



PROYECTO DE TÍTULO  
**“Dispositivo potenciador de  
las capacidades humanas en  
el uso de nuevas tecnologías  
para la exploración y captura  
de geometría tridimensional  
digital.”**

Memoria de Título  
Mención Productos

Escuela de Diseño  
Facultad de Arquitectura  
Universidad de Valparaíso  
Chile, Marzo 2007

ALUMNO  
**Bruno Andrés Brito Vilches**

PROFESOR GUÍA  
**Dr. Pablo Prieto**

***Para mis padres y hermanos por todo el apoyo incondicional que me han entregado y porque son mi estímulo a seguir creciendo.***

## Agradecimientos

Primero que todo, se agradece al profesor supervisor de este estudio, Dr. Pablo Prieto por su constante disposición durante el proceso de elaboración de esta tesis de título, por su aporte académico y creativo en esta investigación y en especial por su gran acogida y preocupación por esta persona.

Se agradece también al señor Miguel Palape Reyes por su colaboración en la introducción al mundo de la ingeniería, invitando a formando un equipo de trabajo interdisciplinario que complemento el análisis estructural a través de Elementos Finitos y la captura de geometría tridimensional digital. Esta metodología fue útil para evaluar las diferencias que existen en el modelado 3D al usar las tecnologías de captura con objetos tangibles y el modelar a través de sistemas CAD tradicionales.

## Índice General

	Pag.
Dedicatoria.....	3
Agradecimientos.....	4
Indice General.....	5
Indice de figuras.....	8
Resumen.....	9
I.- INRTRODUCCION .....	10
I.1.- Mi postura frente al Diseño.....	11
I.2.- Génesis de la investigación.....	11
I.3.- La realidad, Chile - Industria - Diseño.....	12
I.3.1.- Chile.....	12
I.3.2.- Industria.....	12
I.3.3.- Diseño, como acto de diseñar.....	12
I.4.- Comentario Final.....	13
II.- ANTECEDENTES GENERALES.....	14
II.1.- Desarrollo evolutivo del Diseño Industrial.....	15
II.2.- La evolución tecnológica.....	16
II.3.- Tecnologías para el Diseño hoy.....	16
II.3.1.- Diseño Asistido por Computador.....	17
II.3.2.- Ingeniería Asistida por Computador.....	17
II.3.3.- Prototipado Rápido.....	18
II.3.4.- Fabricación Asistida por Computador.....	19
II.3.4.1.- Control Numérico por Computador.....	19
II.4.- Conclusiones.....	20
III.- ANTECEDENTES ESPECIFICOS.....	21
III.1.- Ciclo del Diseño Industrial.....	22
III.2.- Descripción de las etapas de proceso de diseño.....	23
III.2.1.- Idea del Producto .....	23
III.2.2.- Concepto del producto .....	23
III.2.3.- Desarrollo formal.....	23
III.2.4.- Ingeniería del producto.....	24
III.2.5.- Producción.....	24
III.2.6.- Comercialización.....	24

## Índice General

	Pag.
III.3.- Innovación aplicada al Diseño Industrial.....	25
III.3.1.- Diseño - Ingeniería Concurrente.....	25
III.3.2.- Diseño - Ingeniería Reversa.....	26
III.4.- Aplicación de los sistema CAD, el modelo 3D .....	26
III.4.1.- Características generales de un sistema CAD.....	27
III.4.2.- Tipos de Geometría.....	28
III.4.2.1.- Geometrías NURBS.....	28
III.4.2.2.- Geometrías Poligonales.....	28
III.4.3.- Tipologías de modelado en 3D.....	29
III.4.3.1.- Modelado de sólidos.....	30
III.4.4.- Ventajas de los sistemas CAD.....	30
III.4.5.- Principales inconveniente de los sistemas CAD.....	31
III.5.- Exploradores 3D.....	31
III.5.1.- Exploradores Láser sin contacto.....	32
III.5.2.- Exploradores por contacto.....	33
III.6.- Conclusiones.....	34
IV.- FUNDAMENTO.....	35
IV.1.- Introduccion.....	36
IV.2.- Diseño de productos.....	36
IV.3.- Desarrollo formal, el espacio tridimensional en el diseño de productos..	37
IV.4.- El diseñador como especialista en la creación y determinación de la forma .....	38
IV.5.- El acto de diseñar.....	39
IV.6.- El modelado geométrico por computador.....	40
VI.6.1.- Diseño innovador .....	40
VI.6.2.- Diseño adaptativo .....	40
VI.6.3.- Diseño variacional .....	40
IV.7.- Puente entre modelo tangible y virtual.....	42
IV.8.- Conclusiones.....	43

## Índice General

	Pag.
V.- EXPERIMENTACIÓN.....	44
V.1.- Introducción.....	45
V.2.- Bases de la experimentación.....	46
V.3.- La metodología de dibujo inicial realizada por el ingeniero.....	46
V.3.1.- Proceso de obtención del modelo A.....	47
V.4.- Nueva metodología de diseño para la construcción de un modelo exacto al real.....	48
V.4.1.-Proceso de generación del modelo B.....	49
V.4.1.1.- Trazado del objeto.....	49
V.4.1.2.- Calibración del equipo.....	51
V.4.1.3.- Fijación de la pieza.....	52
V.4.1.4.- Captura.....	53
V.4.1.5.- Edición de la información.....	54
V.4.1.6.- Análisis y calibración de los modelos.....	55
V.5.- Conclusiones.....	57
VI.- DEFINICIÓN DEL PROYECTO.....	58
VI.1.- Problemática.....	59
VI.2.- Propuesta.....	60
VI.3.- Objetivo General.....	61
VI.4.- Objetivos Específicos.....	61
VI.- REFERENCIAS.....	62

## Índice de Figuras

	Pag.
Figura III-1: Fases del Diseño Industrial.....	22
Figura III-2: Clasificación de las funciones de un sistema CAD.....	29
Figura III-3: Diagrama funcionamiento de un scanner láser sin contacto.....	32
Figura III-4: Resultados obtenidos a través de Scanner Láser Roland LXP - 250.....	32
Figura III-5: Posibilidades de movimiento y giro que posee el brazo articulado...	33
Figura III-6: Resultados obtenidos por brazo capturador MicroScribeG2.....	33
Figura IV-1: Esquema en que se aprecia la relación entre la originalidad del diseño y el uso del CAD.....	41
Figura V-1a: Funcionamiento del LDVT.....	47
Figura V-1b: Perfil de la plancha.....	47
Figura V-2: Revolución del perfil.....	47
Figura V-3: Estructura poligonal.....	48
Figura V-4: Plataforma de trabajo.....	48
Figura V-5a: Trazado de Horizontales.....	49
Figura V-5b: Trazado de Verticales.....	49
Figura V-6a: proyección de una red de líneas.....	50
Figura V-6b: proyección de planos de color.....	50
Figura V-6c: proyección de cuadrícula, colores intercalados.....	50
Figura V-7: introducción básicas al software /a: origen 0, 0,0 /b: eje X /c: eje Y..	51
Figura V-8: Solución para fijar la pieza / a: Incorporación de vínculos de soportes por soldadura / b: Levantamiento de la pieza en soporte de MDF, donde encajaron los vínculos / c: La solución permitió capturar toda la geometría sin mover la pieza.....	52
Figura V-9 a,b: Proceso de captura 3D / a: Trazado tangible / b: Trazado virtual	53
Figura V-9c: Traspaso de geometría real a virtual.....	53
Figura V-10 a.b.c: Generación de modelo Sólido / a:Captura de Polilíneas en superficies, frontal y posterior / b:Edición de superficies en Rhino / c: Perforación y obtención de modelo sólido.....	54
Figura V-11:Tabla Calibración de volumen promedio para cada plancha.....	55
Figura V-12: Grafico resultados de los ensayos de elementos finitos.....	56

## Resumen

El proyecto nace a partir de todo proceso temprano de diseño donde las teorías, técnicas, información, tecnología y nuevos medios en conjunto se ponen al servicio de lograr éxito en la proyección espacial de nuestras ideas.

En este contexto, la tesis se enmarcara al estudio del método de captura de geometrías tridimensionales, a través del Hardware MicroscribeG2, (Brazo mecánico capturador de cotas). Esta herramienta tecnológica permite digitalizar formas tangibles a través de la colaboración de un software CAD – Computer Aided Design – , en este caso se utiliza Rhinocero 3.0, el cual permite almacenar y posteriormente editar la información capturada. También se tiene complementariedad con sistemas de análisis estructural CAE, fabricación de prototipos rápidos RP, manufactura industrial CAM. Todos plataformas tecnológicas dirigidas al proceso de desarrollo formal de nuevos productos en sistemas de ingeniería concurrente - simultanea y reversa.

A través de un proceso de experimentación: ensayos de laboratorio, modelado en sistema CAD tradicional,

utilización de nuevos métodos en captura de geometría tridimensional y el análisis por elementos finitos de los modelos virtuales, se logró obtener una muestra de cómo influye la geometría y los sistema de modelación 3D en los resultados obtenidos por CAE – Computer Aided Engineering-. Que en este caso se utiliza el software ANSYS Multiphysics 10.0.

A Partir de observaciones y evaluaciones posteriores a la experimentación realizada con el sistema de captura de geometrías tangibles, se pudo detectar carencias y fallas recurrentes en el proceso de trabajo. Estas nos llevaron a perder exactitud en nuestros modelos. Por consiguiente, los actuales sistemas no son autosuficientes y tan óptimos como se presentan en su descripción comercial.

Finalmente se utilizaran los datos y las observaciones obtenidas en la experimentación para desarrollar una herramienta con una matriz que explore la humanidad del diseño, ampliando las capacidades y destrezas del usuario en el desarrollo formal de nuevos productos, los que modelarán un avance en innovación y tecnología para nuestro país.

# INTRODUCCION

## ¿Porqué hablar de Innovación, Tecnología y Diseño?,

### I.1.- Mi postura frente al Diseño

Diseño es motor, metodología, ámbito extenso, interdisciplina, fundamento, concepción de ideas, desarrollo de proyectos, arte y ciencia, estrategia, disciplina profesional cuya misión es absorber problemáticas desde distintas perspectivas, para establecer innovadoras soluciones que humanicen la tecnología.

Dar este paso permitirá a las sociedades futuras integrar al Diseño como el lenguaje de aspiraciones, de calidad de vida, de conocimientos multidisciplinarios, que acoge conductas y costumbres donde se hace posible un acercamiento entre Diseño y tecnología.

Diseñar crea directrices, alternativas, técnicas, métodos, evolución. Así, nuestros contextos y mecanismos mejorarán su interacción, entendimiento y comunicación en nuestra sociedad cada vez más libre y activa. Hablamos de mejorar nuestra actual propuesta de valor.

### I.2.- Génesis de la investigación

“Como todo esfuerzo consciente para establecer un orden significativo”, Diccionario Larousse, Santillana, 1998, p. 170, definición de diseño, que en este caso, afirma que el hombre siempre ha diseñado a lo largo de la historia. El ser humano es un transformador del ambiente debido a las necesidades que lo impulsaron a desarrollar las primeras manifestaciones culturales, con las cuales transformó su relación con la naturaleza.

La base de esta disciplina proyectual, está en la búsqueda constante del desarrollo del Hombre, lo innato del ser. Esa capacidad de mejorar, cada día más las condiciones en las que se envuelve.

La importancia de la idea: nuestra extensión humana para comunicar lo imaginario, en virtual o real.

