoro/entorno_sonoro.htm)> [consulta: Junio 2009]

- SONIDO. Wikipedia. [en línea] <<http://es.wikipedia.org/wiki/Sonido>> [consulta : Abril 2009]

- MUÑOZ PAULA BADILLA, RÍOS ANDREA MATUS, LIEBE GLORIA SOTO, MEDINA KATHERINE SOTO. Características audiológicas de comerciantes establecidos en la vía pública expuestos a ruido urbano de la provincia de Santiago, Chile. Tesis (Fonoaudiólogas). Santiago, Chile. Universidad de Chile, Facultad de Medicina, Escuela de Fonoaudiología, 2006. 72 h.

- LISBETH PLATZER M, RODRIGO IÑIGUEZ C, JIMENA CEVO E, FERNANDA AYALA R. Medición de los niveles de ruido ambiental en la ciudad de Santiago de Chile (2007)

- COLLAOS, E., Costo social del ruido urbano en Santiago de Chile. En: El 31º CONGRESO NACIONAL DE ACÚSTICA - TECNIACÚSTICA® (2000). Madrid, España. Depto. de Física, Universidad de Santiago de Chile.
- REVISTA ECOAMERICA.CL. El ruido y las normas chilenas para su control [en línea]. < <http://www.ecoamerica.cl/sitio/index.php?area=199> > [consulta: Mayo 2009]
- BERGLUND B., LINDVALL T., SCHWELA D. Guidelines for community noise (1995). Organización Mundial de la Salud, Ginebra.
- D.S. Nº129 de 2003, NORMA DE EMISION DE RUIDOS PARA BUSES DE LOCOMOCION COLECTIVA URBANA Y RURAL. Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones Subsecretaria de Transportes, Santiago, Chile, julio de 2003. 12p.
- DECIBELIO [en línea] < <http://es.wikipedia.org/wiki/decibelio> > [consulta: Mayo 2009]
- VILANA Arto, José Ramón. Beneficios de la personalización en masa. Revista Tecnol@ y desarrollo. 2006 [en línea]. < [http://www.uax.es/publicaciones/archivos/TECTIN06\\_001.pdf](http://www.uax.es/publicaciones/archivos/TECTIN06_001.pdf) > [consulta: Mayo 2009]
- SARASUA, MAITE., VARGAS, MARCELO. Mass customization, un nuevo reto para las industrias. < <http://www.ceroaverias.com> >. Barcelona [consulta: Mayo 2009]
- DELGADO OLMOS, ANGEL H.; MÁRQUEZ GARCÍA, MARIA LUISA; RODRÍGUEZ RUIZ, FRANCISCO DE ASÍS., El modelado analítico-paramétrico frente a la creación grafica directa. Ventajas e inconvenientes. En: XVI CONGRESO INTERNACIONAL DE INGENIERÍA GRÁFICA.
- SOLANO, LUÍS., VIGO, MARC, PUIG, ANNA. Funciones en el modelado de sólidos y paradigmas de diseño (2001). Secció d'Informàtica Gràfica, Departament de Llenguatges i Sistemes Informàtics, Universitat Politècnica de Catalunya.
- FISCHER, THOMAS., HERR, CHRISTIANE. Teaching Generative Design (2002). Universidad Politécnica de Hong Kong, Universidad de Hong Kong.
- GIPS, JAMES. Computer Implementation of Shape Grammars (1999). Computer Science Department, Boston College.
- MIYARA, FEDERICO. Acústica Arquitectónica. En su: Acústica y Sistemas de Sonido. pp 44 – 57.
- MINISTERIO DE EDUCACION; Departamento de Estudios y Desarrollo. “Indicadores de la educación en Chile 2007”

**-Anexos.**

**MICRÓFONO DE CONDENSADOR PARA ESTUDIO C-1**

**8. DATOS TÉCNICOS**

Tipo transductor: condensador, 16 mm  
 Patrón polar: cardioide  
 Conexión: conector XLR balanceado chapado en oro

Sensibilidad de circuito abierto:  $-33 \pm 2$  dBV (0 dBV = 1 V/Pa)  
 Respuesta de frecuencia: 40 Hz - 20 kHz  
 Max. SPL (1% THD @ 1 kHz): 136 dB  
 Impedancia nominal: 100  $\Omega$   
 Impedancia de carga:  $>1$  k $\Omega$   
 Voltaje: +36 - 52 V  
 Toma de corriente: 2.5 mA  
 Dimensiones:  $\varnothing$  mango: 54 mm, longitud: 169 mm  
 Peso: aprox. 0.45 kg

