UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA

VALPARAÍSO – CHILE

“RELEVANCIA DEL ÁREA DE GRÁFICA Y DISEÑO DE UNA EMPRESA MANUFACTURERA”

NICOLÁS JAVIER VÁSQUEZ CHEPILLOS

MEMORIA DE TITULACIÓN PARA OPTAR AL TÍTULO DE:

INGENIERO CIVIL MECÁNICO

PROFESOR GUÍA: **Ing. RAFAEL MENA YANSSEN.**

PROFESOR CORREFERENTE: **Ing. RIMSKY ESPÍNDOLA ASTUDILLO.**

Mayo - 2019

RESUMEN

El presente trabajo de titulación consiste en un análisis del impacto de las áreas de Gráfica y Diseño que se encuentren en empresas del sector manufacturero. La idea es analizarlas en cuanto a su funcionalidad respecto a la fabricación.

Para comenzar se investigó sobre las diferentes metodologías de diseño que se aplican en las empresas del rubro metalmecánico, para posteriormente vincular la etapa de dibujo con el proceso de diseño.

Se investigó sobre el desarrollo del dibujo técnico para la confección de planos mecánicos, considerando las normativas aplicadas en las empresas. Luego, se describieron las tecnologías digitales actuales para poder definir el uso correcto de estas. Dentro de lo descrito se encuentra el CAD (Diseño asistido por computador), CAM (Manufactura asistida por computador) y CAE (Ingeniería asistida por computador). Con esto, se logró corroborar la alta importancia de la incorporación de las nuevas tecnologías en el proceso de diseño.

Se desarrolló una matriz de selección de tecnologías (softwares) que guiará a los usuarios del área de Gráfica y Diseño a elegir la mejor opción, considerando ciertas características. Esta matriz cuenta con diferentes aplicaciones CAD, CAM y CAE.

Se describió el desarrollo y la evolución en una oficina de Gráfica y Diseño de una empresa manufacturera. Además de describir la metodología utilizada comúnmente en la elaboración de planos de fabricación. Con este análisis se logró contextualizar el trabajo del área de Gráfica y Diseño, para posteriormente realizar un análisis más específico de su influencia.

Se desarrolló una propuesta de metodología de trabajo para la gestión de archivos, con el fin de reducir tiempos totales de trabajo.

Finalmente, se cuantificó el proceso simulando la implementación de una propuesta de sistematización, a través de indicadores de productividad y optimización (tiempos de fabricación). Junto con esto se establecieron y valorizaron indicadores económicos (costos de fabricación), demostrando que se pueden reducir los costos y tiempos al implementar ciertas mejoras.

ABSTRACT

The present title work consists of an analysis of the impact of the areas of Graphic and Design that are found in companies in the manufacturing sector. The idea is to analyze them in terms of their functionality with respect to manufacturing.

To begin with, we investigated the different design methodologies that are applied in companies in the metalworking sector, to later link the drawing stage with the design process.

The development of the technical drawing for the preparation of mechanical drawings was investigated, considering the regulations applied in the companies. Then, the current digital technologies were described to be able to define the correct use of these. Within the described is the CAD (Computer-Aided Design), CAM (Computer-Assisted Manufacturing) and CAE (Computer-Assisted Engineering). With this, it was possible to corroborate the high importance of the incorporation of new technologies in the design process.

A matrix of technology selection (softwares) was developed that will guide the users of the Graphic and Design area to choose the best option, considering certain characteristics. This matrix has different CAD, CAM and CAE applications.

The development and evolution in a Graphic and Design office of a manufacturing company was described. In addition to describing the methodology commonly used in the preparation of manufacturing drawings. With this analysis, the work of the Graphic and Design area was contextualized, to later perform a more specific analysis of its influence.

A proposal of work methodology for file management was developed, in order to reduce total work times.

Finally, the process was quantified by simulating the implementation of a systematization proposal, through productivity and optimization indicators (manufacturing times). Along with this, economic indicators (manufacturing costs) were established and valued, demonstrating that costs and times can be reduced by implementing certain improvements.

Contenido

RESUMEN ... 2
CAPÍTULO 1: PRESENTACIÓN DEL TEMA ... 6
Introducción ... 6
Objetivos ... 7
CAPÍTULO 2: DESARROLLO ... 8
Conceptos de Diseño (Proceso) ... 8
El Diseño como concepto ... 8
Etapas del diseño ... 9
Criterios para el proyecto de diseño ... 10
Métodos de diseño ... 10
Diseño para la Manufactura ... 11
Dibujo y planos de fabricación ... 12
Antecedentes generales del rubro metalmecánico ... 20
Empresas del sector metalmecánico ... 20
Desarrollos en el área de dibujo ... 21
Historia del dibujo técnico ... 21
Normativa del dibujo técnico ... 28
Elementos de representación en planos ... 29
Tecnologías asociadas al Diseño en gráfica ... 40
Tecnologías a lo largo de la historia ... 40
Tecnologías de modelación 2D (bidimensional) ... 42
Tecnologías de modelación 3D (tridimensional) ... 44
Tecnologías asociadas a la simulación para ingeniería (CAE) ... 54
Últimas tecnologías vinculadas con la manufactura (CAM) ... 58
Beneficios por implementación de tecnologías CAD/CAM/CAE ... 63
Matriz de selección de herramientas CAD/CAM/CAE ... 64
Metodologías de Gráfica y Diseño aplicadas en una empresa manufacturera ... 67
Roles que existen en el área de Gráfica y Diseño ... 67
Propuesta de metodología de trabajo utilizada en el área de Gráfica y Diseño ... 68
Propuesta de metodología de trabajo para gestión de archivos ... 71

Impacto generado por el área de Gráfica y Diseño en tiempos y costos 75
Tiempos de trabajo del área de Gráfica y Diseño 75
Costos del área de Gráfica y Diseño 76
Propuesta de sistematización e indicadores económicos 78
CONCLUSIONES..... 86
BIBLIOGRAFÍA..... 88
ANEXOS..... 89
ANEXO A 89
ANEXO B 94

CAPÍTULO 1: PRESENTACIÓN DEL TEMA

Introducción

Las empresas del rubro metalmecánico se encargan de entregar soluciones de reparación y mantención de equipos procedentes de otras compañías, ya sean mineras, de la industria de procesos o fábricas. Estas empresas se caracterizan por entregarle al cliente la posibilidad de menor tiempo de espera y menores costos, en comparación a empresas de mayor envergadura o a los mismos proveedores de los equipos.

Existe una búsqueda constante de mejoras en los niveles de productividad y competitividad en el rubro, con la finalidad de elevar la calidad y el valor agregado de los productos finales fabricados. Aunque estas empresas cumplen a cabalidad los requerimientos del cliente principal, poseen una gran debilidad en el área de diseño, la cual se encarga de la traducción de lo que requiere el cliente, y lo da a entender a la sección de producción o mecanizado.

Dentro de este tipo de empresas se encuentra el área de Gráfica y Diseño, la cual tiene como finalidad representar las ideas propuestas en cada fase del diseño. Es importante considerar que desde el área de Dibujo se obtienen los planos, con geometrías y dimensiones, para el posterior mecanizado de las piezas. Los planos transmiten la información a la sección de mecanizado.

Es por lo dicho anteriormente, que el presente trabajo busca ofrecer un análisis de la relevancia del funcionamiento del área de Gráfica y Diseño en una empresa manufacturera metalmecánica, las posibles mejoras en esta sección, y los resultados tanto cualitativos como cuantitativos producidos en el proceso de fabricación, demostrando que esta área afecta de gran manera en el producto final y en el proceso de fabricación de este.

Es de esperar que con este análisis se pueda ayudar a cualquier usuario que requiera del ordenamiento, y que busque eficiencia del área de Gráfica y Diseño.

Objetivos

1. Objetivo general

El objetivo general del presente informe consiste en analizar y evaluar el impacto de las áreas de Gráfica y Diseño en una empresa del sector manufacturero, específicamente en la funcionalidad de la fabricación y proponer un marco o metodología de trabajo y archivo, utilizando las mejores prácticas y softwares.

2. Objetivos específicos

Los objetivos específicos del presente trabajo son:

- Investigar las metodologías y evolución del diseño aplicadas en empresas manufactureras.
- Recopilar información del desarrollo y tecnologías asociadas a la gráfica, desde una mirada industrial.
- Describir la evolución a través del tiempo, del área de Gráfica y Diseño de una empresa manufacturera.
- Analizar el impacto que genera el área de Gráfica y Diseño en la cadena de valor (tiempos y costos de fabricación) de una empresa del rubro manufacturero.
- Proponer una metodología de trabajo para el manejo de archivos en el área.
- Generar una propuesta de sistematización con indicadores (KPI) de productividad y optimización.
- Valorizar la propuesta y generar indicadores económicos.

CAPÍTULO 2: DESARROLLO

Conceptos de Diseño (Proceso)

El Diseño como concepto

Según las distintas definiciones encontradas en el diccionario de la Real Academia Española, el diseño es una *"concepción original de un objeto u obra destinados a la producción en serie"*. Sin embargo, esta es una definición global, aplicable a todo ámbito profesional, ya sea en la industria, medicina, educación o cualquier tarea que se necesite cumplir. Para este caso, el concepto de diseño mecánico tomará más importancia, ya que es el que se aplica en la industria mecánica, con la finalidad de obtener soluciones eficientes y eficaces a los requerimientos y restricciones establecidas. El resultado esperado es el producto final que cumpla con lo mencionado.

El proceso de diseño mecánico implica la obtención de geometría, dimensionamiento, material y funcionalidad de una máquina o pieza, con el fin de cumplir con los requerimientos establecidos. Este proceso puede ser complejo, puesto que en el mundo real existen incertezas y los requerimientos son cambiantes, esto produce que no exista una sola solución. Además, este proceso es iterativo, cíclico e innovador, que involucra una constante toma de decisiones, puesto que, en algunos casos, no existe la cantidad de información necesaria o existe demasiada información.

El diseño requiere de la intervención de distintas disciplinas, por lo que la comunicación se hace importante, al igual que la utilización de las herramientas de ingeniería para fabricar un producto funcional, seguro y atractivo.

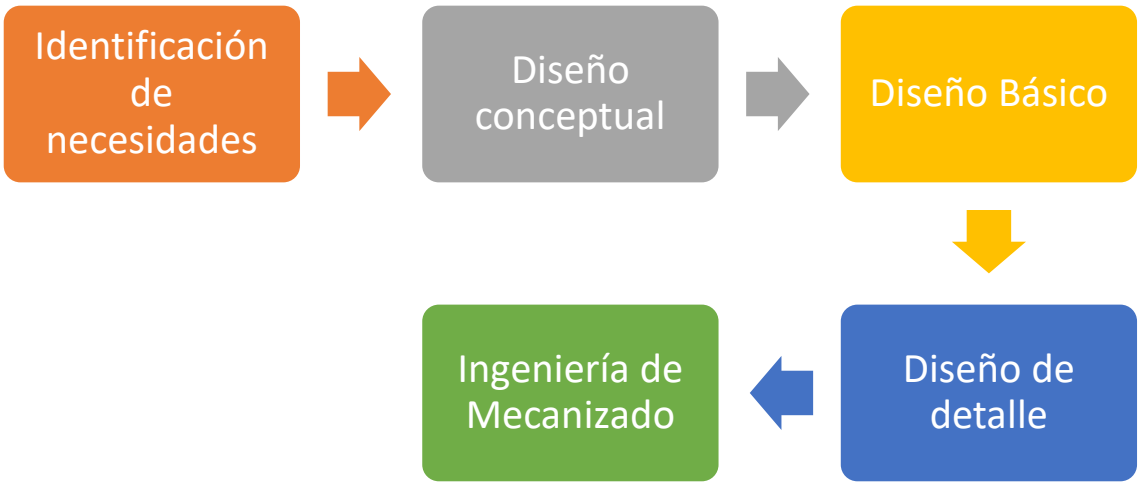
En la ingeniería mecánica, existen diversas áreas involucradas en el diseño, como lo son: la mecánica de materiales, procesos de manufactura, mecánica de fluidos, termodinámica, transferencia de calor, y el dibujo técnico. Éste último será el objeto analizado para la conclusión del informe.

Como todo proceso, el diseño cuenta con distintas fases para lograr el objetivo final. Es por esto que a continuación se describirán las fases del diseño.

Etapas del diseño

El proceso de diseño consta de distintas etapas, comenzando con la identificación del problema o necesidad, y finalizando con el producto realizado para satisfacer las necesidades identificadas.

A continuación, se muestra una figura con las distintas fases del diseño:



Las etapas mostradas se pueden describir en los siguientes puntos:

1. **Identificación de problemas o necesidades:**
   En esta etapa se identifican las oportunidades y necesidades para el diseño de un producto, como un proyecto.
2. **Ingeniería de diseño Conceptual y estudios preliminares:**
   En esta etapa se realizan los estudios y cálculos preliminares, en la cual se da importancia a los aspectos generales. Se estructura la funcionalidad, atributos y principios básicos para su funcionamiento.
3. **Diseño Básico:**
   Es así como el diseño toma relevancia, ya que es en esta etapa en donde se establecen las primeras líneas o bocetos (dimensiones generales) del producto, construyendo los primeros planos de fabricación.

4. **Diseño de Detalle:**

   En esta etapa se definen los materiales, especificaciones técnicas, selección de equipos normalizados, y la disposición de ellos. Al tener la disposición especificada, ya es posible generar planos de fabricación que contengan mayor información, donde se establecen las tolerancias de montaje (representadas en cada plano). Con esto, se sabrá qué piezas deberán fabricarse y cuáles no. Se da confirmación de los equipos a comprar y los que serán fabricados.

5. **Ingeniería de mecanizado:**

   En esta etapa se produce el vínculo entre lo diseñado y plasmado en papel, con lo que se mecanizará en el área de producción. Se definen los procesos de mecanizado para cada pieza.

Criterios para el proyecto de diseño

Al diseñar, se espera el cumplimiento de diversos criterios o requisitos, para obtener el mejor producto. Estos se mencionan a continuación:

- Requisitos funcionales: Qué debe hacer el producto y cómo lo debe hacer.
- Requisitos operativos: Cómo se debe conseguir el producto.
- Requisitos comerciales: En qué mercado se insertará.
- Restricciones: Limitaciones que se tienen en cuenta en el proceso de diseño.

Métodos de diseño

Existen diversos métodos de diseño que giran en torno a distintos conceptos, como es el caso del análisis funcional, enlace contacto y esquemas de flujos, utilizados cuando el producto *existe* y se basan en la demolición o destrucción del producto. Otro es el caso cuando el producto *no existe*, basándose en la construcción, utilizando los métodos de arborescencia funcional, matrices de descubrimiento, métodos creativos heurísticos, etc. Finalmente, la evaluación o decisión, la cual utiliza los métodos de tablas de valoración y decisión, basándose en los principios de funcionamiento.

Las herramientas principales utilizadas en estos métodos son:

- Análisis funcional del producto basado en la función de utilidad y funciones de fabricación. Utilizado para el método QFD (Despliegue de función de calidad).
- Matriz morfológica.
- Tablas de clasificación
- Análisis de valor
- Diseño para la manufactura
- Diseño para el ensamblaje
- Diseño para el Ciclo de vida

Estos métodos varían de acuerdo a su configuración y el énfasis que se da en cada sub etapa.