## **I.3.- La realidad, Chile - Industria - Diseño**

### **I.3.1.- Chile**

Chile a pesar encabeza los rankings de competitividad en crecimiento de América Latina, la distancia que nos separa del mundo desarrollado, se produce en investigación y desarrollo tecnológico, factor que lesiona nuestra capacidad de competir y, en consecuencia, nuestro crecer económico. E aquí, la posibilidad de innovar en nuevas visiones viables hacia nuestro desarrollo como país.

Por ello manifiesto mi intención de aplicar Diseño con tecnología para crear nuevas propuestas de valor en nuestros productos y servicios... nuevos mercados; nuevos procesos; nuevos modelos de negocio, etc.

### **I.3.2.- Industria**

La baja consideración del ámbito ingeneril hacia el diseñador que ven sólo su parte de artista, dificulta enormemente la colaboración entre ambos. Esta visión parcial del trabajo del diseñador, hace que no se le tenga en cuenta a lo largo de todo el proceso de desarrollo del producto, involucrándole sólo en los aspectos más superficiales del mismo.

Por lo anterior veo la necesidad de desarrollar nuevas capacidades, destrezas y estrategias con un mayor control en el proceso tecnológico y creativo, de manera que marquen un nuevo perfil profesional.

### **I.3.3.- Diseño, como acto de diseñar**

El acto de diseñar da autonomía y precisión. Aparte para ello se necesita de numerosas fases de investigación, análisis, modelado, ajustes y adaptaciones previas a la producción definitiva del producto, Así el Diseño se profesionaliza al relucir la optimización en los tiempos, el proceso y desarrollo del producto, los avances, la proyección que genera en la industria. Considerando que en términos globales Diseño evoluciona en conjunto con técnica y tecnología, con capacidades humanas y sociales, con nuevas herramientas y superación.

### I.4.- Comentario Final

En la primera parte del desarrollo de esta tesis, se observara como se crea la oportunidad de desarrollar productos que incorporen innovación, tecnología y diseño para “registrar nuestra libertad” y cómo este concepto puede modelar un avance tecnológico en el país y en nuestra capacidad de competir dentro de una sociedad globalizada.

Luego el desafío se debatirá entre el uso de las actuales tecnologías para el acto de diseñar, ser un puente entre “libertad y exactitud” y como se desarrolla un método amigable dentro de la disciplina Diseño.

Finalmente se pondrán a prueba estas nuevas tecnologías con el fin de evaluar su funcionamiento y dar futuras respuestas a las necesidades que surjan en la experimentación.

# ANTECEDENTES GENERALES

## II.1.- Desarrollo evolutivo del Diseño

Los objetos o productos que antes surgían directamente de la experiencia del artesano y de los materiales a su alcance, hoy se realizan mediante la utilización de nuevas tecnologías y con la participación de un equipo multidisciplinario de profesionales.

Estos cambios se originaron cuando el artesano perdió control sobre el producto y el proceso de diseño. Este cambio ayudo a que el Diseño se convirtiera en un acto consciente, reconocido por su autonomía e individualidad. Siendo un fenómeno claramente relacionado con la expansión del consumo y la producción.

Hoy nos encontramos con una sociedad sometida a una aceleración constante en la innovación tecnológica, la que ha conducido a los diseñadores al centro de una nueva revolución sin precedentes, llevándonos a trabajar el dibujo, el modelado y sus transformaciones íntegramente en el computador. La digitalización del acto de diseñar, genera formas que resultan más exactas e innovaciones más próximas a la realidad.

Para el proceso de diseño en general, esto ha significado mayor eficiencia gracias a un procedimiento de trabajo optimizado que concede simultáneamente mayor espacio y libertad a la creatividad. El diseño sigue siendo tan intuitivo como lo era antes el trabajo manual, pero se ha vuelto mucho más flexible.

La relación de estos cambios refleja que la realidad del diseño cambia constantemente junto con la realidad que lo produce.

## II.2.- La evolución tecnológica

La integración de sistemas y de hallazgos tecnológicos durante la historia del Hombre, es lo que preconiza el futuro. Esta composición se hace perceptible en nuestro lenguaje, que comienza a apuntar hacia esas dimensiones multifactoriales: la integración de la informática con las telecomunicaciones; la robótica, con la extensión de la informática a los ámbitos de autómatas y máquinas de precisión, el concepto de multimedia y estímulos de comunicación (imágenes, sonidos o textos codificados digitalmente); la biotecnología, la llegada de medios, sistemas y procesos tecnológicos e informáticos al terreno mismo de la vida; la Ditecnología, conjunto de herramientas y aplicaciones informáticas capaces de ayudar a la profesionalización del Diseño.

La tecnología va generando transformaciones sociales. El Hombre de hoy vive la modificación de los modelos de comunicación, vivienda, trabajo, ocio, interrelación, participación, convivencia, aprendizaje... Esto provocara que durante algún tiempo, coexistan formas del pasado con formas del presente y del futuro que se avecina.

## II.3.- Tecnologías para el Diseño hoy

El impacto de las nuevas tecnologías es crucial en el sector Diseño, no sólo por las nuevas posibilidades que ofrece, sino también por la reducción de tiempos y costes que su utilización conlleva.

Estas nuevas tecnologías permiten mejorar el diseño y determinar con más rapidez las características formales del producto, detección de fallas, modificaciones, posibilidad de producción y su coste. Por otro lado, el uso de estas técnicas se convierte en el punto de intersección entre el Diseño y la producción, optimizando la comunicación entre el diseñador, departamentos de ingeniería, producción, marketing y ventas. Podremos apreciar el comienzo de un proceso de fabricación y desarrollo de nuevos productos con una plataforma de producción donde la información se transmite única y exclusivamente mediante sistemas informáticos, los que resulten una potente herramienta para conseguir ventajas competitivas en innovación dentro de un ambiente de competitividad industrial.

A continuación se definirán algunas de las herramientas informáticas más importantes y sus principales aplicaciones en la optimización del diseño y el desarrollo de productos.

### II.3.1.- Diseño Asistido por Computador

CAD – Computer Aided Design, representa el conjunto de aplicaciones informáticas que permiten a un diseñador definir el producto a fabricar. Nótese que se habla de “definir” y no de “dibujar”, ya que el CAD excede éste significado. A continuación enumero algunas de las características de las aplicaciones CAD, que permiten especificar y formalizar la representación unívoca de una pieza o sistema:

- Proyecciones bidimensionales del objeto (elevaciones, plantas, secciones, perspectivas, etc.)
- Modelado geométrico (descripción analítica de la volumétrica, contorno y dimensiones del objeto), incluyendo relaciones geométricas e incluso algebraicas entre los distintos componentes.
- Base de datos de propiedades (materiales, tolerancias dimensionales, acabados, etc.)

### II.3.2.- Ingeniería Asistida por Computador

CAE – Computer Aided Engineering, engloba las herramientas informáticas que permiten analizar y simular el comportamiento del producto diseñado.

La mayoría de ellas se presentan como módulos o extensiones de aplicaciones CAD, que incorporan análisis por el método de elementos finitos (FEM – Finite Elements Method), a continuación menciono algunas de las principales técnicas de CAE:

- Cálculo de propiedades físicas (volumen, masa, centro de gravedad, momento de inercia, etc.)
- Análisis tensional (estático y dinámico) y cálculo mecánico y estructural (lineal y no lineal). Análisis de vibraciones. Análisis del campo magnético.
- Simulación del proceso de inyección de un molde. Análisis dinámico y térmico del fluido inyectado.
- Simulación del proceso de fabricación (fabricación virtual). Mecanizado, conformado de chapas metálicas, soldadura, etc. Análisis de utillaje y fijaciones.
- Simulación gráfica (prototipado virtual) del funcionamiento del sistema. Cálculo de interferencias. Estudios aerodinámicos, acústicos, ergonómicos, etc.

### II.3.3.- Prototipado Rápido

RP - Rapid Prototyping, permite obtener prototipos a partir de modelos informáticos, generados mediante software de diseño asistido por computador – CAD. previa transformación de éstos en archivos bidimensionales “STL”.

Estos sistemas eliminan fases intermedias entre el diseño y producción, proporcionando modelos físicos antes de finalizar el proceso de diseño. Por tanto son muy útiles para la reducción de tiempo de lanzamiento al mercado de un nuevo producto.

En función de la función a cumplir se establece una clasificación de los modelos o prototipos:

#### **Modelos volumétricos – dimensionales**

- Aproximación volumétrica, caracterización formal que facilita la percepción sensorial (aspecto, peso, textura) del objeto sin ser una replica perfecta.

#### **Modelos funcionales**

- Permiten la comprensión de objetos compuestos por múltiples piezas, elementos modulares, etc.

#### **Modelos experimentales**

- Permiten realizar sobre ellos ensayos y pruebas para verificar si las especificaciones que se le suponían realmente se cumplen. Se pueden utilizar para la obtención de moldes.

#### **Modelos orientados a la fabricación**

- Se utilizan para simular el proceso de fabricación y evidenciar posibles problemas que pudieran surgir durante el mismo.

#### **Modelos ergonómicos**

- Son aquellos que permiten conocer la interacción del objeto con el usuario. Estos se realizan a escala 1:1.

#### **Modelos estéticos o maquetas – “Models”**

- Son aquellos que se van a utilizar para dar a conocer el objeto a personas ajenas al proceso de diseño, contribuyen a la promoción y venta del mismo.

#### **Modelos para la obtención de moldes prototipo – “Masters”**

- Son aquellos que se emplean para el diseño de moldes a partir de los cuales se pueden obtener pequeñas series (10 – 15 elementos).

#### **Modelos para la obtención de moldes o series de fabricación**

- Estos modelos están entre el prototipado y la producción ya que en función del material empleado se pueden obtener moldes para producir entre 100 y 10.000 piezas antes de invertir en un molde caro y duradero.

### **II.3.4.- Fabricación Asistida por Computador**

CAM – Computer Aided Manufacturing, engloba las aplicaciones encargadas de traducir las especificaciones de diseño a especificaciones de producción, utilizando para ello la tecnología de fabricación, el control numérico, la robótica, etc. Entre sus posibilidades se encuentra la generación (a partir de un modelo CAD) de programas de control numérico para mecanizar el producto diseñado, la simulación de trayectoria de herramientas, la programación de soldaduras y ensamblajes robotizados.

#### **II.3.4.1.- Control Numérico por Computador**

CNC – Computer Number Control, es todo dispositivo capaz de dirigir el posicionamiento de un órgano mecánico móvil mediante órdenes elaboradas de forma totalmente automática a partir de informaciones numéricas en tiempo real. El sistema se basa en el control de los movimientos de la herramienta de trabajo con relación a los ejes de coordenadas.

## II.4.- Conclusiones

A consecuencia de la aparición y el vertiginoso desarrollo de las Tecnologías de la Información y la Comunicación, es necesario adquirir, a través de la educación, nuevas habilidades para la adopción de esta innovadora “infraestructura primaria”; Ya que es fundamental para garantizar nuestra competitividad como diseñadores.

Estos cambios radicales que traen los modelos económicos e industriales, nos exigen adaptarnos y evolucionar para la sobrevivencia en este nuevo ambiente digital, manteniéndonos activos dentro de la humanidad, como individuo parte de la especie y muy especialmente como ciudadano, autor y partícipe de su cultura y sociedad.

Al adquirir destrezas para traducir e interpretar los distintos códigos en el manejo instrumental de la tecnología, se desarrolla un pensamiento crítico, que posibilita a la persona la justa valoración de la tecnología en la identificación, formulación y resolución de problemas. De manera que se sepa beneficiar de acuerdo a sus necesidades e inquietudes creativas.