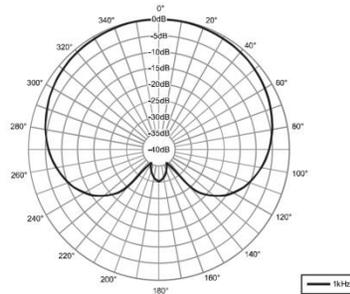
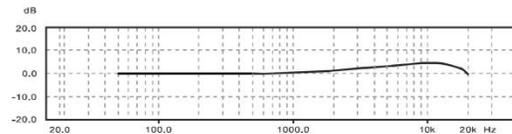


Diagrama polar



Respuesta de frecuencia

**8. DATOS TÉCNICOS**

**B-CONTROL ► AUDIO BCA2000**

**SPECIFICATIONS**

<b>AUDIO INPUTS</b>		<b>DIGITAL INPUTS</b>	
<b>Microphone inputs (IMP "Invisible" Mic Preamp)</b>		Type	Cinch coaxial
Type	XLR balanced	Standard	AES/EBU, S/PDIF
Gain range	+10 to +60 dB	Input impedance	75 $\Omega$
Frequency response	10 Hz - 200 kHz (-3 dB)	Nom. input signal level	0.2 - 5 V peak-to-peak
Impedance	approx. 2.2 k $\Omega$ (balanced)	Type	TOSLINK optical
Max. input level	+10 dBu (@ +10 dB Gain)	Standard	AES/EBU, S/PDIF, ADAT*, S/MUX
Signal-to-noise ratio	108 dB (112 dB A-weighted)	<b>DIGITAL OUTPUTS</b>	
Distortion (THD+N)	0.005 % (0.004 % A-weighted)	Type	Cinch coaxial
		Standard	AES/EBU, S/PDIF, AC-3/DTS*
		Impedance	75 $\Omega$
		Output signal level	2.5 V peak-to-peak
		Type	TOSLINK optical
		Standard	AES/EBU or S/PDIF, AC-3/DTS*, ADAT*, S/MUX
<b>Line inputs (2)</b>		<b>DIGITAL PROCESSING</b>	
Type	1/4" TRS connector, balanced	Converter	24 Bit/96 kHz
Gain range	-10 to +40 dBu	Sample rate	44.1 kHz, 48 kHz, 96 kHz
Impedance	approx. 20 k $\Omega$ (balanced)	A/D	100 dB typ.
Max. input level	+26 dBu (@ 0 dB Gain)	Signal-to-noise ratio	D/A: 102 dB
<b>Guitar input (1)</b>		<b>USB INTERFACE</b>	
Type	1/4" TS connector	Type	High-Speed 480 MBit/s
Gain range	-10 to +40 dBu		Full-Speed 12 MBit/s
Impedance	approx. 1 M $\Omega$	<b>MIDI INTERFACE</b>	
Max. input level	+20 dBu (@ 0 dB Gain)	Type	5-pin DIN connectors: IN, OUT A, OUT B/THRU
<b>AUDIO OUTPUTS</b>		<b>POWER SUPPLY</b>	
<b>Control Room L/R</b>		Voltage	100 - 240 V~, 50/60 Hz
Type	1/4" TRS stereo	Power consumption	max. 15 W
Impedance	approx. 120 $\Omega$	Fuse	T 1 A H 250 V
Signal-to-noise ratio	115 dB	Mains connection	Standard IEC receptacle
Crosstalk	-80 dB @ 1 kHz	<b>DIMENSIONS/WEIGHT</b>	
Max. output level	+20 dBu	Dimensions (W x H x D)	13" x 4" x 11 4/5" (330 mm x 100 mm x 300 mm)
<b>Main Out</b>		Weight	approx. 5 lbs (2.25 kg)
Type	(Main 1/2, Cinch 3-6)		
Impedance	approx. 120 $\Omega$		
signal-to-noise ratio	100 dB		
Crosstalk	< -80 dBu @ 1 kHz		
Max. output level	+20 dBu		
<b>Headphones outputs (2)</b>			
Type	1/4" TRS connector with separate volume controls		
Max. output level	+20 dBu		
<b>INSERTS (2)</b>			
Type	1/4" TRS connector, unbalanced		
<b>DYNAMIC SECTION</b>			
Noise Gate Threshold	$-\infty$ to 0 dB		
Limiter Threshold	-15 to 0 dB		

BEHRINGER is constantly striving to maintain the highest professional standards. As a result of these efforts, modifications may be made from time to time to existing products without prior notice. Specifications and appearance may differ from those listed or illustrated.