Diseño para la Manufactura

El diseño, además de las herramientas convencionales, de procesos de fabricación y selección de materiales, requiere de otras metodologías que permitan la reducción costos y mejoras en la calidad. Es por ello que se introduce el concepto de Diseño para la Manufactura (DFM), lo que corresponde a una metodología utilizada con el fin de fabricar piezas con facilidad, con una manufactura económica, mejora en la calidad y fácil de ensamblar.

Al igual que el diseño convencional, se deben tener en cuenta los requerimientos del producto respecto a la función, material y facilidad de mecanizado.

El DFM es considerado como un grupo de técnicas, herramientas y métodos para mejorar la fabricación de piezas y partes, analizando las tolerancias y conveniencia para el ensamble a mano o automático. Utiliza diferentes herramientas, como lo son: planos, especificaciones y opciones de diseño.

Para aplicar DFM, se deben considerar los siguientes elementos:

1. Estimar costos de manufactura
2. Reducir costos de los componentes
3. Reducir el costo del ensamble

4. Reducir costos de producción
5. Considerar el impacto del Diseño para la Manufactura sobre otros parámetros.

Esta metodología será considerada como una de las alternativas a implementar, ya que contiene una serie de herramientas que facilitarán el manejo del área de gráfica y diseño.

Dibujo y planos de fabricación

Una herramienta importante dentro del proceso de diseño, es el dibujo, definido como la representación de objetos o cosas a través de elementos geométricos, tales como puntos, líneas y dimensiones. El concepto "dibujo" (según la normativa DIN 199) sirve como nombre colectivo o en combinación con otras palabras para denominar documentos de dibujo según clase de confección, del contenido o de la finalidad.

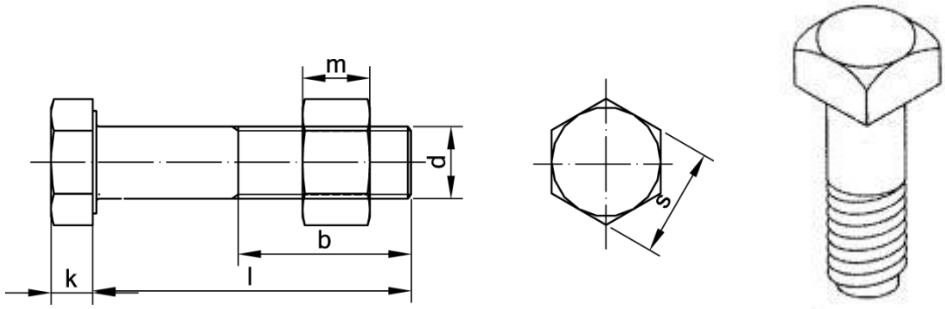
En este caso, se hablará de ***dibujo técnico***, que hace referencia a una representación a escala con vistas, cortes e información necesaria de una pieza o ensamblaje mecánico. El propósito del dibujo técnico es entregar información necesaria para facilitar el análisis y diseño de distintos objetos, relacionados con diversas disciplinas (mecánica, arquitectura, electricidad, etc).

Según la finalidad del dibujo se pueden encontrar los siguientes conceptos:

- **Dibujo de proyecto:** utilizado para proyectos o anteproyectos.
- **Dibujo de formación:** para la formación exterior de un producto.
- **Dibujo de fabricación:** para la fabricación con todas las indicaciones obligatorias para la misma. Puede servir como patrón o plantilla, o para desmontaje y reparación. También denominado dibujo de pieza normal.
- **Dibujo colectivo:** para representación de tamaños diferentes de partes homogéneas o de grupos sencillos en una hoja.
- **Dibujo complementario:** utilizado para ser complemento de otro dibujo, para economizar representaciones repetidas.
- **Dibujo de estudio:** utilizado para estudio de problemas cinemáticos, o dibujos de disposición de varias partes.
- **Dibujo de estática:** utilizado para el cálculo estático.

- **Dibujo de oferta:** utilizado como aclaración de una contratación o para entrega de una oferta.
- **Dibujo de pedido:** utilizado como base para un pedido.
- **Dibujo de autorización:** utilizado para obtener la autorización para una forma de construcción.
- **Dibujo de suministro:** documento técnico sobre el suministro.
- **Dibujo de recepción:** utilizado para señalar medidas, importantes para la recepción.
- **Dibujo de expedición:** utilizado para entregar las indicaciones necesarias para la expedición o transporte de partes o productos grandes.
- **Dibujo de medio de fabricación:** utilizado para un medio de fabricación necesario para la ejecución de un producto determinado.
- **Dibujo de cimentación:** utilizado para la ejecución de cimentación, con indicaciones para el montaje de un producto.
- **Dibujo de instalación:** contiene las indicaciones para la instalación de un producto o de una serie de productos (máquinas), también denominado como plano de instalación.
- **Dibujo de embalaje:** utilizado para el embalaje de un producto.
- **Dibujo de dictamen:** utilizado como parte integrante de un dictamen.
- **Dibujo de patente - modelo registrado:** utilizado para notificación de patente o para notificación de modelo registrado.
- **Dibujo de cliché:** utilizado para transmitir una figura a un cliché o a una plancha de estereotipia.
- **Modelo de figura:** dibujo o fotografía para transmitir una figura a una diapositiva.

Luego, se puede definir el concepto de ***plano mecánico*** como la representación que muestra cómo corresponden los objetos en su posición o en relación con su función. El plano incluye dimensiones, tolerancias (respecto a otro elemento mecánico), e información necesaria para el mecanizado y posterior ensamblaje de la pieza. Esta es la herramienta característica del dibujo mecánico. Se debe incluir el concepto de ***proyección ortogonal*** que corresponde a la forma en que las líneas se distribuyen perpendicularmente respecto al plano o recta de proyección.



En las figuras previas, se puede notar la diferencia entre un dibujo o croquis y un plano, ya que en el plano se identifican las dimensiones principales para su fabricación, y en el dibujo solo se logra identificar la característica estética y externa (sin necesidad de respetar una normativa).

El plano en diseño final, de acuerdo a sus elementos constituyentes, puede ser:

- De conjunto: contiene un conjunto ensamblado, con todas sus piezas y elementos mecánicos. Además, lleva consigo el listado de piezas enumeradas.
- De despiece: contiene un conjunto explosionado, con las partes y piezas, indicando sus posiciones respecto de las otras.
- De componentes: contiene cada “sub-ensamblaje”, es decir, los ensambles de solo un grupo de piezas clasificadas por sección, para facilitar el entendimiento.
- De piezas individuales: contiene la información con las dimensiones necesarias de cada parte o pieza. Se utilizan para piezas a fabricar y para piezas comerciales con alguna modificación especial en sus dimensiones.

A continuación, se muestra una imagen de un plano de ensamblaje con sus elementos principales:

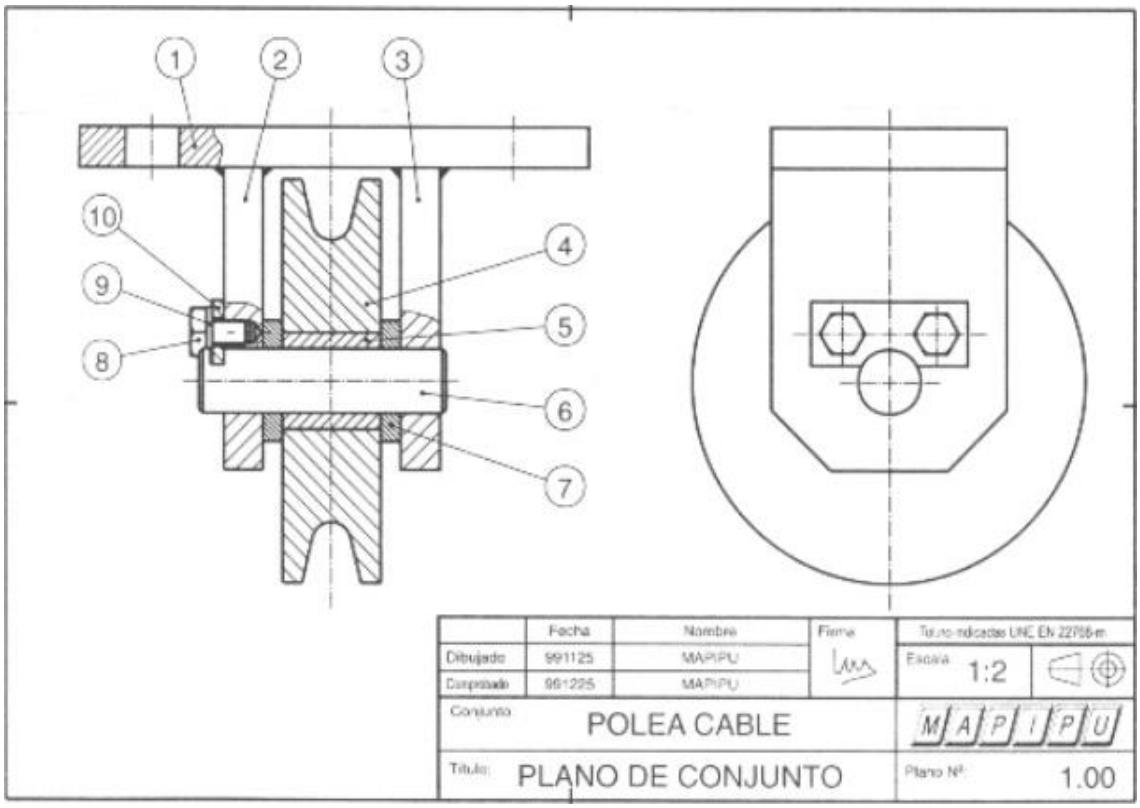


Ilustración 1: Plano de ensamblaje (Fuente: slidesharecdn.com/lecturadeplanosedilio/lectura-de-planos-mecnicos)

Los elementos que se pueden identificar en el plano anterior son:

- Rótulo
- Vista principal y lateral
- Números de indicación
- Escalamiento
- Normativa ISO para vistas
- NOTA: Puede indicar las dimensiones principales, para facilitar su transporte y montaje.

A continuación, se muestra una imagen de un plano de despiece con sus elementos principales:

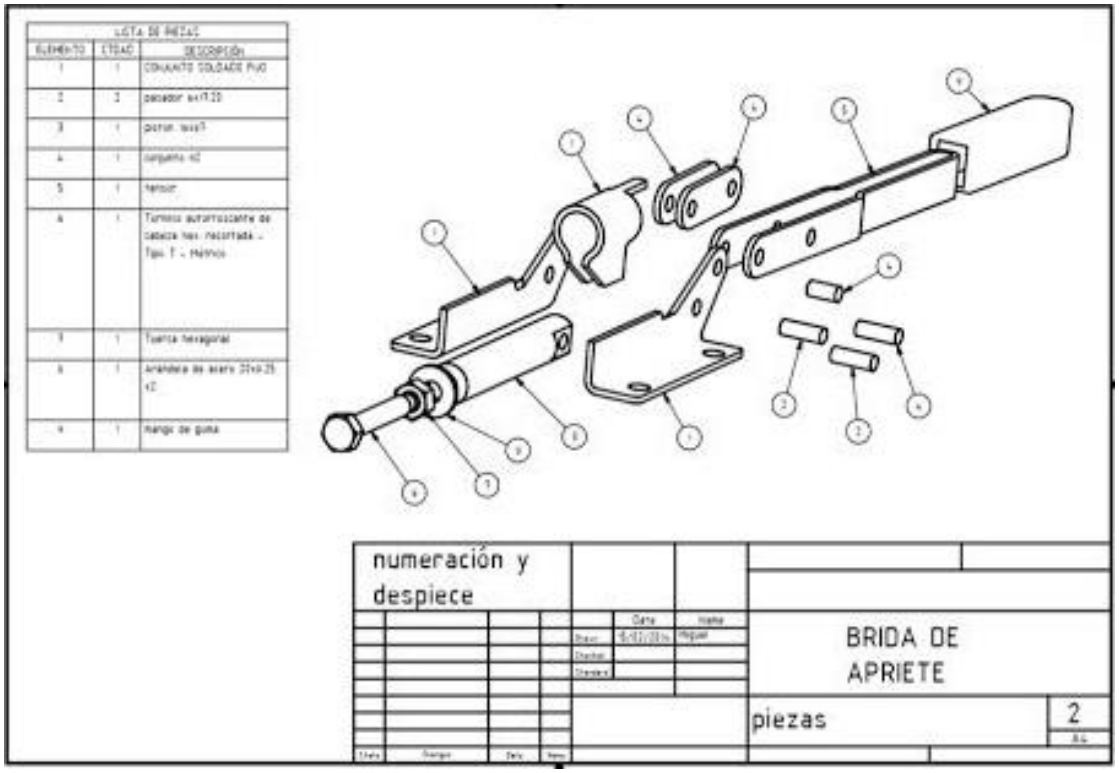


Ilustración 2: Plano de despiece (Fuente: Impresión de pantalla youtube.com)

Los elementos que se pueden identificar en el plano anterior son:

- Rótulo
- Despiece
- Números de indicación
- Lista de piezas
- Normativa ISO para vistas

A continuación, se muestra una imagen de un plano de componentes (o subensamblaje) con sus elementos principales:

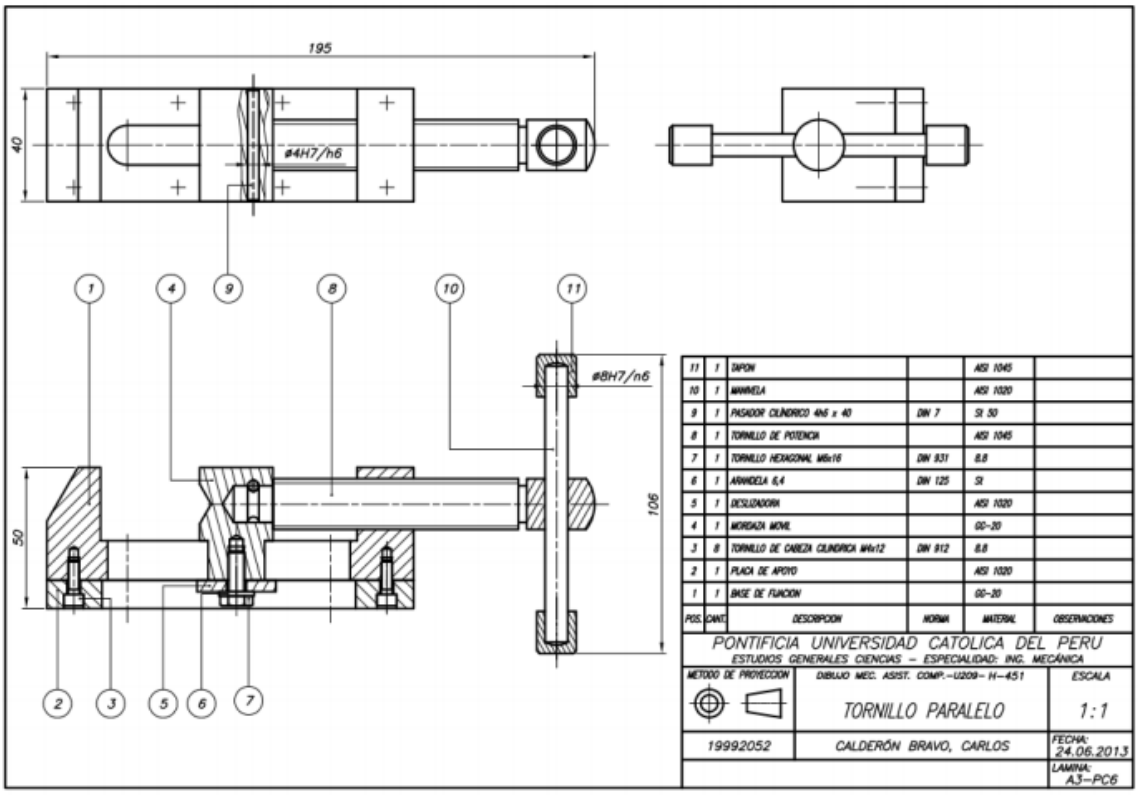


Ilustración 3: Plano de componentes o subensamblajes
(Fuente: slidesharecdn.com/lecturadeplanosedilio/lectura-de-planos-mecanicos)

Los elementos que se pueden identificar en el plano anterior son:

- Rótulo
- Escalamiento
- Números de indicación
- Lista de piezas
- Normativa ISO para vistas
- NOTA: Puede indicar las dimensiones principales, para facilitar su transporte y montaje.