## **ANTECEDENTES ESPECIFICOS**

### III.1.- Ciclo del Diseño Industrial

El proceso de diseño, que tiene, a grandes rasgos, la siguiente secuencia:

- i.- Observar y analizar el medio en el cual se desenvuelve el ser humano, descubriendo alguna necesidad.
- ii.- Planear y proyectar proponiendo un modo de solucionar esta necesidad, por medio de planos y maquetas, tratando de descubrir la posibilidad y viabilidad de la(s) solución(es).
- iii.- Construir y ejecutar llevando a la vida real la idea inicial, por medio de materiales y procesos productivos.
- iv.- Evaluar, ya que es necesario saber cuando el diseño está finalizado.

En la metodología del diseño industrial se pueden describir las siguientes fases que se visualizan en la figura III-1, estas las definiré en el siguiente capítulo.

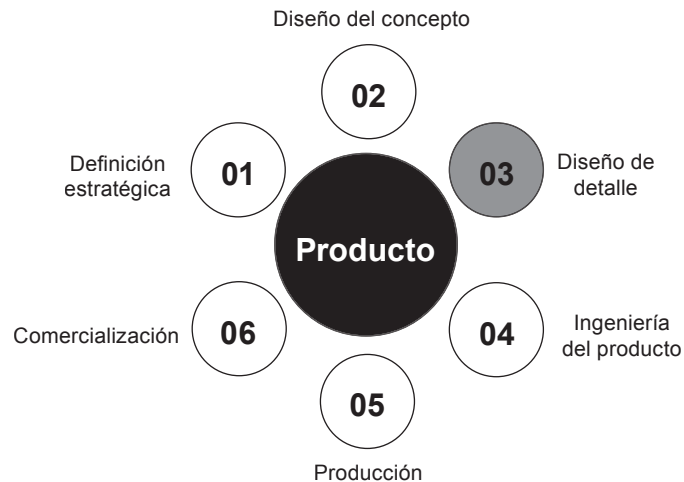


Figura III-1: Fases del Diseño Industrial

## **III.2.-Descripción de las etapas del proceso de diseño**

### **III.2.1.- Idea del Producto**

Todo proceso de diseño parte por una idea, la que, se traduce en una presentación verbal de propiedades nuevas o aplicaciones novedosas de un producto existente. Estas, a menudo son conjeturas sobre el futuro o aportes que todavía no se han alcanzado en actuales productos. Esta primera etapa se basa en observar y analizar el medio en el cual se desenvuelve el ser humano, descubriendo alguna necesidad.

El objetivo de esta fase es la definición estratégica del producto que se va a desarrollar, desde el punto de vista de las necesidades que se van a cubrir, las características de los usuarios a los que se dirige y las ventajas que presenta respecto a los productos existentes en el mercado.

### **III.2.2.- Concepto del producto**

El concepto de producto es esencialmente la “dirección del diseño”, una descripción preliminar del producto futuro - algo que todavía no existe - para ser evaluada y usarse como base en el diseño físico del producto.

Esta fase analítica y altamente creativa es muy importante, ya que una mala definición conceptual nos llevará a variar continuamente nuestro desarrollo y probablemente a un producto final inadecuado.

Los objetivos de esta fase pretenden aportarnos la información útil para determinar el perfil del nuevo producto.

Una vez teniendo definidas estas etapas, podemos pasar a materializar la idea.

### **III.2.3.- Desarrollo formal**

Lo que se pretende en esta fase es determinar el perfil formal del producto o sistema. Abordar la acción de diseño en esta fase es modelar el proyecto sobre el que se irán efectuando las modificaciones de los aspectos que entran en relación con el usuario: aspectos perceptivos (contacto visual,

distinción o identificación e imagen), aspectos utilitarios o de servicio. Con esta información podremos presentar memoria técnica, planos de conjuntos, planos de despiece.

### **III.2.4.- Ingeniería del producto**

Comprende los trabajos que posibilitan el paso de la fase de Diseño a la fase industrial y de producción. Este departamento desarrolla una actividad concreta y diferenciada de la de diseño, aunque ambas están íntimamente relacionadas. Esta fase terminará con la evaluación física y virtual de modelos – prototipos. Sobre ellos se realizarán pruebas con usuarios, pruebas en laboratorio y en sistemas computacionales, con el fin de comprobar el cumplimiento de las especificaciones establecidas en la fase anterior.

### **III.2.5.- Producción**

Implica la puesta en marcha del sistema productivo mediante el diseño de la cadena de producción y montaje.

En esta fase se definirá dónde, cómo y con qué medios se debe fabricar el producto, describiendo toda la sucesión de actividades necesarias para la fabricación, adecuando y optimizando los medios de producción con el desarrollo del producto.

Es el punto de partida para el lanzamiento de la producción en serie, siendo los principales implicados en esta etapa los departamentos técnicos y de producción.

### **III.2.6.- Comercialización**

Se produce el lanzamiento del producto siguiendo las premisas que ya se habían determinado en la fase estratégica (distribución, imagen, punto de venta, envase y embalaje) Todo esta previsto para que el producto entre en el mercado.

### **III.3.- Innovación aplicada al Diseño Industrial**

Hoy nos encontramos con modificaciones en el proceso de diseño industrial, el que implica un replanteamiento en la forma de trabajar en equipo. Este nos exige un esfuerzo de cambio en la mentalidad de nuestro método de trabajo y en definitiva, de lo que se viene a llamar “cultura proyectual”.

Este es otro cambio en las tendencias estratégicas de la empresa. En un principio, el objetivo era productividad (fabricar más), luego fue la economía (fabricar mas barato), posteriormente fue la calidad (fabricar mejor), hoy en día la clave se encuentra en la agilidad (fabricar más rápido y situar inmediatamente el producto en el mercado) y la flexibilidad (fabricar el tipo de producto que demande cada cliente). La industria hoy busca la competitividad aumentando la flexibilidad y agilidad, sin por ello olvidar los otros tres objetivos: coste, tiempo y calidad.

Por lo que hoy, el énfasis se sitúa en el diseño (producto a medida del cliente), en la reducción de plazos entre desarrollo y comercialización (ingeniería concurrente) y en la adaptación de los productos existentes a los nuevos requerimientos (ingeniería reversa).

#### **III.3.1.- Diseño - Ingeniería Concurrente “Una evolucionada forma de tratar la información”.**

La ingeniería concurrente es un enfoque organizativo que postula que todos los actores que intervienen en el proyecto de un producto (desde la idea inicial hasta el desarrollo final) y en el resto de su ciclo de vida, colaboren y realicen su trabajo simultáneamente, asegurando que las condiciones formales, estructurales, funcionales de fabricación, mantenimiento, etc. Se consideren en las etapas iniciales de análisis.

De este modo se consigue disminuir el tiempo de salida al mercado y un mayor control de los recursos y costes durante los diferentes estados de desarrollo. Esta definición implica.

- Una integración entre las diferentes actividades del proceso, obligando a crear equipos de trabajo multidisciplinares formados por profesionales relacionados con el diseño de producto, el proceso productivo, marketing, etc.

## Antecedentes Especificos

- Utilizar técnicas y sistemas basados en computadoras, como un mecanismo para facilitar el desarrollo, cooperación e integración de las diferentes actividades.

El objetivo final es incrementar la competitividad, mediante el aumento de calidad y la reducción de coste y tiempo. La disminución en el tiempo de desarrollo de un producto, por medio de la simultaneidad (paralelismo o concurrencia) de procesos. La mejora de la calidad se basa en integrar el diseño de producto con el diseño del proceso de fabricación con el objetivo de crear nuevos productos exitosos. Los que satisfagan las expectativas del cliente con alta calidad y bajo coste. Consecuencia natural, tanto del crecimiento de la competencia internacional y las nuevas herramientas computacionales, como de las condiciones de cambio social y las nuevas demandas de satisfacción en el trabajo y desarrollo profesional.

### III.3.2.- Ingeniería de reversa

La Ingeniería Reversa es un proceso que consiste en la obtención de datos numéricos tridimensionales de un objeto, mediante el examen físico y la medición de sus partes. Los resultados obtenidos nos permiten la creación de formas geométricas en un sistema de Diseño Asistido por Computadora (CAD) y por último, la manufactura del diseño (con la ayuda de la Manufactura Asistida por Computadora -CAM) a fin de obtener una parte idéntica al original o un molde para generar el objeto original o la edición de este objeto.

La Ingeniería en Reversa se vale de una serie de etapas interdependientes, en las que cada una de ellas está construida de la información desarrollada en la etapa anterior.

### III.4.- Aplicación de los sistema CAD, el modelo 3D

La potencia de los sistemas de Diseño Asistido por Computador, reside en que traducen el concepto del diseñador a un lenguaje volumétrico (modelo 3D) que es comprendido por todas las áreas de la empresa. Podría decirse que el modelado 3D “populariza” el proceso de diseño, ya que permite acceso al mismo por todos los miembros del equipo de diseño, los cuales que pueden aportar mejoras al producto.

Dentro de los programas CAD para Diseño, se puede distinguir entre dos y tres dimensiones. Por otra parte, también puede diferenciarse entre aquellos programas que solo sirven para dibujar, generar y modificar geometría y aquellos que realmente asisten al diseño, que además de la información grafica incorporan una base de datos con información del producto que será utilizada durante su proceso de fabricación.

### III.4.1.- Características generales de un sistema CAD

- Modo Modelo. En el que se construye un modelo tridimensional del objeto. Debe permitir su visualización dinámica, zoom, desplazamiento, giro.
- Modo dibujo. Permite obtener vistas en 2D a partir del modelo 3D.
- Capas. Son hojas transparentes que almacenan diversos componentes del mismo dibujo y que el diseñador puede visualizar u ocultar a voluntad.
- Estructura jerárquica de componentes. Para trabajar con partes (sub. conjuntos) del objeto a diseñar, que son mas sencillas de manejar
- Posibilidad de generar documentación técnica. Utilizando un editor que asocia información alfanumérica a determinadas entidades graficas.
- Base de datos global. Su misión es almacenar todos aquellos datos que se precise para realizar el análisis del modelo.
- Uso de periféricos gráficos. ratón, tableta, lápiz óptico, digitalizadores 3D, etc.
- Modelado en geometría poligonal o geometría NURBS. Constituyen dos de las prestaciones más interesantes para el diseño industrial de productos.

### **III.4.2.- Tipos de Geometría**

Una de las primeras decisiones que tenemos que tomar cuando comenzamos un proyecto es cómo vamos a construir nuestros modelos. Podemos usar cualquier tipo de geometría para poder construir objetos simples o complejos. Podemos usar un tipo de geometría como punto de partida para pasar a otro tipo, o podemos construir modelos que combinen varios tipos de geometría.

#### **III.4.2.1.- Geometrías NURBS (Non Uniform Racional BSplines)**

NURBS: No uniforme significa que el ámbito de influencia de un vértice de control puede variar. Racional significa que la ecuación empleada para representar la curva o superficie se expresa como una relación entre dos polinomios. Una B-spline (o spline básica) es una manera de construir una curva interpolada entre tres o más puntos.

Las NURBS, se han convertido en la herramienta de modelado más eficiente de los programas CAD. Estas son representaciones matemáticas de geometría tridimensional que pueden describir con precisión cualquier forma; desde una simple línea 2D, círculos, arcos, o curvas, hasta las más complejas formas orgánicas 3D. Por su flexibilidad y precisión, las formas NURBS pueden ser usadas en cualquier proceso, desde ilustración hasta la manufactura.

#### **III.4.2.2.- Geometrías Poligonales**

Son superficies definidas por vértices que crean caras de tres, cuatro o “n” lados. Objetos poligonales son hechos de muchos polígonos. Los polígonos pueden aparecer planos al ser renderizados lo que les da un carácter rígido a la geometría.