Technical specifications and appearance subject to change without notice. The information contained herein is correct at the time of printing. The names of companies, institutions or publications pictured or mentioned and their respective logos are registered trademarks of their respective owners. Their use neither constitutes a claim of the trademarks by BEHRINGER nor affiliation of the trademark owners with BEHRINGER. BEHRINGER accepts no liability for any loss which may be suffered by any person who relies either wholly or in part upon any description, photograph or statement contained herein. Colours and specification may vary slightly from product. Products are sold through our authorised dealers only. Distributors and dealers are not agents of BEHRINGER and have absolutely no authority to bind BEHRINGER by any express or implied undertaking or representation. No part of this manual may be reproduced or transmitted in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and recording of any kind, for any purpose, without the express written permission of BEHRINGER International GmbH. BEHRINGER® is a registered trademark.

ALL RIGHTS RESERVED. © 2006 BEHRINGER International GmbH.  
 Hanns-Martin-Schleyer-Str. 36-38, 47877 Willich-Muenchheide II, Germany.  
 Tel. +49 2154 9206 0, Fax +49 2154 9206 4903

**Nuevos sistemas de trayectoria por CNC de las series LC de bajo costo**

Haga clic en los enlaces para [DATOS TEC. DE LA MÁQUINA, SOFTWARE](#), [EJEMPLOS DE APLICACIONES](#), o [EQUIPO OPCIONAL](#).

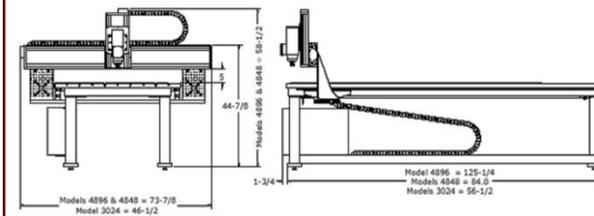
Techno está orgulloso de presentar el NUEVO centro de producción de trayectoria por CNC de bajo costo. La máquina incluye:

- Base de acero de alta resistencia sin estrés.
- Mesa de aluminio con ranura en T que puede convertirse fácilmente en una mesa aspiradora instalando el kit de mesa aspiradora de Techno. Este diseño único proporciona lo mejor de ambos mundos: ranuras en T para una sujeción mecánica y una aspiración simultánea.
- Tomillo-tuerca de bola en los tres ejes. Este tipo de transmisión proporciona: movimiento suave, alto grado de precisión/repetición, mantenimiento mínimo y gran durabilidad. Lo cual se traduce en un acabado del borde de la más alta calidad.
- Sistema de control servo de anillo cerrado. ¿Qué significa esto? Retroalimentación de posición constante, movimiento suave continuo, mayor potencia
- Interfaz Gcode CNC de Techno basada en Windows con actualizaciones de software gratuitas de por vida a través de la Internet.
- Disponible en tres tamaños.



Modelo de máquina	3024	4848	4896
Sistema coordenado de trabajo (Xx Y)	76,2 x 61	127 x 122	127 x 244
Tamaño de la cama de la máquina (W x L)	76,2 x 127	127 x 188	127 x 310
Repetición	.001"	.001"	.001"
Velocidad máxima	635 cm./min.	635 cm./min.	635 cm./min.
Desahogo del puente	5.0"	5.0"	5.0"
Recorrido del eje Z	5.0"	5.0"	5.0"

1/



**-Índice de tablas e imágenes.**

Tabla 1: Sentidos y energía asociada 7

Tabla 2: Otros sentidos 7

Tabla 3: Sentidos y retención de conocimiento 8

Tabla 4: retención de conocimientos 8

Tabla 5: cualidades del sonido y sus características 9

Tabla 6: valores dB con tiempos críticos de exposición 16

Tabla 7: niveles dB máximos permisibles por zona 17

Tabla 8: niveles de dB en comparación a un sonido 17

Tabla 9: comparativa de paradigmas de fabricación 21

Tabla 10: Espesores finales. 60

Imagen 1. Fractal Mandelbrot 4

Imagen 2: Algoritmo circle packing. MEDIALab, California College of the Arts 5

Imagen 3: Tomografía Axial Computarizada del aparato auditivo humano. 7

Imagen 4: dibujo esquemático, domo geodésico. Buckminster Fuller 8

Imagen 5: Efecto percibido por el oído en correlación con la forma de la onda. 11