A continuación, se muestra una imagen de un plano de una pieza a fabricar con sus elementos principales:

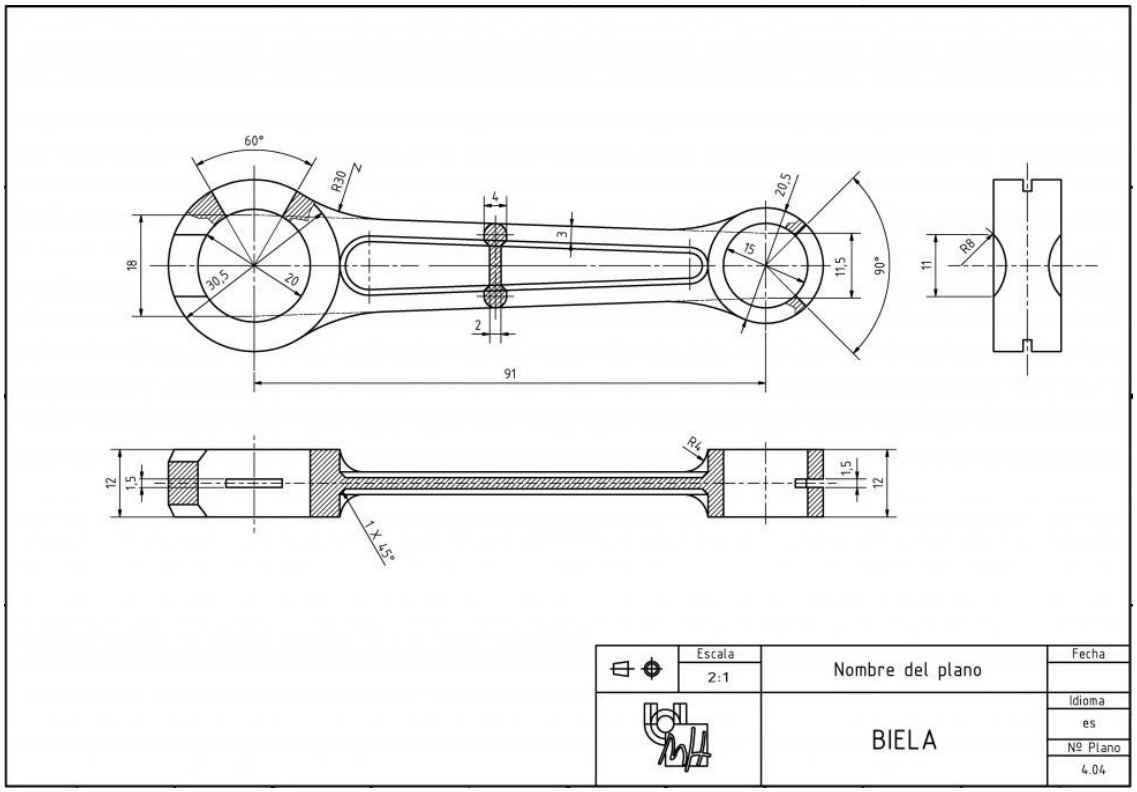


Ilustración 4: Plano de fabricación (Fuente: dibujotecnico.edu.umh.es)

Los elementos que se pueden identificar en el plano anterior son:

- Rótulo
- Vista principal, lateral y superior.
- Cotas de dimensionamiento
- Escalamiento
- Normativa ISO para vistas

De acuerdo a la forma física en que se representan los planos, se pueden encontrar:

- Plano en papel: En este caso, los planos son realizados en tableros o mesas. Son dibujados a mano por el dibujante proyectista, el cuál debe cumplir con la normativa de dibujo técnico correspondiente.

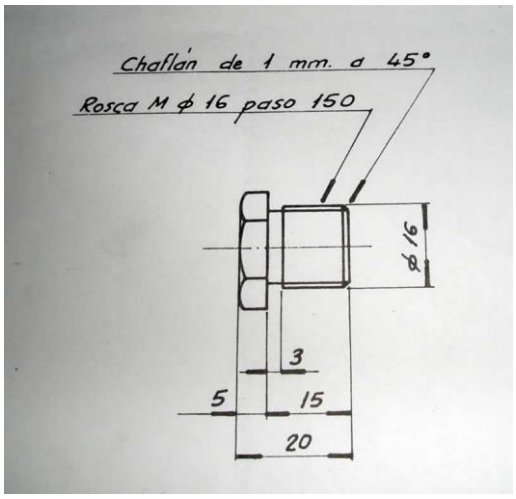


Ilustración 5: Plano en papel (Fuente: canalred.info)

- Plano electrónico: En este caso, se utilizan herramientas computacionales para el desarrollo de planos. Existen softwares comerciales utilizados en la mayor parte del rubro metalmecánico.

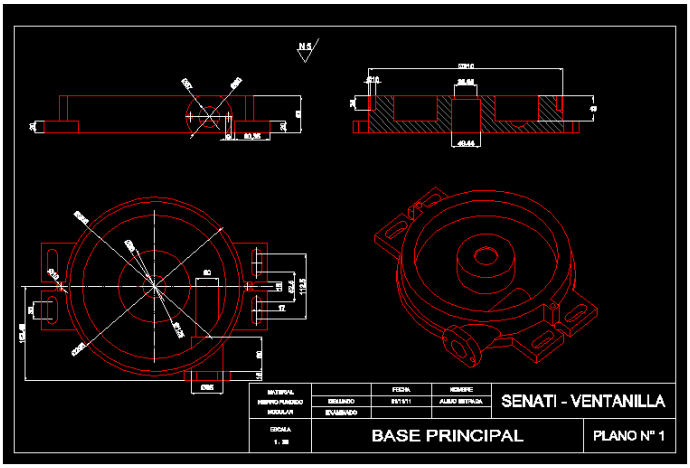


Ilustración 6: Plano digital (Fuente: planospara.com)

Antecedentes generales del rubro metalmecánico

Empresas del sector metalmecánico

El sector metalmecánico se vincula ampliamente con los otros sectores de la industria, ya que se encargan de proveer bienes de todo tipo: capital, intermedios y de consumo. Este sector realiza la transformación física o química de materiales o componentes, en nuevos productos. Los materiales utilizados por lo general son de carácter metálico, aunque en algunos casos, se requiere de la utilización de plásticos o desechos reciclables.

El fin principal del sector metalmecánico es construir y re-fabricar partes y piezas mecánicas que contribuirán a un producto final, en este caso, un sistema mecánico o una máquina. Para lograrlo, se instalan plantas o maestranzas, las cuales utilizan maquinarias y equipamientos de manipulación humana o con procesos automáticos.

De acuerdo a la Clasificación Industrial Internacional Uniforme de todas las actividades económicas (CIIU), el sector metalmecánico pertenece al grupo de la Industria Manufacturera, con la denominación de "Fabricación de Productos Metálicos, Maquinarias y Equipos". En esta se detallan las actividades principales realizadas:

- Fabricación de productos metálicos, excepto maquinarias y equipos.
- Construcción de maquinaria, exceptuando la eléctrica.
- Construcción de maquinaria, equipos y aparatos eléctricos.
- Construcción de material de transporte.
- Fabricación de equipos profesional y científico, instrumentos de medida y de control, de aparatos fotográficos e instrumentos de óptica.

Desarrollos en el área de dibujo

Historia del dibujo técnico

El dibujo tiene sus orígenes desde la época primitiva, en donde los hombres intentaban comunicarse a partir de pinturas o dibujos rupestres. Es por esto, que a través de la historia se han desarrollado diversos tipos de dibujo, como es el caso del dibujo artístico y posteriormente el dibujo técnico.

El dibujo técnico ha evolucionado a través de la historia, dependiendo de los procesos productivos, lo que implica que su definición se establece como un lenguaje utilizado en el ámbito de la técnica para representar y expresar ideas e información relevante para la materialización práctica.

El dibujo técnico es un nuevo lenguaje, por lo que es importante reconocer algunos conceptos, como ocurre con la gramática. Debe tener en cuenta dos aspectos relevantes, como lo son:

- Comprensión y representación de objetos dados.
- Conocimiento de la generación, representación y principales propiedades de las formas geométricas.

En la actualidad, el dibujo técnico (representado en 2D) se ha implementado en los softwares de computación, para facilitar el trabajo del dibujante. Luego para mejor representación, se ha incursionado en el modelo 3D, el que permite la entrada de cuerpos geométricos para representar con unidades de largo, ancho y profundidad, los elementos constituyentes de una pieza o un conjunto mecánico.

A pesar de que el dibujo técnico está íntimamente vinculado con la arquitectura, la mecánica ha utilizado este lenguaje para representar los trabajos de fabricación y ensamblaje de piezas.

El dibujo data desde la prehistoria considerando como primera representación la pintura rupestre. Esta se realizaba en techos y paredes de cuevas, con la finalidad de expresar la forma de vida del ser humano.

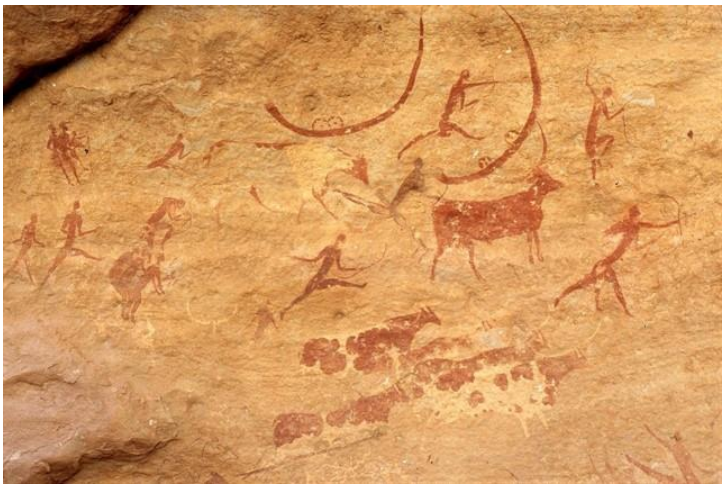


Ilustración 7: Dibujo en las cavernas (Fuente: europapress.es)

Posteriormente, junto con la aparición de las primeras civilizaciones, se encuentran las primeras pinturas a color realizadas en distintos materiales. Esto continuó durante la Edad Media para representar los hitos principales de las creencias religiosas, especialmente la religión católica.

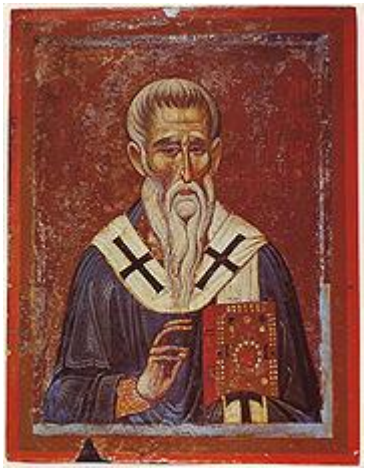


Ilustración 8: Dibujo de Edad Media – St Antipas (Fuente: wikimedia.org)

El desarrollo del dibujo logró su plenitud durante el Renacimiento, ya que aparecen los principales artistas (pintores, escultores, arquitectos) de la historia.

Ilustración 9: Dibujo renacentista – Mona Lisa (Fuente: wikimedia.org)

Por otro lado, la primera manifestación de dibujo técnico data del año 2450 aC, en un dibujo o boceto de construcción de la estatua de Gudea, rey sumerio, escultura llamada El arquitecto.

Ilustración 10: Estatua de Gudea (Fuente: wp.com)

Posteriormente, en el año 1650 aC se manifiesta el papiro de Ahmes, escrito en egipcio, en un papiro de 33 x 450 cm. En él se logra identificar una exposición de contenido geométrico.

Ilustración 11: Papiro de Ahmes (Fuente: agoramatesblog.files.wordpress.com).

Luego para el año 600 aC, se encuentra a Tales de Mileto, astrónomo griego, el cual proporcionó valiosa información de diversas propiedades geométricas. Al igual que Tales, Pitágoras incursionó en ciertos estudios para representar los primeros poliedros regulares: tetraedro, hexaedro y octaedro, aunque su aporte más importante es el Teorema de Pitágoras, el que dice que: la suma de los catetos al cuadrado, de un triángulo rectángulo, es igual al cuadrado de la hipotenusa.

Para el año 300 aC, se encuentra a Euclides quien establece un tratado de matemáticas de 13 volúmenes sobre materia: geometría plana y geometría del plano. Este tratado fue llamado “Elementos de Geometría”.

LOS SEIS LIBROS
PRIMEROS DELA GEOMETRIA
DE EVCLIDES.

Ilustración 12: Elementos de geometría. (Fuente: wikipedia.org/elementos-de-euclides)

Posteriormente, se desarrollan más herramientas de geometría plana y espacial, junto con la aparición de Arquímedes, introduciendo nuevas formas de medición el área de figuras curvas y el volumen de sólidos limitados por superficies curvas. Demostró el volumen de una esfera, y elaboró una forma de calcular una de las aproximaciones del número pi, y todos sus derivados, como es el caso del diámetro y circunferencia de un círculo.

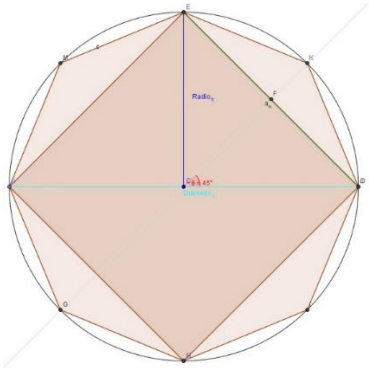


Ilustración 13: Aproximación de número pi. (Fuente: demostracinpy.files.wordpress.com)

Apolonio de Parga aportó en el estudio de curvas cónicas. Se debe destacar que las representaciones que datan de este período no poseen sensación de relieve y profundidad.

El dibujo sufre una renovación, durante la Edad Media, ya que comienza a vincularse con la construcción de edificios y con la fabricación de ciertas máquinas. Posterior a eso, en el renacimiento, aparecen los trabajos arquitectónicos de Brunelleschi relacionados con teoremas de la perspectiva. También, Alberto Durero quien presentó algunos tratados sobre las proporciones en la perspectiva, e introduce la perspectiva cónica.

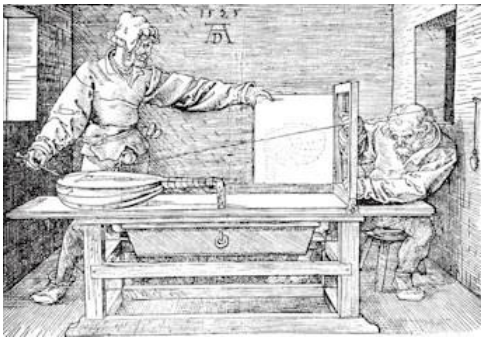


Ilustración 14: Durero y estudio de la perspectiva. (Fuente: arquimedes.matem.unam.mx)

Se debe destacar la aparición del ingeniero, inventor, pintor, escultor Leonardo da Vinci, quien vincula el dibujo técnico con la ingeniería mecánica, ya que se dedica a la construcción de diversos dispositivos y equipos mecánicos creados por él mismo.