### III.4.3.- Tipologías de modelado en 3D

La elección del tipo de modelado se vera reflejada en el tiempo de desarrollo y los equipos que se deberán disponer para el desarrollo del trabajo, esto se muestra a continuación en la figura III.2

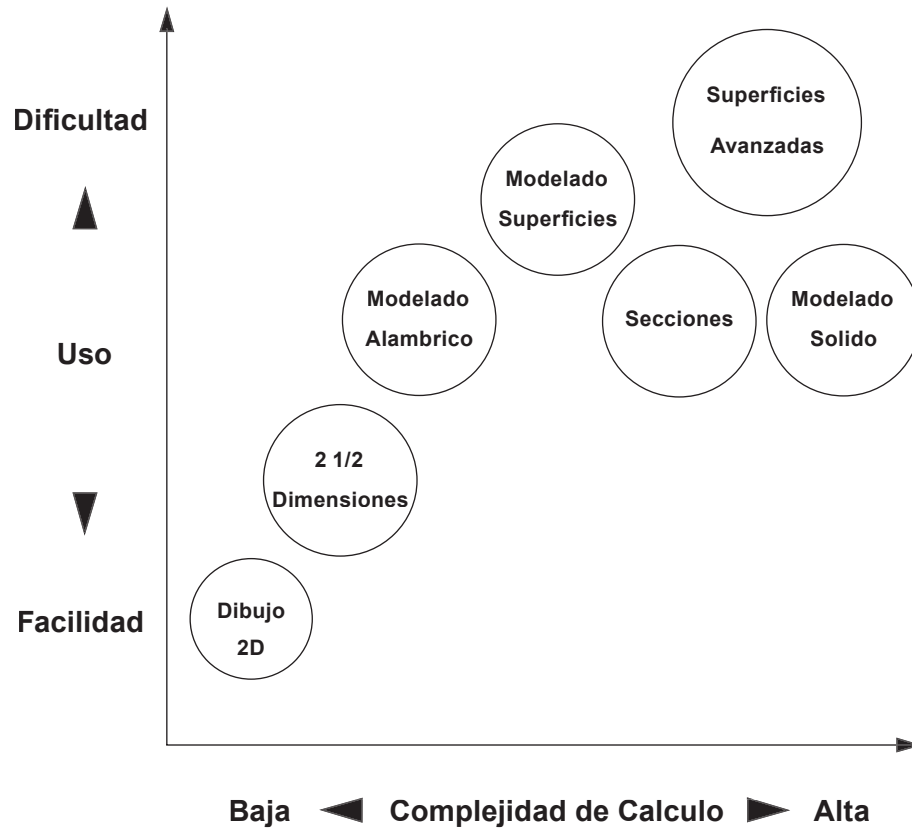


Figura III-2: Clasificación de las funciones de un sistema CAD

### III.4.3.1.- Modelado de sólidos

El modelado de sólidos es la única forma no – ambigua de representación de objetos en tres dimensiones, ya que se trata de una precisa descripción que incluye no solo la superficie externa de un objeto, sino también la estructura interna.

#### Ventajas

- Excelente visualización de todas las direcciones.
- Permite obtener automáticamente las propiedades físicas del objeto.
- Permite su uso en CAE / RP / CAM – CNC.

#### Inconvenientes

- Precisa de potentes equipos informáticos.
- Dificultades para gestionar conjuntamente el modelo sólido con las curvas y superficies libres concordantes.

### III.4.4.- Ventajas de los sistemas CAD

Entre estas ventajas más destacables de la utilización del Diseño Asistido por Computador se encuentran:

- Mayor Rapidez en la generación de dibujos debido a la facilidad para realizar transformaciones (copias, simetrías, giros, escalados, etc.) y vistas. Eliminación de repetir objetos.
- Mayor precisión geométrica debido a la base matemática y a la posibilidad de definir elementos como referencia de otros.
- No son necesarios conocimientos de geometría, dado que las construcciones auxiliares son realizadas automáticamente por el programa.
- Uso de técnicas especiales de dibujo para la creación de nuevas formas.
- Limpieza y actualización del dibujo. Las correcciones se realizan sobre la base de datos, por lo que no queda ningún residuo de las correcciones introducidas.
- Reproducibilidad. Al tener la información sobre soporte informativo es posible utilizar diferentes sistemas de copia y trazado.
- Interdependencia de la escala del tamaño de dibujo.
- Interactividad. El usuario del sistema CAD percibe inmediatamente el efecto de las órdenes introducidas.

- Disminución del coste de desarrollo, al permitir un análisis exhaustivo del producto mediante el ordenador.
- Posibilidad de integración con otras técnicas asistidas por computador (CAE-RP-CAM). Dicha conexión, basada en la utilización de una base de datos común, proporciona una mayor productividad, reduce la posibilidad de error humano, ofrece mayor flexibilidad de diseño y en definitiva un aumento de la eficacia de la empresa.

### III.4.5.- Principales inconveniente de los sistemas CAD

- Las limitaciones de las funciones de generación de geometría de la aplicación pueden condicionar el diseño y/o restringir la creatividad del diseñador.
- A pesar de que se genere un modelo tridimensional del objeto, y las representaciones (proyecciones) fotorrealistas obtenidas sean de buena calidad, tanto la visualización en pantalla como la impresión en papel suponen la visualización bidimensional 2D del objeto.

### III.5.- Exploradores 3D

Un explorador 3D permite la reconstrucción tridimensional de la superficie o volumen de un objeto, en un archivo digital, generando modelos de objetos verdaderos. Este proceso establece las dimensiones del objeto u otras características geométricas que caracterizan su forma.

Estas nuevas herramientas proporcionan altas ventajas frente a lo que era el trabajo convencional de modelado con el ratón, dado que no es posible dibujar a mano alzada con él y los resultados que se obtenían no representaban un acercamiento a la realidad.

Estos nuevos medios nos están ayudando a ser más innovadores y competitivos en el desarrollo de los procesos tempranos de diseño. Reduciendo tiempo y mejorando el desarrollo de nuevos producto.

Dentro de una amplia gama de productos existentes para la captura de geometría 3D, son dos los métodos más usados: Explorador láser sin contacto y capturador de cotas por contacto. A continuación se dará una breve descripción de ambos métodos.

### III.5.1.- Explorador láser sin contacto

La obtención de geometría basada en la triangulación óptica se puede ver en la figura III-3, aquí se demuestra cómo la luz de un rayo láser se proyecta a la superficie de un objeto y la luz láser dispersada de la superficie es reflejada en un sensor de posición situado al lado de la fuente de láser. Este sensor de posición mide los ángulos creados por la viga resultante mientras que el objeto se mueve a la distancia. La fuente de láser en combinación con el ángulo del haz de vuelta y el sensor de posición forman el triángulo básico que es suficiente para localizar la superficie del objeto.

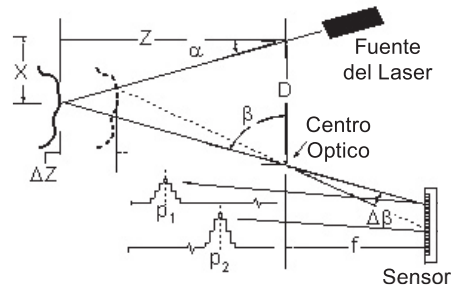


Figura III-3: Diagrama funcionamiento de un scanner láser sin contacto

El sistema se compone de la unidad, el explorador 3D, una computadora, un programa para la exploración, y un programa para corregir los datos 3D.

En la figura III-4, podemos ver que la captura del objeto es muy detallada, posee algunas alteraciones de la forma real y la malla poligonal que se genero posee una trama muy densa. Todos los factores anteriores aran necesario el uso de un software para la edición final del modelo, una buena opción será la transformación de la geometría poligonal a NURBS. Para disminuir el peso del archivo y poder trabajar el modelo en un computador de uso domestico.

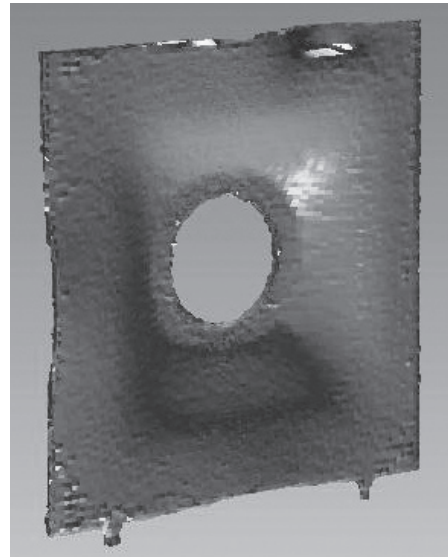


Figura III-4: Resultados obtenidos a través de Scanner Láser Roland LXP - 250

### III.5.2.- Capturador de cotas por contacto

Este funciona en base a la triangulación geométrica, coordinando su propia geometría con los movimientos y giros realizados.

De esta forma se comunica con el software para detectar coordenadas en el espacio tridimensional y poder dejar su registro en un archivo digital. Este proceso se vera en mayor detalle en el capitulo V de experimentación.

A continuación se muestra el brazo capturador MicroScribeG2 y sus posibilidades de articulación en la figura III-5.

El sistema se compone del brazo, un computador y un software CAD compatible con el capturador.

Los resultados obtenidos los visualizamos en la figura III-6, estos son muy eficientes, dada la precisión y flexibilidad del proceso. Aquí es el usuario quien decide como llevar a cabo el desarrollo de la operación en complementación con el software utilizado.

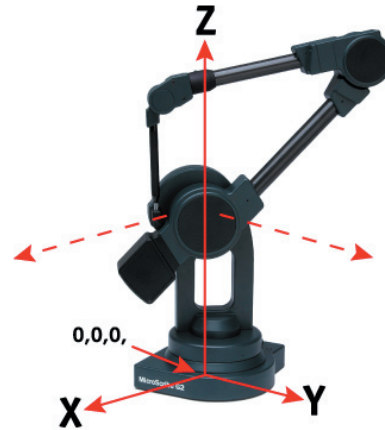


Figura III-5: Posibilidades de movimiento y giro que posee el brazo articulado

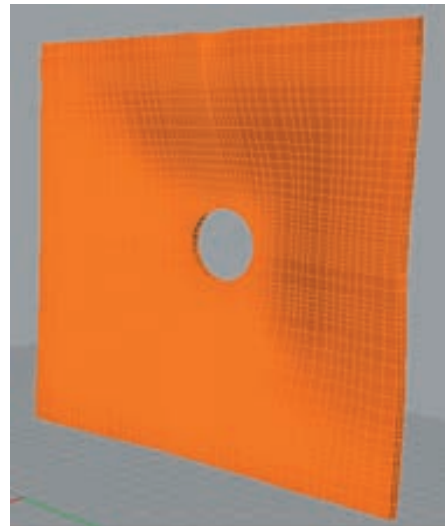


Figura III-6: Resultados obtenidos a través de brazo capturador MicroScribeG2

### III.6.- CONCLUSIONES

La nueva forma de estructuración empresarial y organizacional que apuesta por planteamientos más horizontales y colectivos obligan al hombre de hoy a reforzar sus habilidades de colaboración, su capacidad de adaptación y su interés por el trabajo colaborativo donde la comunicación interdisciplinaria es clave para la evaluación de los resultados.

Las tecnologías digitales, propias de los avances que trae la sociedad de la información, están aportando mejoras considerables a corto plazo en estos sistemas de trabajo. Ahora posemos un lenguaje común y medible (modelo 3D), que proporciona al equipo de trabajo la información necesaria para obtener su comprensión en un periodo de tiempo reducido y con bajos costes para nuestros diseños. Esto ha permitido unir diferentes mundos, maneras de pensamiento y trabajo en torno a la evaluación de la forma. Conduciéndonos a un equilibrio entre libertad y exactitud para conseguir éxito en nuestros productos.