Imagen 6: medición dB(A) principales calles de Santiago. 12

Imagen 7: Geo-referenciación de "colegios" 14

Imagen 8: Geo-referenciación de "liceos" 14

Imagen 9: Geo referenciación de "universidades" 15

Imagen 10: Geo-referenciación de "educación" 15

Imagen 11. Montaje de mapas con mapeo de Avenidas. 15

Imagen 12: gráfico umbrales de audición 16

Imagen 13: desplazamiento de coeficiente de absorción. 18

Imagen 14: estructura de materiales porosos. Libro, "Acoustic absorbers and diffusers: Theory, design and application. Trevor Cox y Peter D'Antonio 20

<i>Imagen 15: esquemática de procesos involucrados en mass customization</i>	23	<i>Imagen 40: Superficie con distintas divisiones: en la izquierda 4x4 y en la derecha 20x20</i>	52
<i>Imagen 16: interfaz del software paramétrico SOLIDWORKS, la estructura de árbol es la representación de las relaciones entre los objetos dentro del software. Es una relación jerárquica.</i>	24	<i>Imagen 41: Aumento de 10 frecuencias por banda en cada superficie.</i>	53
<i>Imagen 17: esquema de un algoritmo simple</i>	25	<i>Imagen 42: Intervalos de Jitter =1 a Jitter = 0</i>	54
<i>Imagen 18: Microscopía de células humanas.</i>	26	<i>Imagen 43: líneas de contorno de curvatura, para demostrar diferencias con distintos valores de Jitter.</i>	54
<i>Imagen 19: The Millenium Simulation, simulación digital de la estructura del Universo.</i>	26	<i>Imagen 44: Superficie con un mismo valor de Jitter y distintas subdivisiones.</i>	55
<i>Imagen 20: Similitud entre un fractal Julia y la estructura del ADN.</i>	27	<i>Imagen 45: los cm_mínimos, es un factor de tolerancia. Cualquier medida en la superficie que sea mayor a este parámetro podrá existir, de lo contrario se toma la dada por este factor.</i>	55
<i>Imagen 21: Arriba: estructura generativa realizada en computador e impresa en 3D. Abajo, tomografía 3D de la estructura interna de un hueso humano.</i>	28	<i>Imagen 46: Patrón emergido durante el ejercicio.</i>	57
<i>Imagen 22: Interfaz de Generative Components</i>	28	<i>Imagen 47: 5 instancias de acercamiento, usando Java Mandelbrot Explorer Applet</i>	59
<i>Imagen 23: Eesquemática de una curva NURBS</i>	30	<i>Imagen 48: Componente Graph mapper.</i>	59
<i>Imagen 24: Algoritmo de crecimiento. Sitio web ctrl-i.com</i>	30	<i>Imagen 49: simulación CAM en RhinoCAM de uno de los componentes. Se pueden apreciar los recorridos que hará la herramienta.</i>	61
<i>Imagen 25: Interfaz de Grasshopper, de tipo Visual Scripting.</i>	31		
<i>Imagen 26: El componente es el cálculo de sin(x)</i>	31		
<i>Imagen 27: Sector del FAUlab, frente al "ágora".</i>	37		
<i>Imagen 28: Esquemática de cotas, unidades en metros.</i>	38		
<i>Imagen 29: Esquema general del proceso.</i>	40		
<i>Imagen 30: Alumnos utilizando las herramientas de grabación</i>	41		
<i>Imagen 31: Esquema división por cuadrantes.</i>	41		
<i>Imagen 32: Calculo de espectro en Audacity.</i>	43		
<i>Imagen 33: Gráfico de Praat</i>	43		
<i>Imagen 34: Archivo de texto.</i>	44		
<i>Imagen 35: esquemáticas que representan la intensidad como volumen</i>	46		
<i>Imagen 36: P_Wall, web matsysdesign.com</i>	47		
<i>Imagen 37: Instalación Frozen: sound as shape, web generatorx.no</i>	48		
<i>Imagen 38: capsulas VB.net con input de los archivos de texto</i>	49		
<i>Imagen 39: bosquejo simple de pasos a seguir.</i>	49		