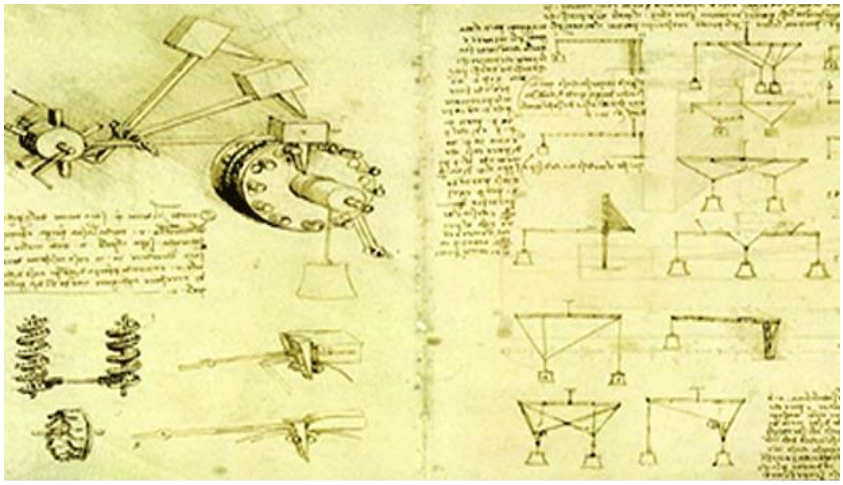


Ilustración 15: Dibujos mecánicos de Da Vinci. (Fuente: seas.es)

Luego, el dibujo comienza a tomar tintes matemáticos gracias al francés Gaspard Monge, quien contribuye a fundar la Escuela Politécnica, dando clases de geometría descriptiva. Este concepto se define como la geometría que permite representar sobre una superficie bidimensional, las superficies tridimensionales de los distintos objetos. Es aquí en donde se presentan diversos sistemas de representación, tales como la perspectiva cónica; sin embargo, el más importante es el sistema diédrico.

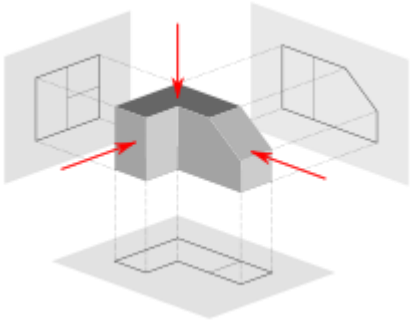


Ilustración 16: Sistema diédrico. (Fuente: upload.wikimedia.org)

Se introduce el concepto de infinito, gracias al francés Jean Poncellet, quien decía que dos rectas que se encuentran paralelas, se cruzarían en el infinito.

Por otra parte, para unificar la información entregada en los dibujos, se debió elaborar un conjunto de reglas y preceptos aplicables al diseño y fabricación de ciertos productos, lo que hoy se llama normalización. Al finalizar el siglo XIX, en plena Revolución Industrial, se comienza a aplicar el concepto de norma en la representación de planos y fabricación de piezas.

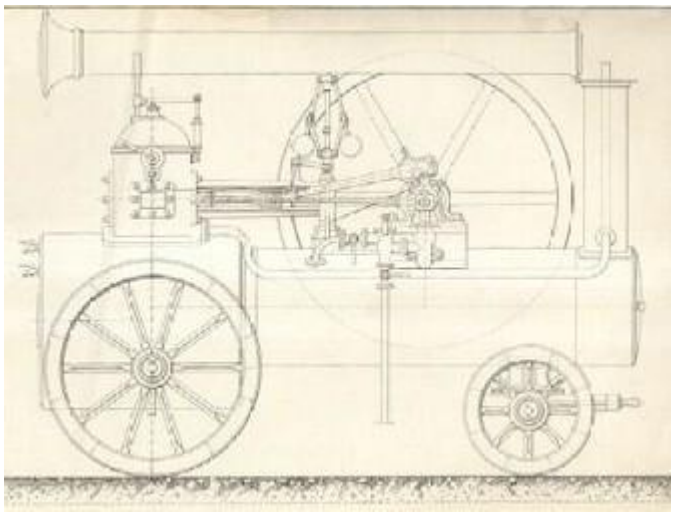


Ilustración 17: Plano de máquina de vapor. (Fuente: vaporfacil.galeon.com)

Finalizando, la proyección axonométrica, fue desarrollada por Willian Farish, la cual consiste en un sistema de representación gráfica, que permite la representación de objetos en proyección ortogonal, es decir, en los tres ejes del sistema coordenado.

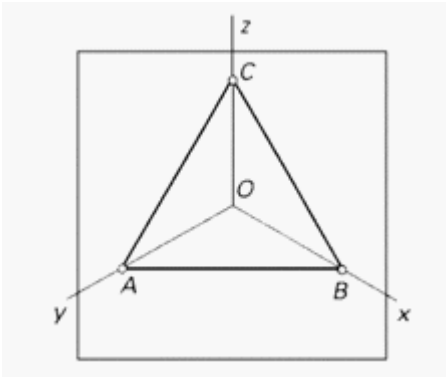


Ilustración 18: Proyección axonométrica. (Fuente: todomonografias.com)

Normativa del dibujo técnico

El dibujo técnico es un lenguaje universal utilizado en gran parte de las áreas de ingeniería. En este caso, se aplicará a la Ingeniería Mecánica, es decir, para la representación en planos de partes y conjuntos de equipos o máquinas.

Actualmente, existen muchas reglas o normas que rigen el dibujo técnico. Estas dependen del contexto, ya sea el lugar geográfico o la empresa en donde se elaboren los planos, puesto que esta última puede poseer normativas internas de dibujo.

Existen diversas instituciones que se encargan de aprobar o rechazar ciertas normas, como es el caso de la Norma Chilena (NCh). Otras instituciones que aprueban gran parte de las normas utilizadas en las empresas nacionales son la ISO (International Organization for Standarization), ASME (American Society of Mechanical Engineers) y DIN (Deutsches Institut für Normung, Instituto Alemán de Normalización). Además, existen normas de dibujo que podrían llegar a utilizarse como es el caso de la española (UNE, Instituto de Racionalización y Normalización), francesa (NF, Asociación Francesa de Normas), italiana (UNI, Ente Italiano de Normalización), etc.

A continuación, se describen las normas de dibujo más relevantes aplicadas en los planos de fabricación o montaje.

- Normas de tamaño y formato de papel: aplicadas al tamaño de la hoja en donde se disponen los dibujos. Además, considera los elementos que entregan información, tales como: lista de materiales, rótulo, revisiones, etc.
- Normas generales de dibujo: es aquí en donde se especifica la convención general de las líneas, de vistas, de cortes y secciones.
- Normas para tipo de línea: en estas normas se establece el grosor y disposición de las líneas y fuentes de los textos.
- Normas de Tolerancia y Dimensionamiento: se definen las especificaciones de la fuente, tamaño de línea y distancias de las cotas. Las cotas definen distancias o ángulos de las distintas aristas de una pieza.

Elementos de representación en planos

De acuerdo a las normas de dibujo, se deben considerar algunos elementos con gran relevancia en los planos, los cuales inciden en la entrega eficiente de información. El plano se puede dividir en secciones, de acuerdo a la función que estas cumplen, como por ejemplo:

- Representación del dibujo
- Información en rótulo
- Listado de piezas

La disposición del dibujo es muy importante, puesto que presenta gráficamente cómo va a quedar la pieza o el ensamblaje, las distancias necesarias para el mecanizado de la pieza, y las cotas generales de conjunto para posibilitar el transporte y montaje de éste. Dentro de los tipos de representación gráfica de piezas y conjuntos se tiene:

- Vistas principales, laterales y frontales: entregan la información general de la pieza, es decir, su largo, ancho, alto, y algunos elementos adicionales. Es posible observar las aristas principales y ocultas de la pieza, por lo mismo, a veces es necesario utilizar otras herramientas, ya que las aristas ocultas pueden "ensuciar" el dibujo.
- Vistas en corte o sección: a partir de lo dicho anteriormente, los dibujantes recurren a esta herramienta para presentar secciones internas de la pieza, o ensambles internos del conjunto. Con esto, es posible identificar perforaciones (con o sin rosca), profundidad de taladrado, soldaduras interiores; es decir, define todo lo que se encuentra en el interior de la pieza o conjunto.
- Detalles: esta herramienta se utiliza para definir partes de la pieza que no son fáciles de identificar con la vista general, o requieren de un mayor cuidado al mecanizar. Se logran identificar roscas, soldaduras, pernería, pequeños cortes en la pieza, etc.

Sin embargo, la información entregada por el dibujo no es suficiente por sí misma, por ende se requiere del rótulo, ubicado en la parte inferior del plano. A continuación se detallan los elementos constituyentes del rótulo:

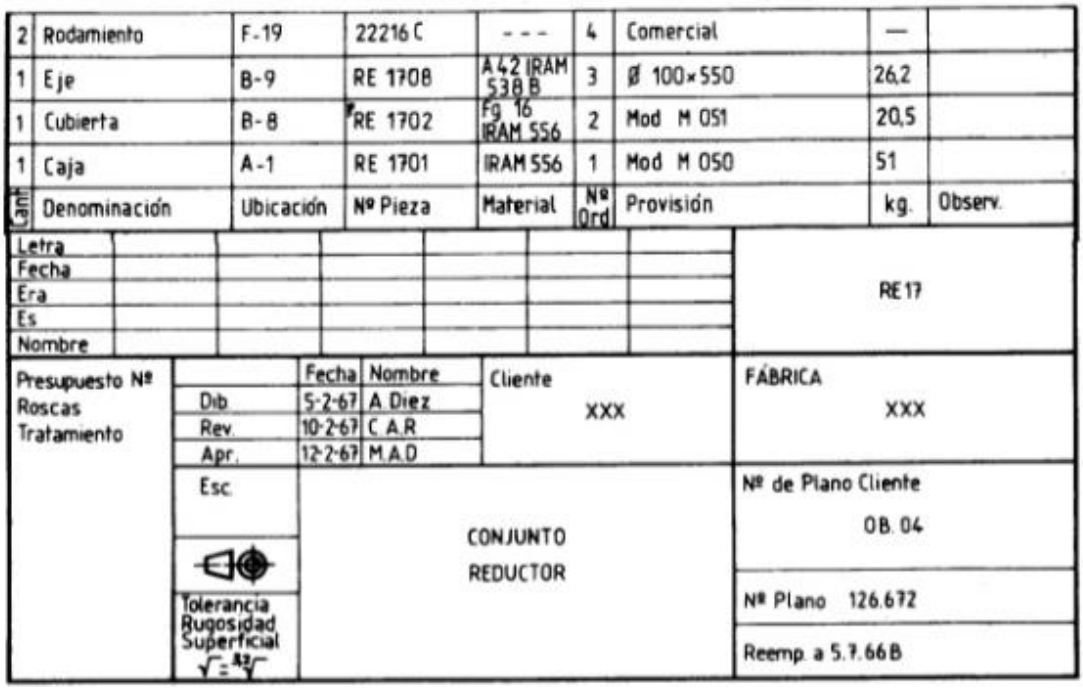
- Nombre de la pieza o conjunto
- Número de la pieza o conjunto

- Número del plano
- Responsables de revisión, aprobación y verificación.
- Escala de los elementos representados
- Material de la pieza
- Peso de la pieza o conjunto
- Fecha de emisión del plano
- Tamaño de la hoja
- Sistema de proyección utilizado
- Logotipo de la empresa
- Tolerancias

Otro elemento importante que se encuentra en planos de conjunto o subconjunto es el listado de piezas, el cual muestra la información de cada pieza ensamblada. Esta información se enlista a continuación:

- Nombre de la pieza
- Cantidad requerida de piezas
- Número de pieza, indicado en el conjunto.
- Material
- Observaciones

En la siguiente imagen se pueden identificar el rótulo (parte inferior) y el listado de piezas (tabla superior) de un conjunto.



Cant.	Denominación	Ubicación	Nº Pieza	Material	Nº Ord	Provisión	kg.	Observ.
2	Rodamiento	F-19	22216 C	- - -	4	Comercial	—	
1	Eje	B-9	RE 1708	A 42 IRAM 538 B	3	Ø 100×550	26,2	
1	Cubierta	B-8	RE 1702	Fg 16 IRAM 556	2	Mod M 051	20,5	
1	Caja	A-1	RE 1701	IRAM 556	1	Mod M 050	51	

Letra						RE 17
Fecha						
Era						
Es						
Nombre						

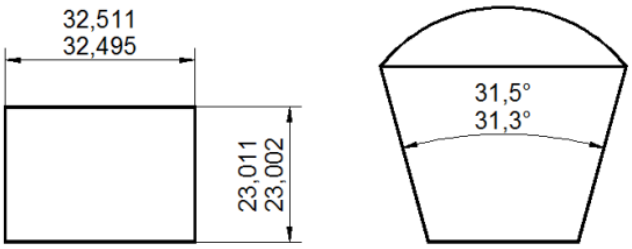
Presupuesto Nº Roscas Tratamiento		Fecha	Nombre	Cliente XXX	FÁBRICA XXX
	Dib	5-2-67	A. Diez		
	Rev.	10-2-67	C. A.R		
	Apr.	12-2-67	M.A.D		
	Esc.	CONJUNTO REDUCTOR			Nº de Plano Cliente OB. 04
	Tolerancia Rugosidad Superficial				Nº Plano 126.672
					Reemp. a 5.7.66 B

Ilustración 19: Rótulo y listado de piezas (Fuente: pt.slideshare.net)

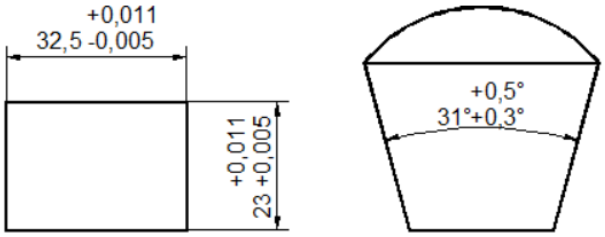
Otra información que se entrega en el plano es el dimensionamiento, el cual permite conocer los tamaños, longitudes y distancias en piezas o ensamblajes. Sin embargo, un problema común encontrado en el diseño de planos es el de la implementación de las tolerancias, puesto que son omitidas o el dibujante no sabe utilizarlas.

Los tipos de tolerancias existentes son: tolerancias dimensionales y tolerancias geométricas. Las primeras se utilizan para determinar un rango admisible en que se puede encontrar una dimensión, para que la pieza cumpla la función correctamente de acuerdo al diseño. Se definen los valores: DI (desviación inferior) y DS (desviación superior), utilizados con mayúscula para agujeros; y di (desviación inferior) y ds (desviación superior), con minúscula para referirse a ejes. Las segundas se utilizan para controlar la forma, la orientación, la localización y la oscilación en la geometría de una pieza a fabricar.