Debido a la capacidad computacional actual, la cual continúa en aumento, no se justifica la simplificación excesiva de los modelados. Esta capacidad permite desarrollar modelos cada vez más reales donde la definición de la geometría pasa a ser un parámetro fundamental en el trabajo del diseñador.

# FUNDAMENTO

### IV.1.- Introducción

A través de este capítulo pretendo describir las razones y motivos de los que se afianza esta tesis, partiendo por definir lo que es el diseño de productos, su especialización, diferenciación con otras disciplinas, el acto de diseñar y nuevos métodos que nos llevan al origen de la disciplina.

### IV.2.- Diseño de productos

La práctica del diseño de productos gira en torno a dos maneras de pensamiento: El científico y el creativo.

El primero es el acto racional, que se ocupa de razonar y construir. Otorgando sentido, control y certidumbre. Es por ello que integra en su estructura teorías, ciencia, conceptos y tecnología. Mientras el segundo es el acto intuitivo, el cual se ocupa de explorar, descubrir e innovar. Generando espontaneidad, incertidumbre, relatividad. Integrando en su proceso imaginación, creatividad, plástica, técnica y expresión.

Dentro de este contexto una de las discusiones típicas es la ubicación de la disciplina en el ámbito profesional, considerando la fuerte carga de ingeniería y arte que hay en la profesión. Definir los límites de ambos quehaceres, es en cierto modo, como las disciplinas mismas. Para una hay claras fronteras y para la otra son vagas e inciertas.

En la profesión del ingeniero existen de alguna manera parámetros medibles para definir su campo de acción. Hablar de arte, en cambio, implica entrar en terrenos difusos como la penetración en las emociones de las personas y profundizar en la permanencia cultural. Factores que dependen de la sensibilidad.

Al relacionarse ambas disciplinas en un mismo acto, puedo afirmar que diseñar es: una actividad cuyo producto es una respuesta de innovación y coherencia espacial significativa.

Por tal razón diseñar objetos es una actividad que se ocupa de otorgar significación y sentido a la expresión tridimensional para dar origen a cultura material. Este postulado me lleva a definir, por una parte, a la actividad del Diseño de Productos como un proceso de pensamiento tridimensional cuyos conceptos, respuestas y mensajes quedan traducidos en modelos físicos configurados como objetos de uso

### **IV.3.- Desarrollo formal, el espacio tridimensional en el diseño de productos**

En esta etapa del diseño de objetos se debe relacionar en un mismo acto una idea y su representación. Es el momento en que se relaciona un fenómeno ideológico mental (idea – concepto) y un fenómeno proyectivo espacial (expresión morfológica) del cual surge un objeto de uso como mensaje codificado en una estructura tridimensional.

Esto quiere decir que el acto de diseñar nos lleva a concebir al producto como un proceso de relaciones entre idea, representación, producción y contextualización.

Este proceso temprano en el Diseño, de mucha libertad en un primer momento y gran trascendencia en el producto final parte por un desarrollo creativo, el cual no es un hecho artístico en sí mismo, aunque utiliza los mismos procesos y medios por los cuales se manifiesta la carga emocional interna del creador. Un momento que en el caso del diseñador, se deja de lado todo compromiso funcional y se requiere únicamente a la exquisita extracción de formas, líneas, superficies o simplemente elementos visuales que signifiquen una contribución plástica.

Este hecho hace que el Diseño de Productos se desenvuelva mediante el análisis de factores determinantes de la forma. Un equilibrio entre libertad y exactitud. Visión que nos sitúa en una posición central dentro del proyecto y hace que nuestro campo acción sea flexible para llegar a la funcionalidad y productividad del producto.

#### **IV.4.- El diseñador como especialista en la creación y determinación de la forma**

La capacidad del diseñador se denota en este proceso “la materialización de una idea”.

Es en esta etapa donde ponemos en juego nuestras máximas destrezas, capacidades y conocimientos para generar ventajas competitivas ante los de más productos existentes en el mercado. Aquí somos indispensables, ya que no existe profesional que pueda hacer este trabajo con mayor eficiencia que nosotros dentro del mundo pragmático industrial. Por el contrario en todas las etapas anteriores y posteriores al desarrollo formal de un producto, pueden ser desarrolladas por otros profesionales mas capacitados, en periodos de tiempo más cortos y con resultados fáciles de evaluar por el diseñador.

En la praxis del diseño, la creatividad es algo más complejo que una simple transformación lógica. Aquí es donde la imaginación del diseñador no tiene límites e interacciona con técnicas y asociación libre de métodos existentes, reconociendo patrones y reestructurarlos para la obtención de soluciones alternativas de mayor calidad y menor coste. En definitiva, de mayor valoración por el cliente y por tanto más competitivas.

Es en esta etapa donde se seleccionan geometrías, formas, dimensiones, materiales y procesos, los que se verán reflejados en el ciclo de vida del producto (concepción, diseño, prototipado, producción, distribución, utilización, comercialización, mantenimiento y eliminación) determinando la mayor parte de su coste. Otro factor que incide en este punto son las modificaciones en el diseño, estas aumentaran el coste exponencialmente en función del tiempo (etapa) donde se realicen dichos cambios.

A consecuencia de lo anterior los mayores ahorros solo se pueden conseguir en las primeras etapas, quedando justificado el mayor esfuerzo en técnicas de diseño, análisis, ensayo, comunicación y evaluación de resultados.

## IV.5.- El acto de diseñar

Con este acto proyectual humano se busca materializar rápidamente una ideas a través de medios y soportes tangibles o virtuales, ya sea en dos dimensiones (dibujos, bocetos, esquemas, imágenes) o en tres (estructuras básicas, maqueta, prototipos). A través de estos registros se modelan especificaciones generales de posibles soluciones, en un lenguaje común para que otros profesionales, ejecutivos, consumidores y el mismo equipo de diseño, puedan examinarlos y evaluarlos.

Después de este primer esquema, se incorporan al desarrollo creativo nuevas investigaciones sobre materiales, producción y costes. Con el fin de considerar las ideas más viables, sólo entonces, se puede construir maquetas o prototipos más elaborados para someterlos a nuevas pruebas, análisis y evaluación con las que se busca verificar el desempeño técnico y comercial. Asegurando el éxito del producto antes de iniciar su fabricación.

Los métodos tradicionales (artesanales) para el desarrollo de esta etapa están siendo sustituidos por herramientas tecnologías que permiten construir modelos tridimensionales a partir de dibujos realizados mediante diseño asistido por ordenador. Esta evolución en las técnicas y herramientas de ayuda al diseño de producto han experimentado un gran desarrollo debido a la creciente importancia concedida a nuestra disciplina dentro de la estrategia industrial dadas las exigencias del mercado sobre tiempo, coste y calidad.

El diseño asistido por computador es una técnica tremendamente útil para la fase de materialización del diseño, tanto en la etapa de diseño preliminar como de diseño detallado. Sin embargo es muy difícil que una solución conceptual (principio de solución) pueda desarrollarse utilizando una herramienta CAD. Ello debido a que el diseño es un proceso creativo, exclusivo de la mente humana. Por consiguiente estas tecnologías son sólo un medio y no un generador de diseño ya que limitan nuestra libertad de creación y expresión, reduciéndolas a ejecuciones computacionales.

## **IV.6.- El modelado geométrico por computador**

Existen muchas formas de representar los productos que pretendemos diseñar a través de sistemas asistidos por computador por lo que hay que tener en cuenta que la utilidad de los sistemas CAD dependerá del tipo de diseño a desarrollar. La clasificación que seguidamente se presenta jerarquiza los diseños en tres niveles de originalidad.

### **VI.6.1.- Diseño innovador**

El problema a resolver o las necesidades inadecuadamente satisfechas se abordan mediante un nuevo “principio de solución” (resultado de la fase de diseño conceptual, que posteriormente se desarrolla en fase de materialización del diseño). Este tipo de diseño requiere un esfuerzo especial a lo largo de todas las fases del diseño ya que la experiencia acumulada en anteriores diseños no es posible trasladar. Exige el análisis detallado de su visibilidad tecnológica y económica.

### **VI.6.2.- Diseño adaptativo**

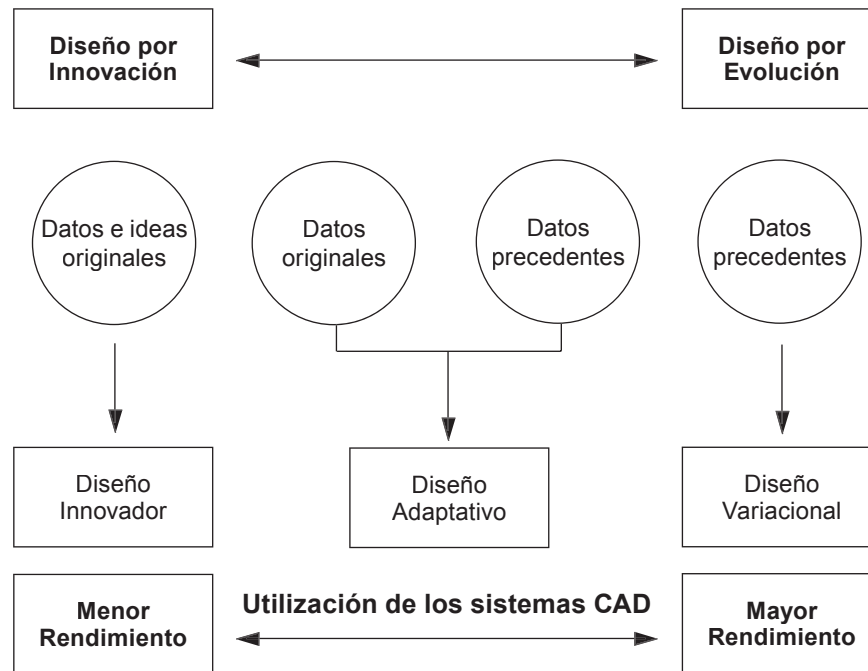
Se tiene este tipo cuando un nuevo problema se acomete manteniendo los “principios de solución” conocidos y establecidos para otros productos, que se adaptan en la fase de materialización del diseño a los requerimientos específicos del nuevo problema, lo que puede conllevar al diseño innovador de componentes individuales.

### **VI.6.3.- Diseño variacional**

Se da cuando las especificaciones del problema varían ligeramente y se pretende resolver mediante la modificación de un diseño anterior. Supone la variación de tamaño y/o de la estructura de partes y subconjuntos dentro de los límites establecidos para el rango de productos previamente diseñados.

Una vez analizada esta clasificación del diseño, se atribuye que la utilización de un sistema CAD proporciona diferentes beneficios según el tipo de diseño que se aborde. Estos se muestran a continuación en la figura IV-1.

Figura IV-1: Esquema en que se aprecia la relación entre la originalidad del diseño y el uso del CAD



Por tanto el CAD es interesante para el diseño adaptativo, dado que las modificaciones realizadas para satisfacer los nuevos requerimientos se introducen en las etapas de diseño preliminar y detallado. En el Diseño variacional es aun más útil, ya que se aprovecha todo el trabajo anterior. Sin embargo en el diseño innovador, dado que no se reutilizan las soluciones desarrolladas para otros diseños, el uso de CAD posee únicamente las ventajas intrínsecas de esta técnica (detallada en el capítulo III.4.4.-).

#### **IV.7.- Puente entre modelo tangible y virtual.**

De la tecnología de la información emergen nuevos medios que permiten transformar un modelo físico a un modelo matemático totalmente digital. De este modo el modelo resulta más exacto y la transformación final más cercana a la realidad.