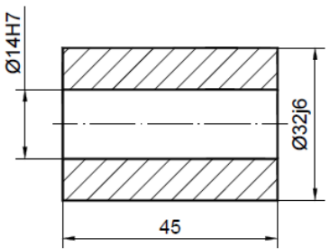
1. **Tolerancias dimensionales:** para su representación en el plano se pueden utilizar diferentes formas. A continuación, se muestran cada manera de encontrar una tolerancia dimensional.
    - **Valores límites de las medidas.** Es decir, se encontrará directamente el rango de medidas en el que se puede fabricar la pieza.



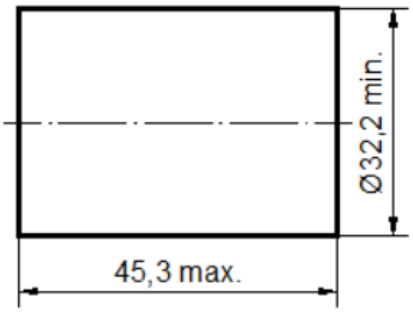
    - **Desviaciones de las medidas.** Es decir, se encontrarán las desviaciones (superior e inferior) al costado derecho de la medida nominal.



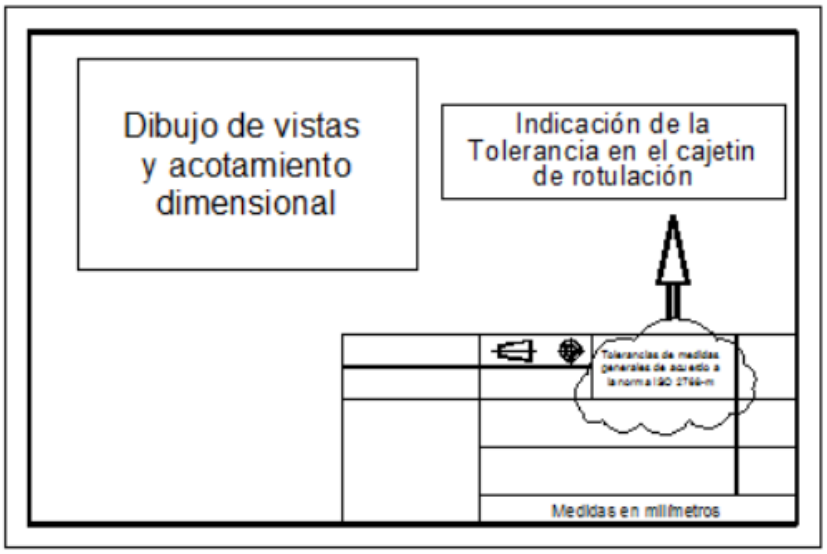
    - **Indicación utilizando la calidad y la clase de la tolerancia.** Es decir, se establece a través de letras mayúsculas y minúsculas, cuáles serán las desviaciones de la cota nominal. Es importante destacar el uso de letras mayúsculas para agujeros y letras minúsculas para ejes; estas letras señalan la clase o posición del eje o agujero respecto a la línea de referencia. El número que sigue a la letra es la calidad, lo que corresponde a un grupo de tolerancias normadas con un mismo grado de precisión para cualquier grupo de diámetros.



- **Indicación de límite máximo o mínimo.** Es decir, se establece el límite máximo o mínimo de la medida nominal.



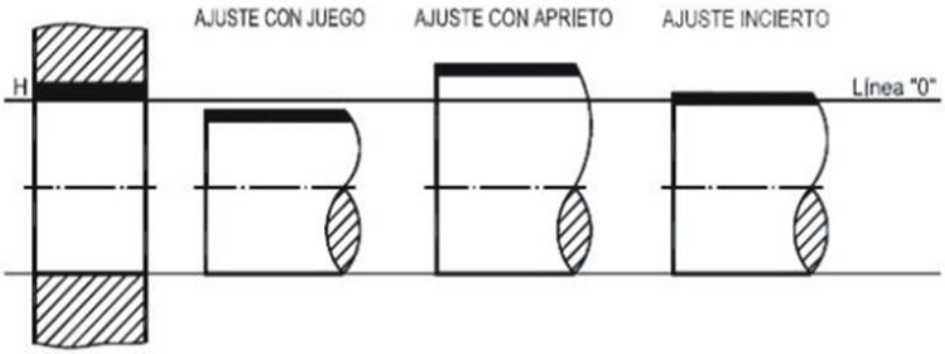
- **A través de una nota en el rótulo.** Es decir, se escribe la clase y la calidad en el rótulo de la pieza. Por lo general, es utilizado para elementos geométricos que no poseen gran criticidad en la fabricación de la pieza.



La tolerancia indicada con letras (agujero y eje) se relaciona con el concepto de ajuste. El ajuste es la forma en que dos piezas se ensamblan o acoplan, de la misma manera que un eje y un agujero. El ajuste también tiene relación con el juego entre piezas.

El ajuste se utiliza para diversas aplicaciones, por ejemplo, si se requiere el ensamblado de un rodamiento con un eje, es necesario insertar el eje a “presión” (con

apriete); o el otro caso, si se requiere la instalación de un cojinete con lubricación, se debe considerar un juego entre las piezas para la inyección del líquido lubricante.



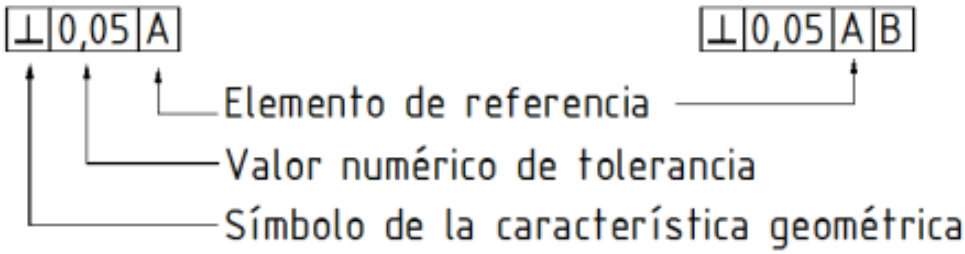
El ajuste se vincula íntimamente con la tolerancia dimensional, ya que con los límites superior e inferior, se puede determinar el apriete entre piezas o el juego que existirá.

2. **Tolerancias geométricas:** como se mencionó, las tolerancias geométricas controlan las variables geométricas de forma cualitativa. La simbología utilizada según normativa es las siguiente:

Tolerancia	Característica	Símbolo
Forma	Rectitud	—
	Planitud	⏥
	Redondez	○
	Cilindricidad	⌭
	Perfil de una línea	⌒
	Perfil de una superficie	⌓
Orientación	Paralelismo	//
	Perpendicularidad	⊥
	Angularidad	∠
	Perfil de una línea	⌒
	Perfil de una superficie	⌓
Localización	Posición	⌖
	Concentricidad (para dos centros)	◎
	Coaxialidad (para dos ejes)	
	Simetría	⌯
	Perfil de una línea	⌒
	Perfil de una superficie	⌓
Oscilación	Oscilación circular radial	↗
	Oscilación axial	⌰

Para indicar las tolerancias geométricas es necesario utilizar un cuadro de tolerancia, el cual lleva el símbolo, el valor numérico de esta, y a veces, elemento de referencia.

A continuación, se logra identificar la disposición de cada uno de los elementos mencionados en un cuadro de tolerancia.

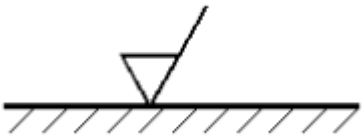


Como en algunos casos se requiere de una referencia, la forma de indicarla es:

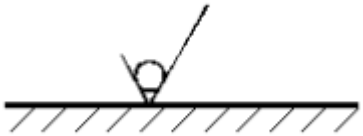
Además de los tipos de tolerancia mencionados, es importante señalar el acabado superficial en ciertas áreas de la pieza. Este es representado por diferentes símbolos que se muestran a continuación:

- Superficie obtenida por cualquier proceso de fabricación.

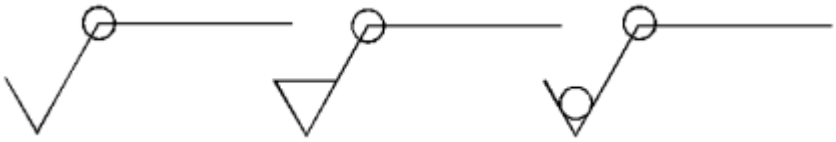
- Superficie obtenida por procesos de manufactura con arranque de viruta.



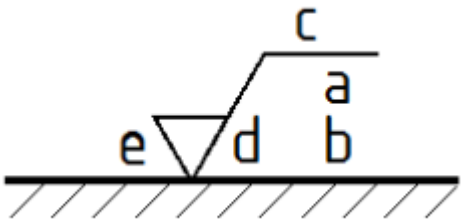
- Superficie obtenida por procesos de manufactura sin arranque de viruta.



- Para una calidad superficial igual para todas las superficies del contorno externo de la pieza. (Se agrega el círculo).

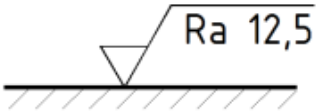


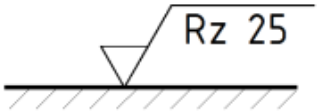
- Para entregar mayor información, se escriben algunas indicaciones utilizando los espacios señalados a continuación:



Se definen las funciones de cada letra indicada en la figura previa:

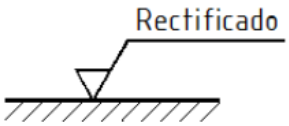
- **a:** indica un requisito individual de calidad superficial. Se representa a través de la desviación media aritmética de la rugosidad Ra, o la altura de la rugosidad de diez puntos Rz.



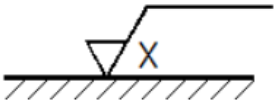


- **a y b:** utilizado para indicar más de un requisito de calidad superficial.

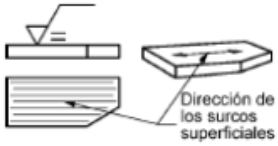
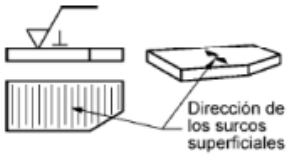
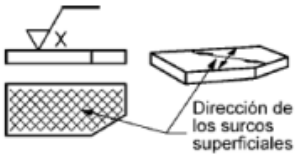
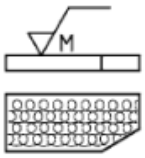
- **c:** indica en específico el método de fabricación, los tratamientos térmicos o recubrimientos.

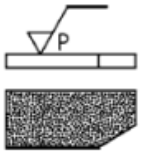


- **d:** utilizado para indicar surcos superficiales.

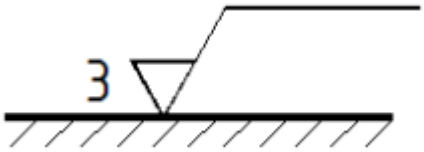


Existe una simbología especial para los surcos superficiales, de acuerdo a la normativa:

Símbolo grafico	Interpretación	Ejemplo
=	Paralelo al plano de la vista en el que se usa el símbolo.	
⊥	Perpendicular al plano de proyección de la vista en el que se usa el símbolo.	
X	Cruzado en dos direcciones oblicuas relativas al plano de proyección de la vista en la que se usa el símbolo.	
M	Multidireccional.	
C	Aproximadamente circular con respecto al centro de la superficie sobre la que se aplica el símbolo.	

Símbolo grafico	Interpretación	Ejemplo
R	Aproximadamente radial con respecto al centro de la superficie donde se aplica el símbolo.	
P	Los surcos superficiales son en particular, no direccionales o protuberantes.	

- **e:** usado para indicar valores de sobremedidas para el mecanizado.



Tecnologías asociadas al Diseño en gráfica

Tecnologías a lo largo de la historia

La ingeniería se ha desarrollado junto con el paso del tiempo. El dibujo técnico no ha quedado al margen de aquello. La computación favoreció el desarrollo de la ingeniería mecánica, facilitando las actividades que implican el dominio de esta profesión.

Si se habla de dibujo técnico, por lo general, existe en el inconsciente colectivo la idea de una persona trazando líneas en un tablero. Sin embargo, esa idea ha quedado obsoleta con la incorporación de nuevas herramientas (de índole computacional) para el quehacer del dibujante.

Es así como el dibujante optimiza los recursos, reemplazando el lápiz, la goma y la regla, por el mouse y la pantalla de un computador. El dibujante utiliza una herramienta con mayor potencial, que le permite analizar, calcular, comparar y verificar lo diseñado, dejándolo sin opción de error en la interpretación de planos de fabricación y montaje.

La incorporación del hardware (computador) ha modificado el proceso de diseño en las empresas metalmecánicas, dependiendo en gran parte de las características técnicas que posea el computador (procesador, RAM, capacidad gráfica, etc). Lo anterior influye en los tiempos de respuesta que tenga este a las acciones que haga el dibujante, de acuerdo a las figuras y cuerpos geométricos utilizados.

La primera incursión (1955) en sistemas gráficos la realiza un laboratorio del MIT (Massachusetts Institute of Technology), para la US Air Force (Fuerza Aérea Norteamericana), procesando datos de radar y localización en una pantalla.

Posteriormente, en los años 60, se desarrolla el sistema Sketchpad, el cual funda las bases para los softwares utilizados hoy en día, para dibujar en la pantalla.

Durante la década de los 60, se requerían de sistemas computacionales muy avanzados para la época, puesto que se necesitaba de mucha capacidad de memoria y gran velocidad de proceso, por lo que esta tecnología era utilizada por las empresas con mayor poder económico.

A mediados de 1965, aparece la primera aplicación CAD (Computational Aided Design) o diseño asistido por computador, tecnología que se ha vuelto indispensable en las actividades del rubro en la actualidad. Esta metodología permite dibujar a través del computador, utilizando programadores gráficos, creando imágenes con distintos tamaños.

Posterior a esto, la industria automotriz desarrolla el primer plotter que utiliza sistemas CAD.

La explosión máxima del sistema CAD se produce con la aparición de la empresa Autodesk, comenzando a introducir el software AutoCAD, el cual se encarga del diseño en 2D y 3D. Luego, comenzaron a desarrollar otros softwares con mayor potencial y fácil maniobrabilidad para el dibujante, como es el caso de Inventor, Fusion 360, etc. Sin embargo, paralelo a esto, otras empresas comenzaron a involucrarse como por ejemplo, Solidworks (otra de las empresas conocidas).

El ingreso de esta tecnología involucró un gran costo a las empresas, ya que la persona que dibujaba tuvo que aprender a utilizar las herramientas computacionales, y en algunos casos, las empresas no tenían suficientes computadores por lo que debían compartir tareas con las secretarias o algún administrativo.

Tecnologías de modelación 2D (bidimensional)

La modelación 2D fue la gran novedad en la segunda parte del siglo XX, ya que se dejó de lado el lápiz, la goma y la regla, por un computador que podía realizar la misma tarea en un menor tiempo. Como se comentó previamente, la aparición de la empresa Autodesk con su software AutoCAD, marcó la pauta para iniciar el camino de la modelación 2D. Anterior a esto, se tenían softwares del estilo Paint (para dibujar) que no estaban vinculados con el dibujo técnico.

Se debe destacar que AutoCAD es un software CAD utilizado tanto para el diseño 2D como para el diseño 3D. Sin embargo, gran parte de los trabajos realizados en esta aplicación se relacionan con lo bidimensional, como por ejemplo: planos mecánicos, planos de construcción, etc.

AutoCAD fue programado en C++, Autolisp y Microsoft Visual Basic, y se puede instalar en los siguientes sistemas operativos: Microsoft Windows y Mac OS X.

Además, el software AutoCAD posee versiones específicas dependiendo de la especialidad, como es el caso de AutoCAD Mechanical, AutoCAD Electrical, AutoCAD Architecture, etc. Esto permitió acotar los tiempos de trabajo de cada especialidad, ya que se utilizan sólo herramientas conocidas por la profesión del dibujante.

En esta categoría existen otras aplicaciones que pueden ser utilizadas, como es el caso de Solidworks, programado en Microsoft Visual Basic y puede ser usado solo en Microsoft Windows. Este programa es diferente a AutoCAD ya que los planos se extraen desde un modelo 3D. Este software será clasificado como un software de modelación en 3D, por lo que luego se abordarán sus características de mejor manera.

A continuación, se logra identificar la interfaz de AutoCAD:

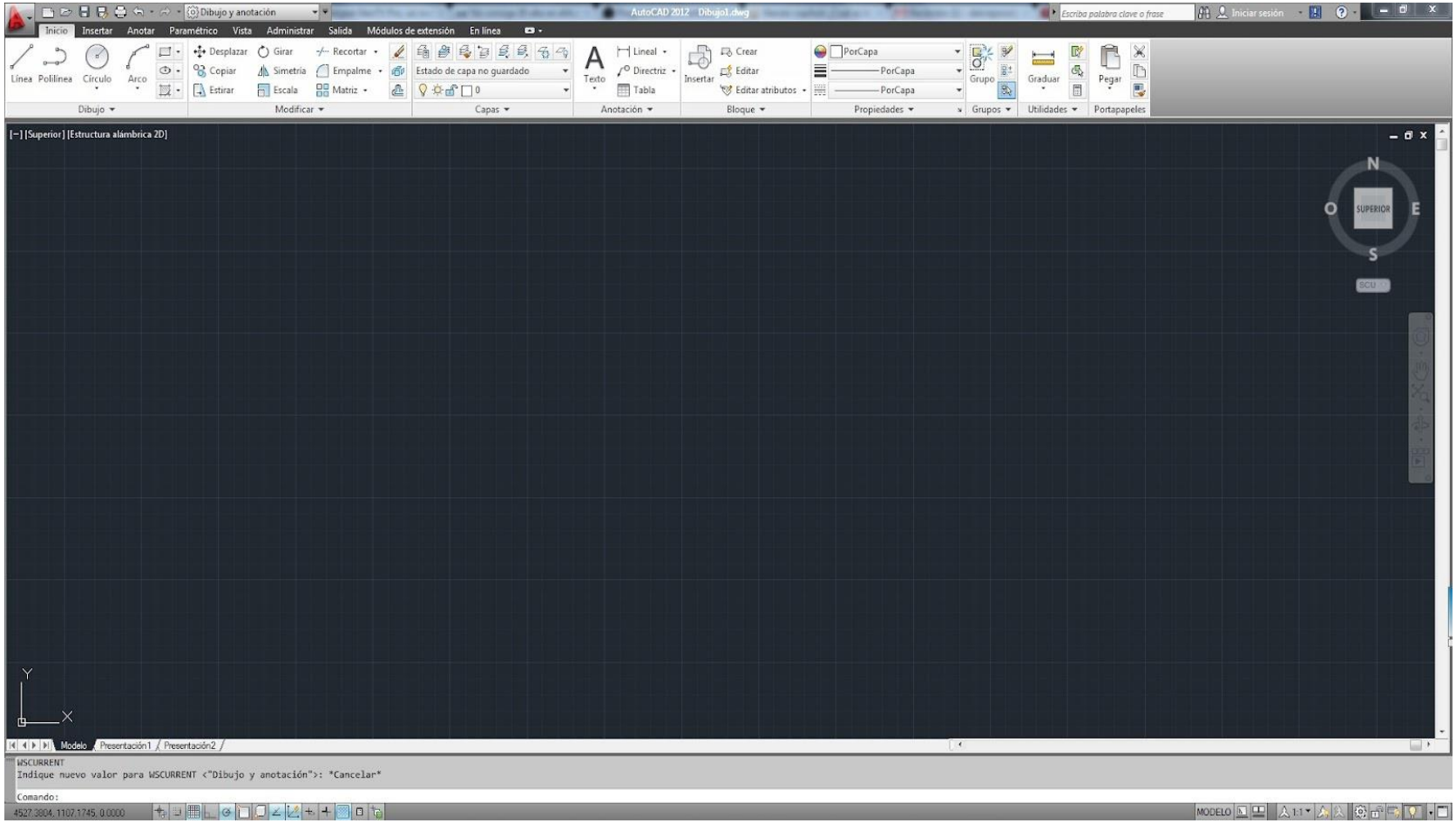


Ilustración 20: Interfaz de AutoCAD

Tecnologías de modelación 3D (tridimensional)

Previamente se comentaba sobre las tecnologías de modelación bidimensional, sin embargo, poco a poco han ido quedando estancadas. Esto se produjo por la inserción de las tecnologías 3D, lo que posibilitó al dibujante ver la pieza o el montaje por todos sus "rincones". Ahora puede realizar un montaje virtual, modificando partes y piezas de acuerdo a los requerimientos.

De estas tecnologías se puede ahondar de mayor manera que las bidimensionales, ya que existe mayor oferta de softwares, a pesar de que poseen casi las mismas funciones. Estas funciones son:

- Representar lo que el dibujante requiere.
- Ensamblar cada pieza de acuerdo a lo que se necesita.
- Representar las piezas y ensamblaje en planos, para plotear.
- Analizar estructuras para identificar posibles fallas.
- Obtener animación del mecanismo trabajando.

A continuación se dará una breve reseña de cada software utilizado, mostrando algunas comparaciones entre ellos:

1. **Solidworks:** software CAD, desarrollado por Dassault Systèmes, que se utiliza para la modelación 3D y modelación en 2D. Permite modela piezas y ensamblajes, desde los cuales se pueden extraer planos y otra información necesaria. El dibujante traspasa la idea o imagen que tiene de la pieza y proyecto a la aplicación, lo que genera una pieza o ensamblaje virtual.

2. **Autodesk Inventor:** software CAD utilizado para modelación 3D, desde donde se pueden obtener planos 2D de piezas y ensamblajes. Esta aplicación cumple con cada una de las funciones previamente mencionadas, sin embargo es un software exclusivo

para diseño mecánico. Al igual que en Solidworks, el dibujante virtualiza su idea o imagen.

3. **Fusion 360:** es otro software de Autodesk, por lo que la forma de definirlo se basará en la comparación con Inventor. Existe una gran diferencia con Inventor, basada en que Fusion 360 sirve para el diseño de cualquier producto, dándole poco énfasis al diseño mecánico. Otra diferencia que existe es la calidad de la animación, mientras que en Inventor es potente (permite representar de buena forma el funcionamiento del mecanismo) en Fusion 360 es básica. La confección de planos es más bien básica en comparación a lo técnico de Inventor. Fusión 360 permite el modelado de superficies sin la necesidad de tener figuras geométricas como base.

4. **SolidEdge:** software CAD elaborado por la empresa Siemens, utilizado para modelar piezas tridimensionales. Se estableció principalmente para diseño mecánico, de estructuras metálicas, chapas, soldadura y ensamble de piezas. Esta aplicación entrega la posibilidad de diseñar de la forma tradicional (como Inventor o Solidworks) o con tecnología Síncrona, desarrollada por Siemens para diseñar con libertad, sin depender del diagrama de operaciones.

5. **Catia:** software CAD desarrollado por Dassault Systèmes, para apoyar desde la etapa de diseño hasta la producción final. Aplicación desarrollada en C++ y utilizada en Windows y Unix. Las industrias que más utilizan esta aplicación son la aeronáutica y la automotriz, encargándose del diseño de componentes.

6. **SketchUp:** este software se aleja de la ingeniería mecánica, desarrollado por Trimble Navigation, utilizado para diseño gráfico y modelación 3D. Generalmente se usa para planificación urbana, ingeniería civil, videojuegos, e incluso en la industria cinematrográfica. Está dentro de la categoría de Freeware (software gratuito, sin necesidad de licencia).

7. **Onshape:** software CAD en 3D, que se encuentra completamente en la nube (vía Internet), para que todos los miembros del equipo de diseño trabajen a la vez en el proyecto mecánico.

A continuación se mostrarán las interfaces de cada aplicación, para identificar las similitudes y diferencias. De acuerdo a las imágenes presentadas, las interfaces son similares entre las aplicaciones, sin embargo, existen pequeños detalles que las diferencian para lograr el objetivo final. Si bien es cierto, SketchUp es una aplicación de diseño (en general), se encuentra mayormente vinculada con el diseño de exteriores que con el diseño mecánico. Todos los programas mostrados presentan las mismas funciones de dibujo, pero su disposición en la interfaz los hace más atractivo uno del otro.