Como podemos apreciar, se levanta la posibilidad de “jugar de nuevo”, volver al origen de nuestra disciplina “el trabajo manual”. El rescate de la destreza humana intuitiva en el control de la forma a través del modelado de materiales. Hoy este valioso proceso se puede rescatar a través de la exploración 3D, permitiéndonos obtener un modelo que cumple con la idea de origen.

Por primera vez la tecnología llevan al diseñador a trabajar con mayor naturalidad, también lo hace ser mas integrativo, ya que nos está ayudando a trabajar en conjunto con ingenieros, permitiendo compartir ideas entre dos mundos, visiones, modos de trabajo distintos que en conjunto reducen el tiempo de desarrollo y aumentan la calidad e innovación de nuestros productos. Mirado desde otro punto de vista también están ayudando al ingeniero a focalizarse en desarrollo formal.

Para el proceso de diseño en general, esto significa mayor eficiencia gracias a un procedimiento de trabajo optimizado que concede simultáneamente más libertad en la creatividad.

Con lo anterior el diseñador puede focalizarse en el desarrollo de la forma y no en el proceso de modelado tradicional, el cual lo desconecta el proceso de diseño creativo.

Este tipo de registro es y seguirá siendo un objeto de experimentación e investigación.

## IV.8.- Conclusiones

El diseño de objetos exige ser conformado mediante el análisis de factores determinantes de la forma ya que de estos dependerá el éxito en nuestros productos. Es por ello que el diseñador debe adaptarse e innovar constantemente en su forma de trabajar.

Al igual que el software da sentido al hardware, el diseñador debe dar sentido a las nuevas herramientas que proporciona la tecnología, a través de la apropiación de las mismas, de modo que se produzca un fenómeno cinético entre Diseñador - Software – Hardware. Dando como resultado un potenciamiento a la suma de esfuerzo individuales de cada entidad en la tarea de lograr éxito en el desarrollo de nuevos productos.

Por último, la posibilidad de estudiar nuevas modalidades en la etapa de desarrollo formal, relacionadas a potenciar nuestras capacidades constructivas, abre otro campo de desarrollo para la investigación del diseño.

# EXPERIMENTACIÓN

### V.1.- Introducción

La incorporación de nuevas tecnologías de representación digital a la enseñanza y producción están marcando diferencia en el ejercicio de nuestra profesión. Las herramientas de hardware y software disponibles, cada vez más potentes, económicas y fáciles de utilizar han empujado el paso del tablero de dibujo al uso del computador. Aunque se trata de prácticas en pleno desarrollo y evolución, ya es posible prever cómo esta integración puede modificar radicalmente nuestra forma de trabajar.

La Escuela de Diseño de la Universidad de Valparaíso no se encuentra ajena a este hecho. En el contexto del proyecto MECESUP 2003 - 2006 se han incorporado tecnologías CAD/CAM (Computer aided design/computer aided manufacturing) de última generación a la actividad docente y de investigación.

La llegada de hardware como: Láser Scanner Roland LPX-250, Digitalizador Tridimensional MicroscribeG2 y software Rhinoceros 3.0 ha permitido la creación del Laboratorio CAD/CAM, el cual formará parte integral del área de representación y simulación digital. Se han abierto nuevas áreas de investigación en torno al diseño avanzado por computador. Estas nuevas tecnologías digitales de modelación y fabricación permiten que un diseñador sea capaz de explorar, experimentar y comunicar libremente una aproximación a la construcción formal y material del Diseño.

Para probar y poner en práctica estas nuevas tecnologías bases de mi proyecto de título me integro al desarrollo de Tesis “Comportamiento de placas de acero empleadas para el apertado de túneles en roca” de Miguel Palape Reyes, para optar al grado de Magíster en Ingeniería de Pontificia Universidad Católica de Chile. Parte importante de esta tesis fue entregar bases de conocimiento concretos, a través de ensayos de laboratorio y el análisis de elementos finitos en software ANSYS Multiphysics 10.0.

Estos permitiendo evaluar las diferencias que existen en la modelación 3D al usar las tecnologías de captación de modelos tangibles y modelados en sistemas CAD tradicionales.

A través de este método de trabajo se verá que la utilización de los nuevos métodos tecnológicos de captación tridimensional entrega resultados más aproximados a los obtenidos en ensayos de laboratorio.

Además se consiguió uno de los objetivos, el poder desarrollar un equipo de trabajo interdisciplinario que complementa el análisis estructural y el modelado 3D. Generándose una comunicación y evaluación entre diseño e ingeniería, por medio de un lenguaje común: CAD.

### V.2.- Bases de la experimentación

La implementación de la simulación del ensayo mediante el uso de elementos finitos supuso dos grandes dificultades:

#### Ingeniería

Por un lado, se tiene la calibración de todos los parámetros que definieron el modelo, tales como: fluencia, roce, condiciones de equilibrio, etc. Los cuales deben permanecer constantes para nuevos modelos de plancha permitiendo el posterior análisis solo cambiando la geometría. Por lo tanto, una vez que se obtuvo un programa maestro capaz de representar adecuadamente todas las planchas, el único factor a considerar fue la geometría de la planchuela. Entonces, la dificultad radicó sólo en el dibujo - modelado de éstas.

#### Diseño

La forma geométrica es la propiedad más importante en esta investigación. Esta propiedad definirá el comportamiento de la plancha, su resistencia y capacidad de absorción de energía. Cada plancha tiene una configuración espacial distinta y la captación de esta geometría fue un punto importante para este estudio, por la complejidad del diseño de cada una de éstas.

### V.3.- Metodología de dibujo inicial realizada por el ingeniero

El programa Ansys cuenta con herramientas para la confección de cuerpos geométricos. Sin embargo, en este estudio no se utilizó tales herramientas. La razón fue que es más práctico trabajar con programas creados especialmente para el diseño 3-D y luego importar los archivos desde Ansys.

El programa de dibujo 3-D utilizado en un comienzo de este estudio fue Autocad. Este programa es ampliamente conocido y aplicado a problemas tanto de ingeniería como de diseño.

La exigencia que se debe tener en cualquier modelo 3-D para ser analizado mediante elementos finitos es que los componentes del dibujo sean sólidos. Una vez que se ha construido el modelo 3-D en Autocad, éste debe ser exportado en formato \*.SAT, de esta forma el programa Ansys lo reconoce y lo importa como un cuerpo sólido 3-D.

### V.3.1.- Proceso de obtención del modelo A

Utilizando un LVDT (Linear Voltage Displacement Transducer) en dirección vertical, sujeto a una superficie plana, se obtuvo el perfil de la plancha anotando las coordenadas geométricas a medida que se avanzaba en dirección horizontal. En la figura V-1a y V-1b se muestra gráficamente el funcionamiento del LDVT. Luego, se repitió el proceso para distintos radios de ésta y se calculó el promedio de estos perfiles. Finalmente se introdujeron estas curvas al software de modelación donde se hizo una revolución de este perfil promedio y se extrajo los bordes para conseguir una superficie cuadrada en planta. Proceso visible en la figura V-2.

Posteriormente se compararon los volúmenes de las planchas reales con las dibujadas mediante este método. Se obtuvo buenos resultados. La desventaja que tiene esta forma de modelado es que supone un perfil promedio para toda la plancha, supuesto equivocado si se considera el método de fabricación: estampado en frío, el cual deforma diferentes zonas de la plancha, provocando un adelgazamiento del espesor en estos tramos.

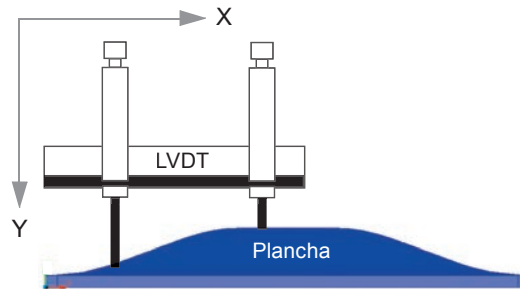


Figura V-1a: Funcionamiento del LDVT



Figura V-1b: Perfil de la plancha

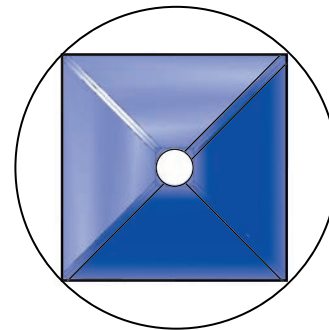


Figura V-2: Revolución del perfil

Este proceso de modelado por estructuras poligonales crea superficies definidas por vértices que generan caras de tres, cuatro o "n" lados. Los polígonos pueden aparecer planos al ser renderizado lo que les da un carácter rígido a la geometría. Como se muestra en la figura V-3. El tener que representar trayectorias curvadas como una serie de segmentos rectos siempre ha sido una limitación en contorneados 3D. Es intrínsecamente impreciso.

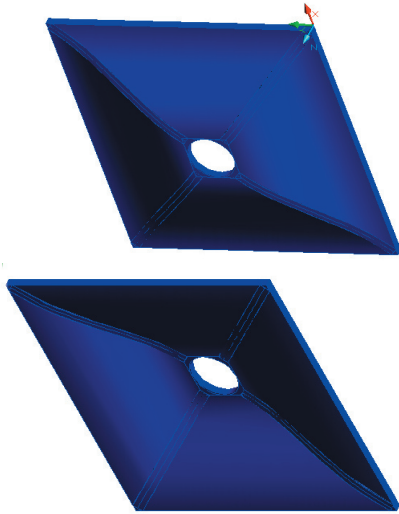


Figura V-3: Estructura poligonal

### V.4.- Nueva metodología de diseño para la construcción de un modelo exacto al real.

El método de trabajo para la extracción de la forma geométrica real de cada plancha se sobrellevó con la ayuda de equipos especializados para este trabajo. Un brazo mecánico articulado captador de cotas Microscribe G2, el que trabaja de forma directa con sistemas CAD. En este caso se utilizó Rhinoceros 3.0. En la figura V-4 se muestran los elementos básicos que componen el sistema de trabajo.

El Hardware permite posicionarse en un punto del objeto (plancha) y entregar sus coordenadas tridimensionales las que son visualizadas y capturadas en el software CAD. La unión de estas dos herramientas se convierte en un puente para la transformación de geometrías tangibles en virtuales 3D.



Figura V-4: Plataforma de trabajo

## V.4.1.-Proceso de generación del modelo

### V.4.1.1.- Trazado del objeto

En esta etapa se busca entender la geometría espacial del objeto para definir estratégicamente los puntos o coordenadas necesarias a capturar del modelo 3D.

Este análisis se puede realizar mediante un proceso de dibujo, en el que se traza un conjunto de líneas sobre el objeto, este genera una cuadrícula que guiará la captación de la geometría. Para conseguir una adherencia del trazado y una perfecta visualización de la imagen sobre el objeto, es conveniente tener una superficie de color claro, idealmente blanco. Proceso que se muestra en la figura V-5 a/b.

Dependiendo de la dificultad formal del objeto esta red de líneas variará en el tramado y su distribución. A mayor complejidad de la forma mayor debe ser la densidad del tramado, esta relación permitirá obtener un modelo con una definición más cercana a la real. Esta situación también la encontramos en el proceso de análisis por elementos finitos, este plantea analizar el comportamiento de estructuras complejas a través de la fragmentación del volumen en elementos más simples

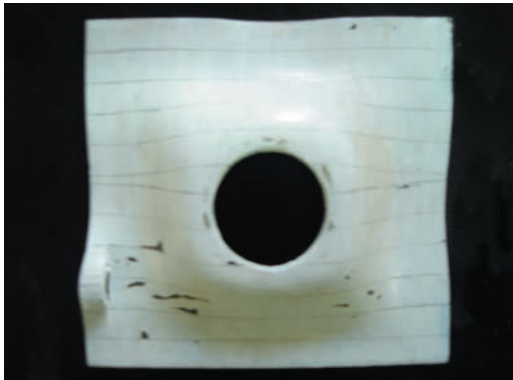


Figura V-5a: Trazado de Horizontales

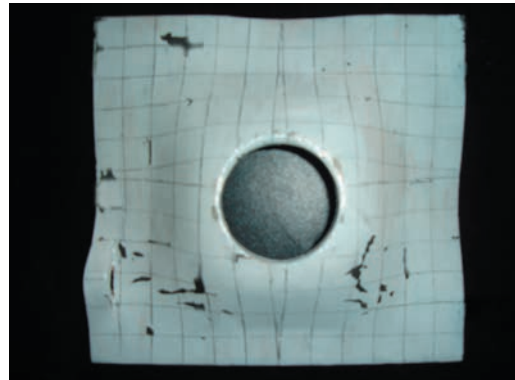


Figura V-5b: Trazado de Verticales

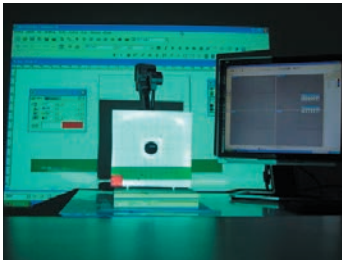
## Experimentación

Para efecto de esta etapa se experimento con un proyector de datos Sony VPL – CX61, con resolución XGA (1204 X 768), el cual envía sobre el objeto una imagen RGB de la grilla que se construyo y visualizo en la pantalla de un computador. En la generación de esta imagen se utilizo un Software CAD 2D de dibujo vectorial “FreeHand MX”. El que permitió generar, manipular y adaptar esta red de curvas a los requerimientos formales específicos del objeto en un lapso de tiempo reducido.

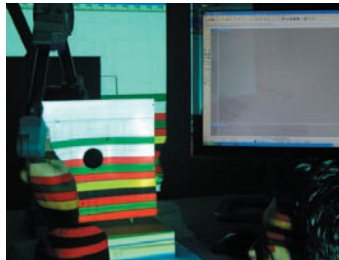
La adaptabilidad de una imagen luz 2D en un volumen tangible genera en nuestra dimensión espacial un momento muy próximo al que observamos en la pantalla del computador cuando modelamos o renderizamos una geometría en modo alámbrico. Ya que además de las aristas que visualizamos en nuestro análisis humano se pueden observar curvas adicionales que muestran la forma de las superficies en mayor detalle (contorno se secciones).

Cuando se proyectó una red de líneas al objeto, la visualización de la imagen fue de bajo valor. Por consiguiente se continuó experimentando con planos de color, los que aumentaron el grado de visualización y entregaron límites definidos entre uno y otro. La solución mas optima fue proyectar una cuadrícula en dos colores contrastantes e intercalados. Etapas que podemos apreciar en la figura V-6 a,b,c.

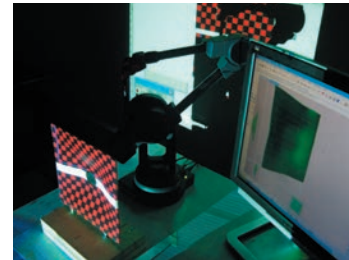
El último resultado permitió capturar en cada elemento (cuadrado) sus aristas como puntos de control de polilínea ordenadas en el eje X, Y, Z. Estas se convirtieron en la estructura base para la construcción de las futuras superficies.



**Figura V-6a: proyección de una red de líneas**



**Figura V-6b: proyección de planos de color**



**Figura V-6c: proyección de cuadrícula, colores intercalados**

### V.4.1.2.- Calibración del equipo

La calibración orienta al brazo digitalizador en una relación mundo real y sistema de coordenadas de Rhino. Indicándole como asociar un punto del objeto con un punto virtual en el Software.

Como partida debemos hacer una relación del volumen del objeto a capturar con los rangos máximos de alcance del brazo, para crear una escena de trabajo que permita capturar la mayor cantidad de geometría sin tener que mover el objeto.

En la figura V-7 a,b,c. se muestra la introducción de los tres puntos más importantes de referencia (origen 0, 0,0 - eje X e Y) al software. Se debe adherir a la superficie de trabajo una hoja de papel, en la que dejaremos registrados estos puntos de referencia, también es importante marcar la ubicación de la pieza y el área de apoyo del brazo captador. Esto para volver a calibrar el equipo si es necesario, ya sea por las dimensiones del objeto o por causa de movimientos indeseados.

Para generar el punto de origen basta trazar dos líneas perpendiculares en el papel y ubicarse en el punto de intersección. Luego una línea representara el eje X y la otra el eje Y. Posteriormente hacemos el traspaso de estos datos a puntos de referencia en el archivo de trabajo Rhino. Dependiendo de donde asigne los ejes de coordenadas será el cuadrante en el cual me permitirá trabajar el programa.



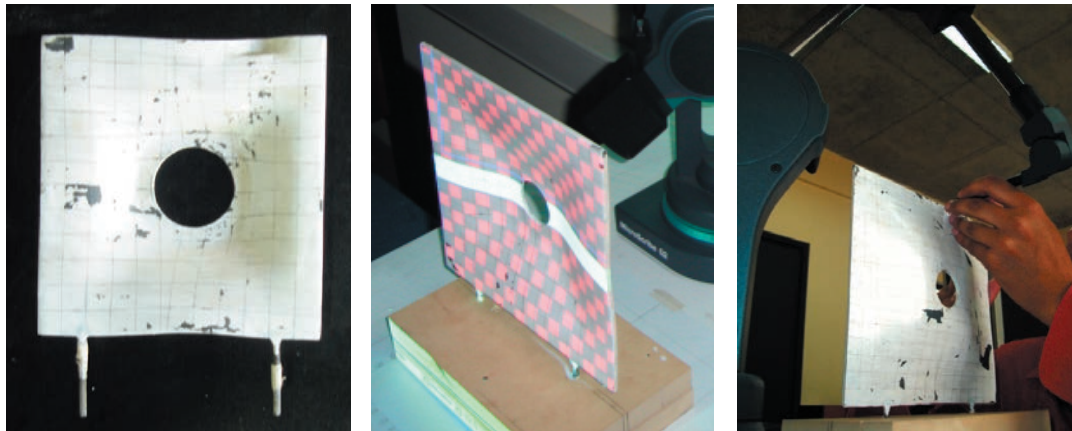
Figura V-7: introducción básicas al software / a: origen 0, 0,0 / b: eje X / c: eje Y

### V.4.1.3.- Fijación de la pieza.

Para obtener mejores resultados es necesario inmovilizar totalmente el digitalizador y la pieza a capturar, por motivos de recalibración del Hardware en medio de una operación de digitalización, producto de algún golpe en el digitalizador, ligeros movimientos del objeto o el cierre del programa.

Estos movimientos accidentalmente generan distorsiones en los modelos obtenidos, perdiendo exactitud en la captura y retrasos en procesos de recalibración o en la posterior edición del modelo obtenido.

Los métodos de fijación son siempre soluciones improvisadas como se puede ver en la figura V-8 a,b,c. Para un objeto específico este proceso creativo toma tiempo y suele llevar a capturas deficientes.



**Figura V-8: Solución para fijar la pieza / a: Incorporación de vínculos de soportes por soldadura / b: Levantamiento de la pieza en soporte de MDF, donde encajaron los vínculos / c: La solución permitió capturar toda la geometría sin mover la pieza.**

#### V.4.1.4.- Captura

El digitalizador se utiliza del mismo modo que el ratón en Rhino, Cuando sea necesario generar un punto, curvas, polilíneas o cualquier combinación entre los mismos se puede introducir con el ratón, escribiendo las coordenadas o con el digitalizador. La interfase análoga al clic del ratón se produce a través de un pedal, el cual se mantiene presionado al momento de trazar.

En la siguiente figura V-9 a,b,c se puede visualizar los dos procesos utilizados para la captura de esta geometría y el traspaso de una forma tangible a un modelo virtual.

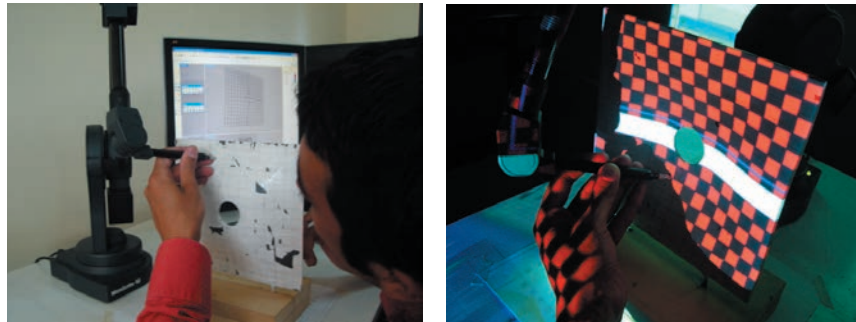


Figura V-9 a,b: Proceso de captura 3D / a: Trazado tangible / b: Trazado virtual

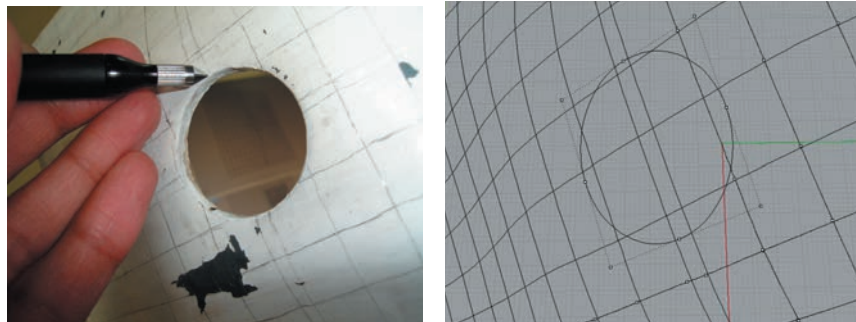
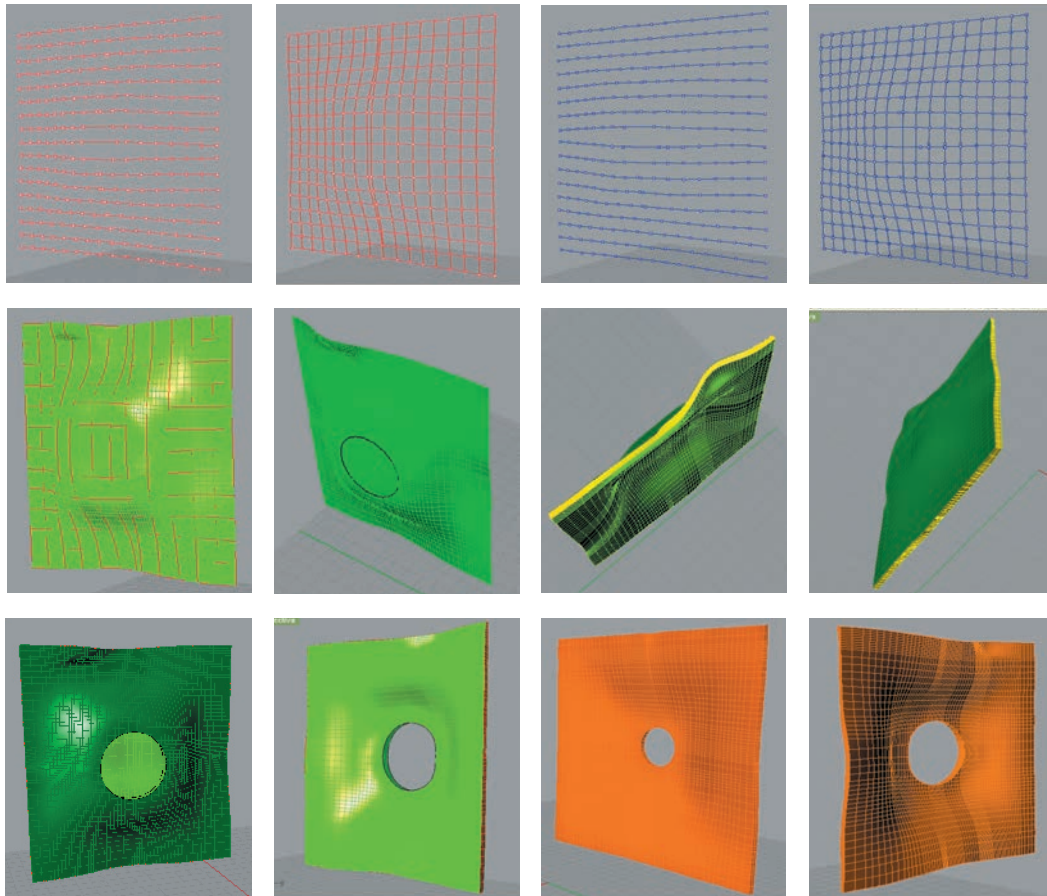