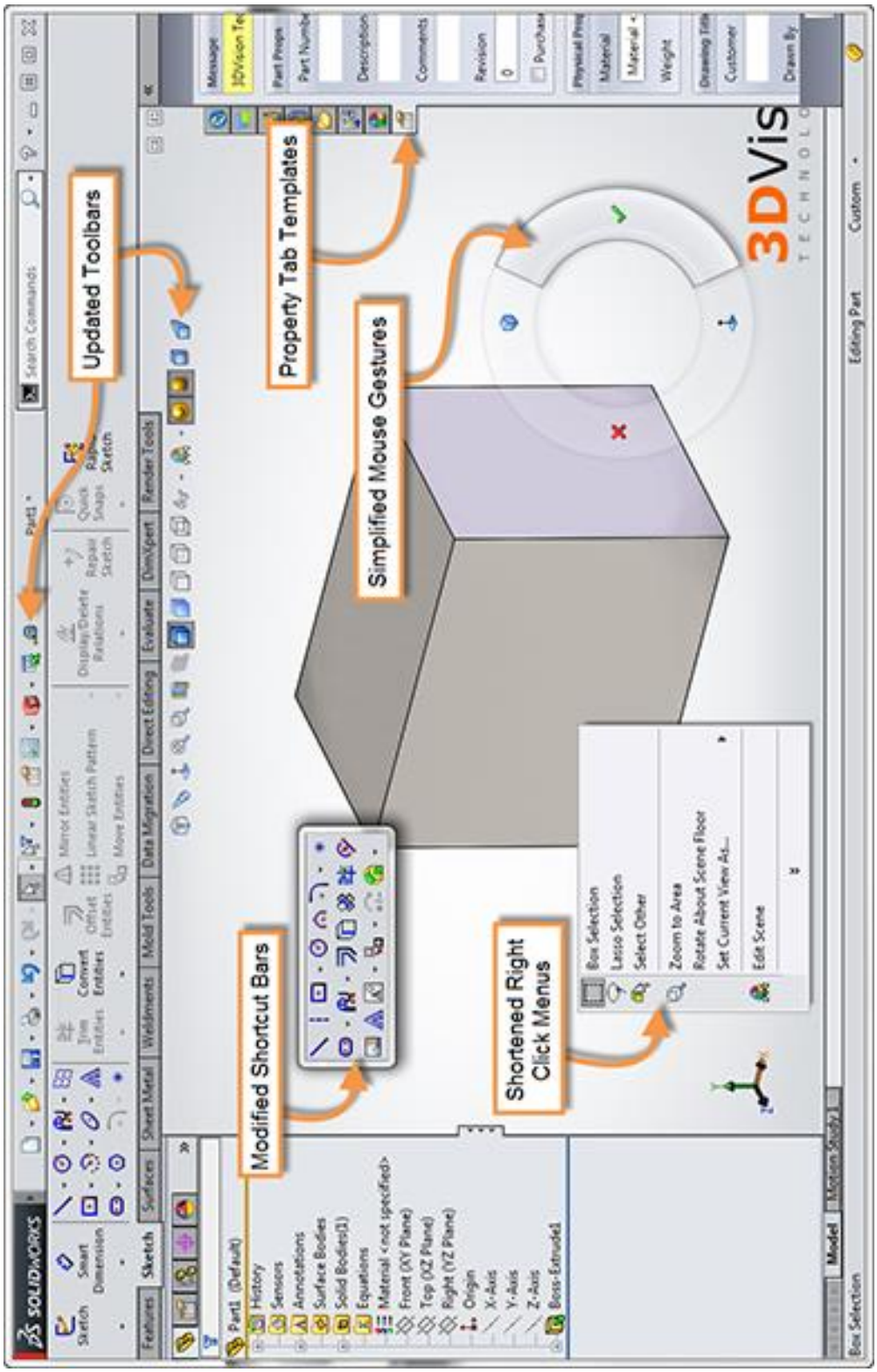


Ilustración 21: Interfaz de Solidworks

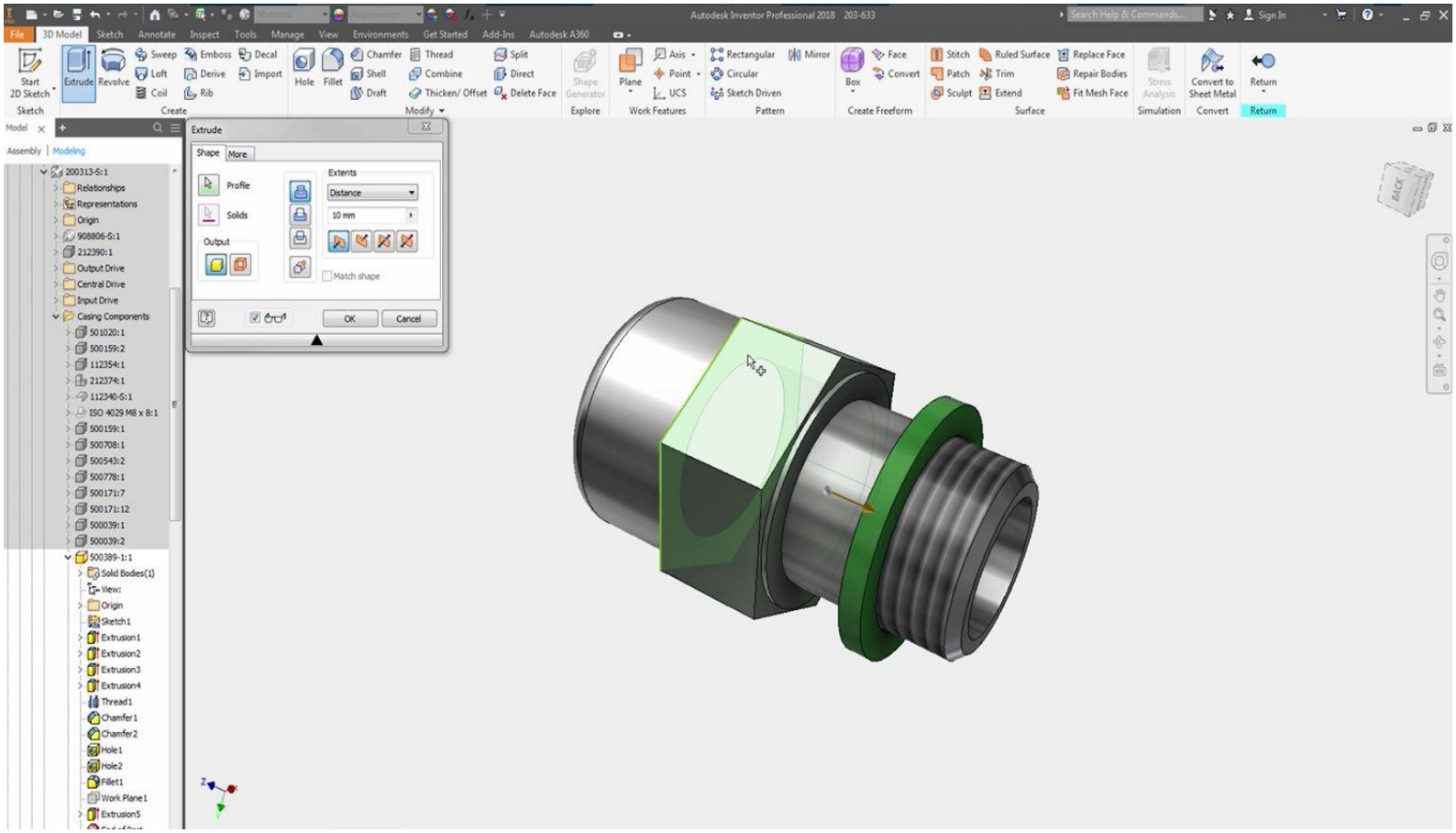


Ilustración 22: Interfaz de Inventor

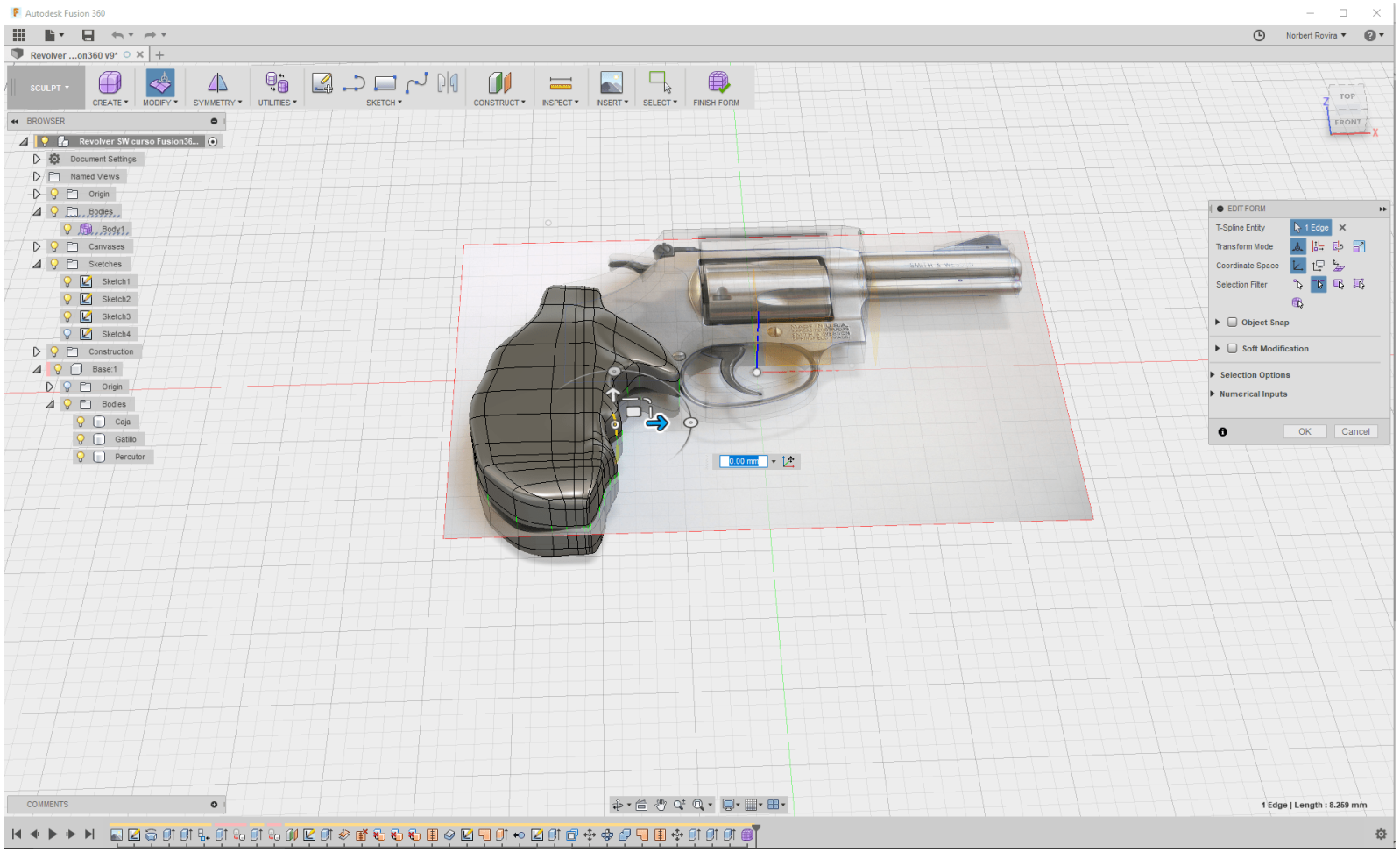


Ilustración 23: Interfaz de Fusion 360

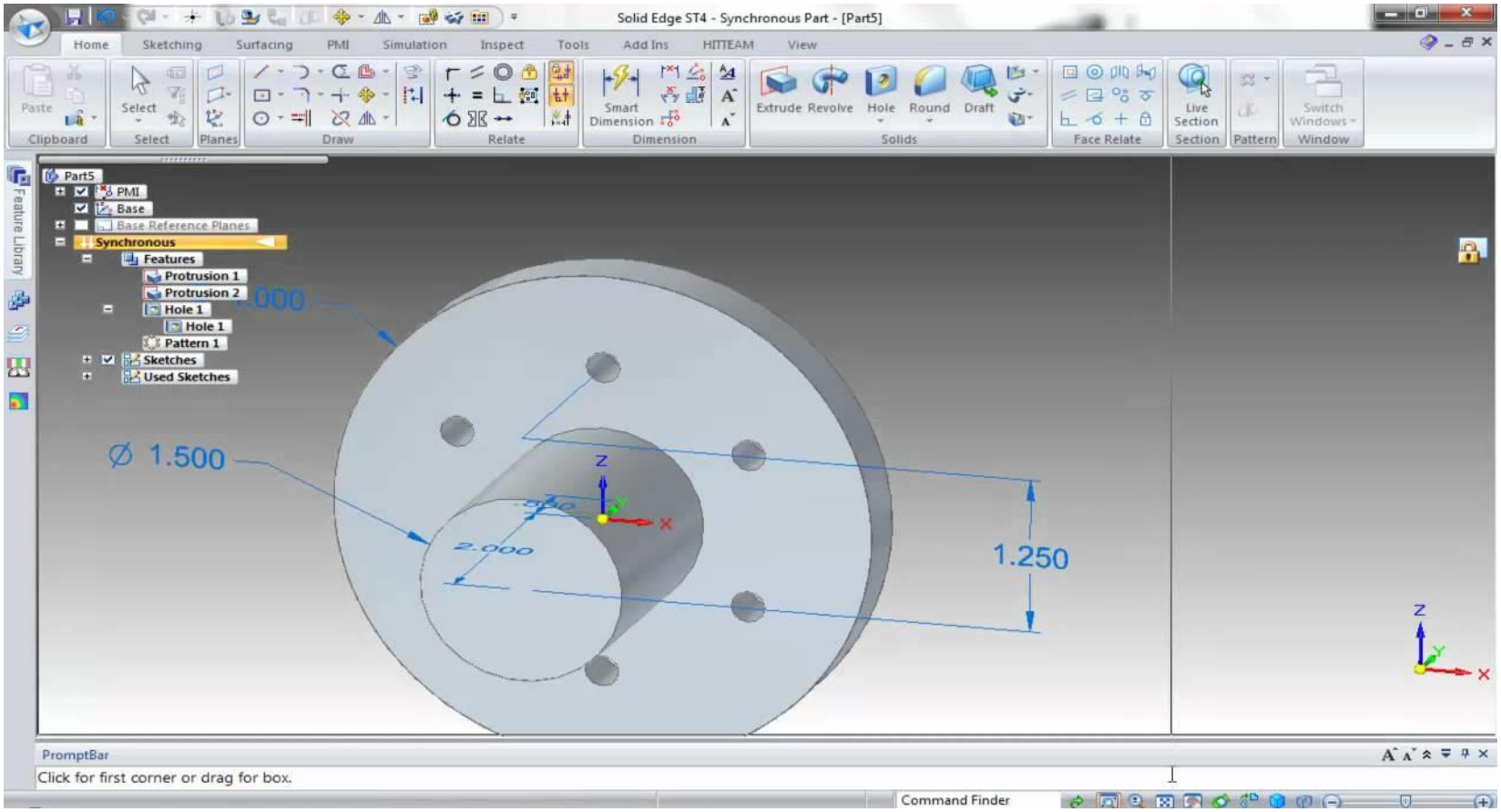


Ilustración 24: Interfaz de SolidEdge

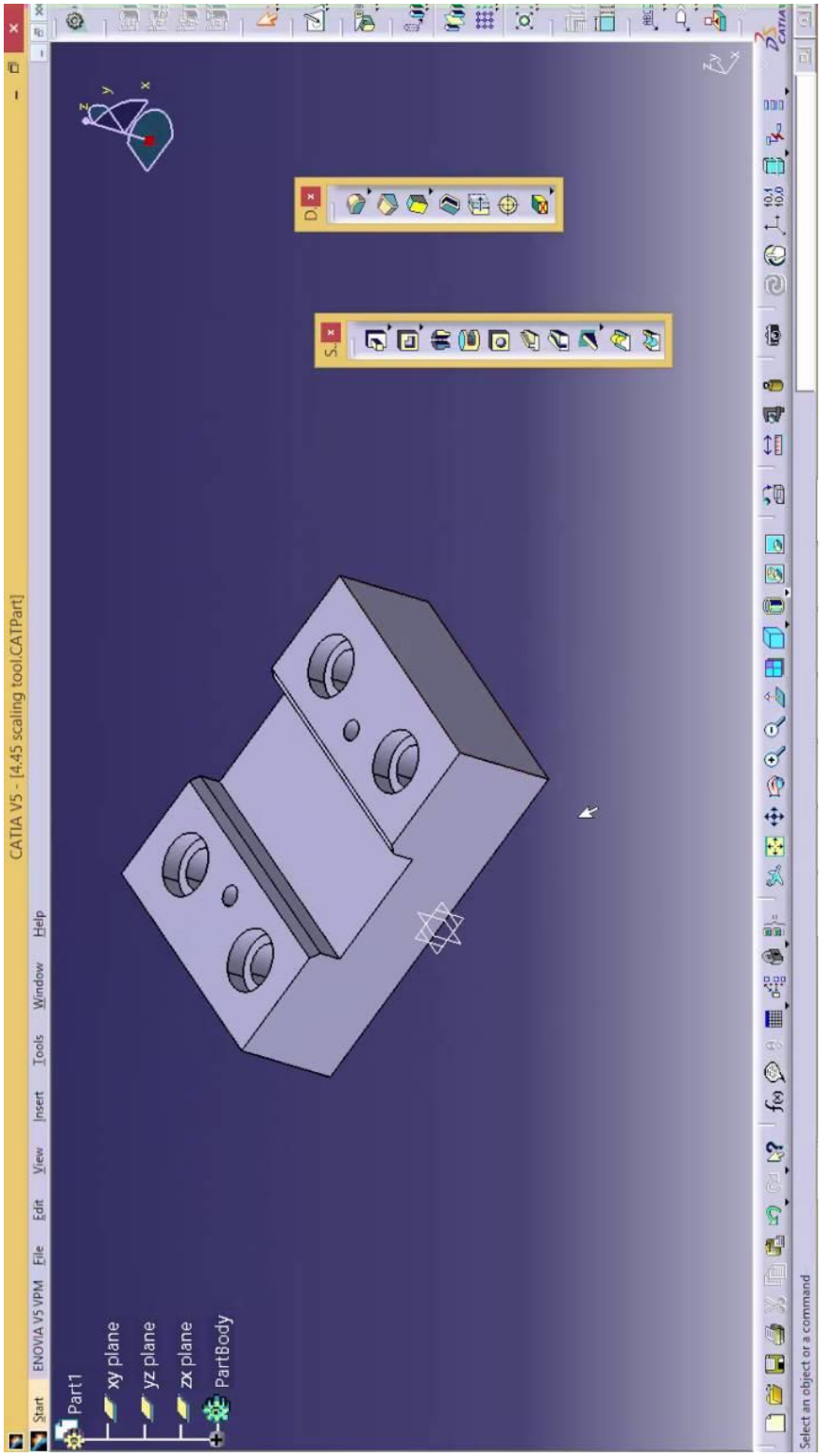


Ilustración 25: Interfaz de Catia

Ilustración 26: Interfaz de SketchUp

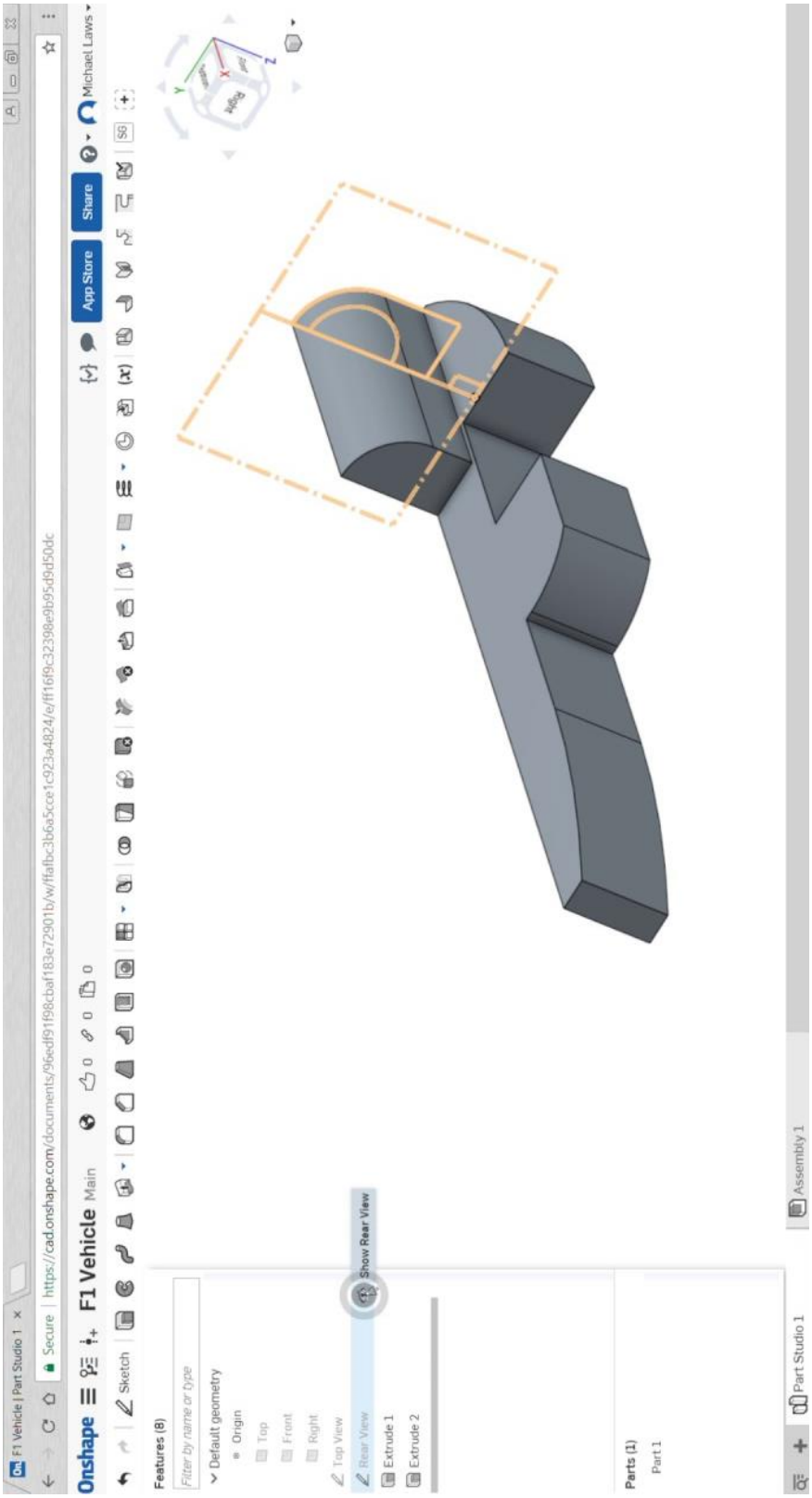


Ilustración 27: Interfaz de OnShape

Tecnologías asociadas a la simulación para ingeniería (CAE)

Para lograr un proceso de diseño completo y seguro, se requieren de herramientas que sustenten los cálculos realizados previos al modelado y planeado. Estas herramientas se basan en la simulación virtual de lo que ocurrirá en la vida real, es decir, se identificarán las fallas antes de construir el diseño.