Figura V-9c: Traspaso de geometría real a virtual

### V.4.1.5.- Edición de la información

Después de conseguir esta base de curvas se continua modelando en Rhino. En este Software se crear el modelo a través de curvas y superficies NURBS, más que por segmentos de línea o mallas poligonales. Rhino utiliza superficies NURBS de forma libre para representar con precisión curvas, incluso formas curvas con agujeros. Luego un modelado de sólidos (superficies unidas en sus bordes) con superficies, para que el modelo se pueda descomponer, editar y volver a unir de nuevo. Este desarrollo se puede observar en la siguiente figura V-10 a,b,c.

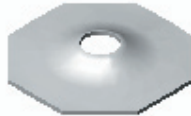
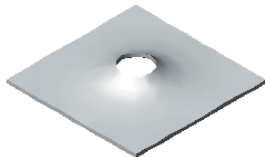




**Figura V-10 a.b.c:** Generación de modelo Sólido / a:Captura de Polilíneas en superficies, frontal y posterior / b:Edición de superficies en Rhino / c: Perforación y obtención de modelo sólido.

### V.4.1.6.- Análisis y calibración de los modelos

Una vez obtenido los modelos se realizó una calibración, empleando un programa CAD, se revisa si las superficies del modelo 3D muestran continuidad, es decir, si se respeta la tangencia y la curvatura de las mismas.

También se verificaron las dimensiones en espesores, largos, anchos y volúmenes de las piezas. En esta última se compararon los volúmenes las planchas ensayadas experimentalmente con las planchas obtenidas por modelado tradicional y por el nuevo método de captura. Estos resultados se pueden apreciar en la Figura V-11.

Plancha	Volumen Real (cm <sup>3</sup> )	Volumen Virtual (cm <sup>3</sup> )	Error %	Imagen
<b>Hardware LVDT - Software Autocad 2004</b>				
Oct150	68.07	68.84	1.13	
Pla200	152.23	156.34	2.70	
Pla150	84.47	86.26	2.12	
<b>Hardware MicroscribeG2 - Software Rhinoceros 3.0</b>				
Pir150	93.41	92.9	0.54	
Pir200	170.29	170.04	0.14	

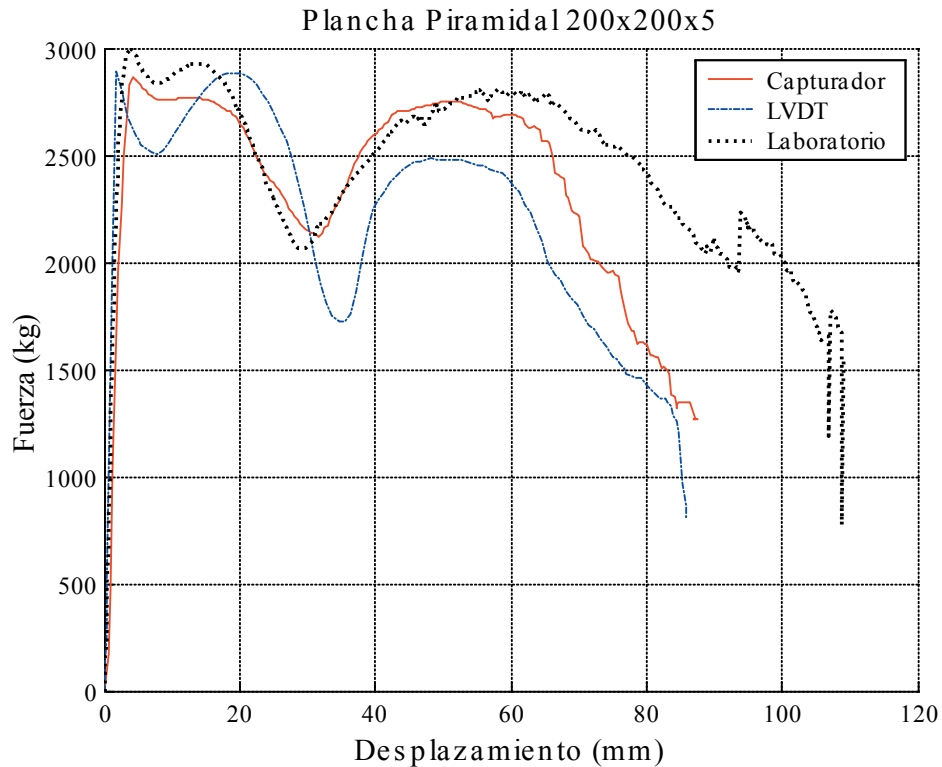
**Figura V-11:Tabla Calibración de volumen promedio para cada plancha.**

## Experimentación

La diferencia de utilizar esta tecnología de captación se apreció al realizar un corte transversal en la plancha, donde se observó la variación que se produce su espesor, producto del proceso de estampado al que fue sometida.

Una vez que se tuvo el modelo calibrado en todas sus componentes: geometría y propiedades mecánicas. Se procedió con el análisis de cada una de las planchas mediante elementos finitos.

De esta forma, se compararon los resultados obtenidos mediante ambos métodos con mayor precisión. Ya que teníamos como base los resultados de la experimentación en laboratorio. Los resultados son visibles en la figura V-12.



**Figura V-12: Grafico resultados de los ensayos de elementos finitos**

### V.5.- Conclusiones

Luego de realizar este proceso de experimentación con nuevas tecnologías, se puede apreciar el gran potencial que están aportando al desarrollo de proyectos, ya sea en el ámbito del Diseño o la Ingeniería.

La exactitud de los modelos es un factor fundamental para el análisis estructural de formas geométricas, ya que pequeñas modificaciones nos conducen a variaciones relevantes en los resultados. Es por ello que necesitamos generar modelos que logren el mayor acercamiento a la realidad.

Los modelos obtenidos por captura de geometría entregaron resultados muy eficientes y con mayor precisión, en relación con los generados por el modelado tradicional.

En la utilización de la herramienta se pudo descubrir deficiencias que nos llevan a la desvirtuación de esta preciada realidad. Estos problemas no se pueden descubrir cuando generamos modelos para la representación gráfica de alguna idea, solo se pueden manifestar si los utilizamos para integrarlos al ciclo de diseño industria, es aquí donde son analizados por un equipo interdisciplinario de profesionales, los valoran formas medibles, para entregarnos resultados confiables.

Al ser herramientas que recién comenzamos a descubrir se generan nuevas problemáticas al momento de su utilización, estas son un desafío poder resolver.

Los detalles de los problemas surgidos en el proceso de experimentación, los nuevos requerimientos de uso de esta herramienta y el desarrollo formal de la solución, serán incluidos en el anexo de esta tesis.

# DEFINICIÓN DEL PROYECTO

### VI.1.- Problemática

El Problema es la falta de herramientas simples que comprometan amigablemente al diseñador con el uso de las actuales tecnologías para el acto de diseñar.

Es aquí donde existe la oportunidad de proyectar, una nueva visión para mejorar nuestra calidad de vida desde una matriz que explora la humanidad del diseño, extendiendo nuestras capacidades y destrezas al momento de analizar y transferir la tridimensionalidad de un objeto a un formato digital.

## VI.2.- Propuesta

La acelerada evolución de las actuales tecnologías es la señal de una sociedad que se comunica e informa a partir del uso de estas.

Es por ello que la propuesta surge como una oportunidad de generar herramientas en apoyo a los nuevos métodos para captura de geometría digital, en particular mediante el hardware MicroScribeG2. Es decir, desarrollar a partir del diseño una herramienta, que comprometa amigablemente al diseñador en la apropiación y uso de estos nuevos medios tecnológicos, convirtiéndolos en un puente entre la técnica tradicional y sistemas de diseño asistidos por computadora. Ya que como disciplina necesitamos de estímulos que nos permitan mejorar nuestro desempeño humano.

El concepto central creativo lo defino como:

**“la captura de < libertad y exactitud >  
el enlace entre tangible y virtual”.**

Para que nuestros diseños se conviertan en grandes productos, las herramientas deben proporcionar la libertad y la exactitud a la captura de estos.

### **VI.3.- Objetivo General**

Convertir la tecnología de la información en un motor de competitividad e innovación en el proceso de diseño y fabricación de nuestros productos haciendo accesible y amigable el uso de la tecnología en el accionar cotidiano del diseño.

### **VI.4.- Objetivos Específicos**

Aumentar la calidad, productividad y competitividad de nuestros productos mediante la aplicación de procesos tecnológicos en el desarrollo de los mismos.

Proporcionar mayor expansión de las capacidades humanas, permitiendo desplegar y no reemplazar nuestras capacidades.

Proporcionar la libertad y la exactitud a la captura nuestros diseños.

Facilitar el diseño impregnado de innovación por el aporte de nuevas tecnologías.

## Referencias

- Pablo Prieto. (2005). The investigation of a new CAD support system for early form design developments. Thesis for degree Doctor of Philosophy. School of Engineering and Design Brunel University, London.
- Miguel Palape (2007). Comportamiento de placas de acero empleadas para el apertado de túneles en roca. Tesis para optar a grado de Magíster en Ingeniería. Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago de Chile.
- Salvador Capuz. (2000). Introducción al proyecto de producción – Ingeniería concurrente para el diseño de productos. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales. Universidad Politécnica de Valencia, España.
- M. Helander – M. Nagamachi. (1999). Design for Manufacturability. Department of Industrial Engineering State University of New York at Buffalo - Department of Industrial Engineering Hiroshima University, Japan.
- Manual del Usuario Auto Cad 2004. AUTODESK, INC. (2004) y DISCREET TM. (2000) 3D STUDIOMAX Disponible en: <http://www.3dmax.com/referenciaenlinea> y <http://www.discreet.com/products/3dsmax/>
- User`s Manual PICZA 3D Laser Scanner Roland LPX-250. Roland DG Corporation (2000). [www.rolanddga.com](http://www.rolanddga.com), [www.roland3d.com](http://www.roland3d.com).
- User`s Guide MicroScribe 3D. Desktop Digitalizing (2000), [www.immerssion.com](http://www.immerssion.com) - [www.microscribe.com](http://www.microscribe.com).
- Manual del usuario Rhinoceros, NURBS modeling for Windows Version 3.0 (2002). [www.rhino3d.com](http://www.rhino3d.com)
- ANSYS, INC. (2005) ANSYS Multiphysics (10.0) [Programa de Computador]. Estados Unidos Ansys Inc.