Es aquí en donde se consideran las aplicaciones CAE (Computer Aided Engineering) que ayudan a simular y analizar los diseños en la fase previa a la construcción. Esto permite reducir tiempos y costos al fabricar, seleccionar los materiales óptimos de construcción y reducir en gran magnitud las pruebas de prototipo del diseño.

Algunos de los análisis considerados dentro de esta disciplina son:

- Análisis de Método de Elementos Finitos: cuenta con análisis estructural y de transferencia de calor.

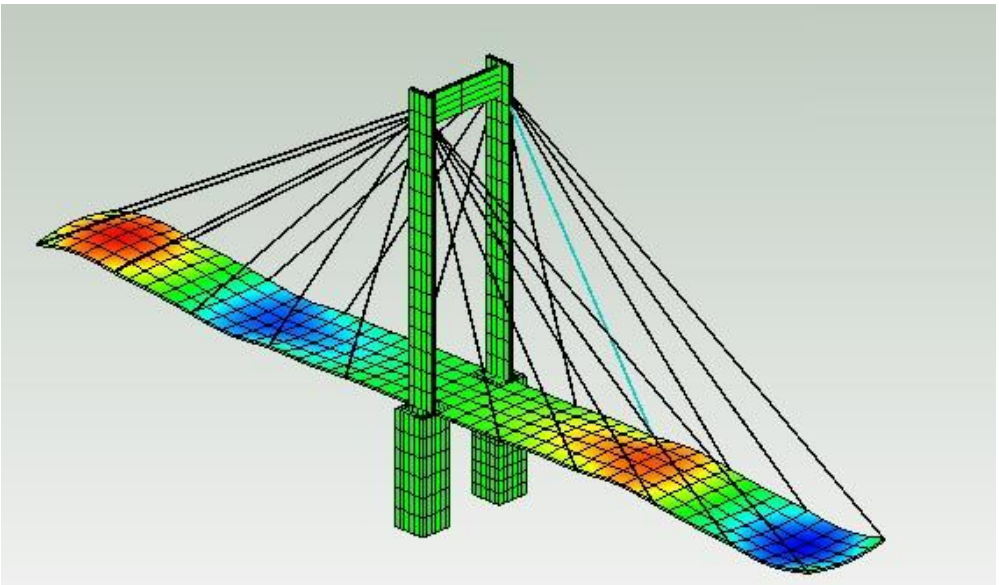


Ilustración 28: Análisis estructural (Fuente: prontubeam.com)

- Análisis de CFD (Computational Fluid Dynamic): el diseño es sometido a distintos fluidos, simulando el flujo del viento o, simplemente, un río.

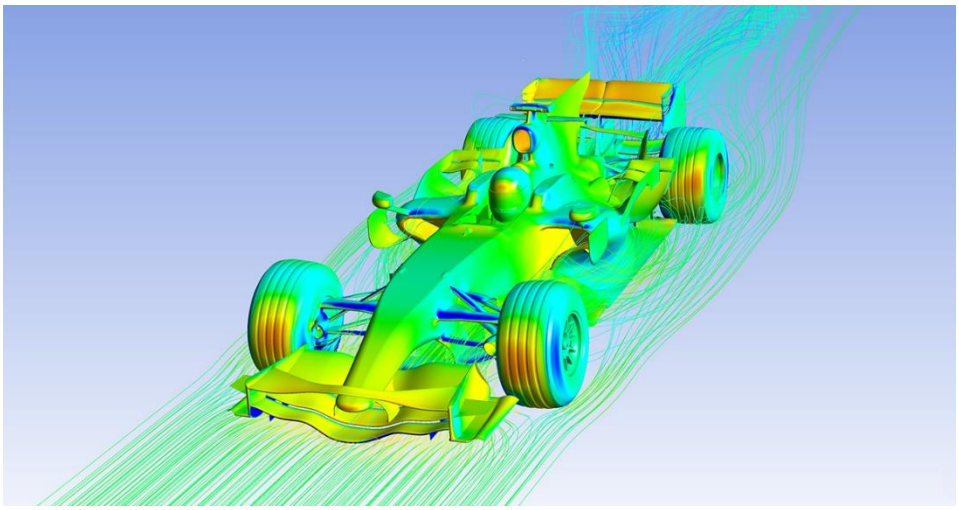


Ilustración 29: Análisis CFD (Fuente: ansys.com)

- Análisis cinemático: prueba realizada a diseños desplazados por ciertos mecanismos, como son los motores. Son relevantes las variables de movimiento, como la aceleración y velocidad.

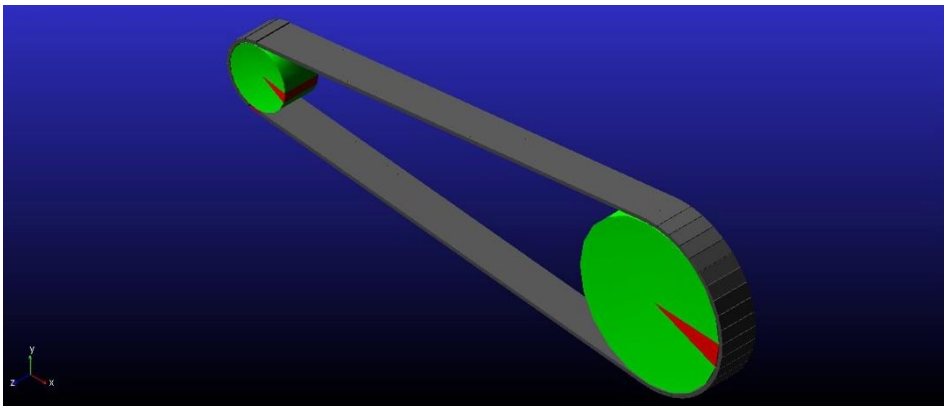


Ilustración 30: Análisis cinemático (Fuente: i.yitimg.com)

El software más representativo de esta disciplina es Ansys, el cual tiene una gran cantidad de alternativas (como extensiones):

- Análisis estructural (resistencia de materiales)
- Transferencia de Calor
- Dinámica de fluidos computacional
- Electromagnetismo

- Campos acoplados
- Reacciones químicas en CFD
- SpaceClaim Design Modeler (para diseñar en CAD)

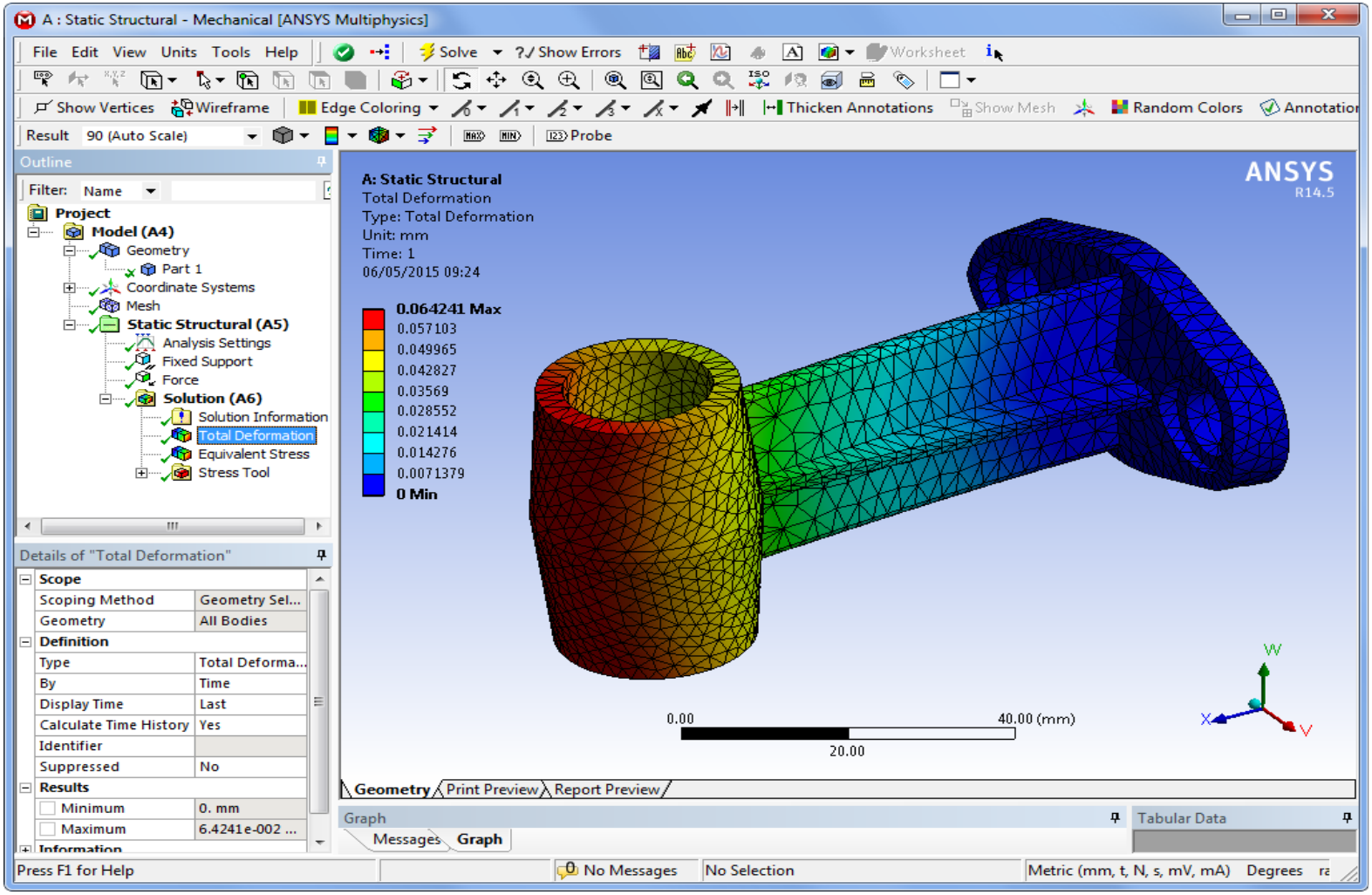


Ilustración 31: Interfaz de Ansys (Fuente: fiverrcdn.com)

Últimas tecnologías vinculadas con la manufactura (CAM)

Con los avances tecnológicos se ha logrado ir más allá de lo que es el diseño asistido por computador, es decir, hablar de CAD. Para esto se introdujo el concepto de CAM, lo que permite el acercamiento con la Manufactura (Computer Aided Manufacturing), involucrando los procesos de mecanizado. Esta tecnología conlleva la eliminación de los errores del operador y reducción de costos en la mano de obra.

Los equipos CAM trabajan en base a una serie de códigos numéricos, almacenados en archivos computacionales, para controlar el trabajo de mecanizado. Estos códigos contienen el paso a paso del mecanizado de una pieza, permitiendo materializar lo que virtualmente se construyó en algún software de modelación 3D. Es por esto que se comienza a hablar de CAD/CAM.

Las características de sistemas CAD/CAM presentan gran ventaja en los diseñadores e ingenieros, ya que permite la reducción de costos y tiempos en la fabricación. Permite una gran flexibilidad al fabricante al desarrollar nuevos productos. Algunas de las ventajas que se obtienen al adquirir un sistema CAD/CAM:

- Factor tiempo: Permite un uso eficiente del tiempo para el programador, ya que mientras se construye una pieza, puede ir calculando otra pieza en el CAM.
- Control de mecanizado: El operario puede optimizar los tipos de mecanizado, pudiendo probar otras herramientas y métodos para lograr el objetivo final.
- Evitar errores de programación: Con esto se reducen las pérdidas, ya que la reparación de una máquina o el mal mecanizado de una pieza genera un aumento en las horas de operario, aumento de costos de material y la posibilidad de no cumplir plazos.
- Facilidad de programación desde el CAM hacia la máquina: Esto permite que la máquina pueda controlarse independiente de sus características técnicas.
- Crear y salvaguardar el patrimonio tecnológico en las empresas: Permite mantener el recurso tecnológico, independiente del recurso humano, al cual puede derivar a otra empresa.
- Trazabilidad: Permite el seguimiento de la pieza o conjunto desde la fase diseño hasta la entrega del trabajo.

- Cálculo de presupuestos: Con un simulador en CAM, se pueden obtener tiempos y costos estimados al mecanizar la pieza. Con esto se puede controlar al operario.
- Búsqueda de nuevos mercados: Presentar un atractivo para nuevos clientes, ofreciendo un tipo de mecanizado que es muy caro a la hora de realizarlo manualmente.

Un ejemplo comúnmente encontrado en la industria es la utilización de máquinas con control numérico computacional, en donde un computador controla la posición y velocidad de los motores que accionan la máquina. Son capaces de mover una herramienta de corte al mismo tiempo en los tres ejes coordenados.

Ilustración 32: Máquina de Control Numérico Computacional (Torno)

El procedimiento a seguir con un sistema CAD/CAM es aproximadamente como sigue:

1. Confección u obtención de planos desde el área de Gráfica y Diseño, o de una entidad externa.
2. Digitalización y modelación de piezas y conjuntos, a partir de la información previa.
3. Codificación del proceso total del mecanizado.
4. Reconocimiento del código por la máquina.
5. Fabricación de pieza materializada.

Si bien los sistemas CAD pueden cumplir su función de manera autónoma, la vinculación con los sistemas CAM permite un gran beneficio en la empresa manufacturera. CAD es la columna vertebral de CAM, y es necesaria para que funcione adecuadamente, ya que sin la existencia de modelos 2D y 3D detallados, es casi imposible pasar a la etapa de CAM.

El programa de Fabricación Asistida por Computador es el código detrás de las máquinas CAM. Estas máquinas pueden ser:

- Torno
- Fresadora
- Soldadora
- Lijadora
- Máquinas de medición

CAM simplifica todo el proceso de fabricación a través de un programa inteligente que desarrolla el código basado en la plataforma de interfaz gráfica de usuario (GUI).

Para mostrar el funcionamiento de un software CAM, se seleccionó la aplicación SURFCAM, del fabricante Surfware Inc. Esta aplicación sirve para el diseño de productos, especialmente en la etapa de fabricación, y se utiliza como software CAM en computador para controlar máquinas CNC. Es compatible con cualquier software CAD, y se utiliza en las áreas de fresado, torneado y la combinación de ambos procesos.

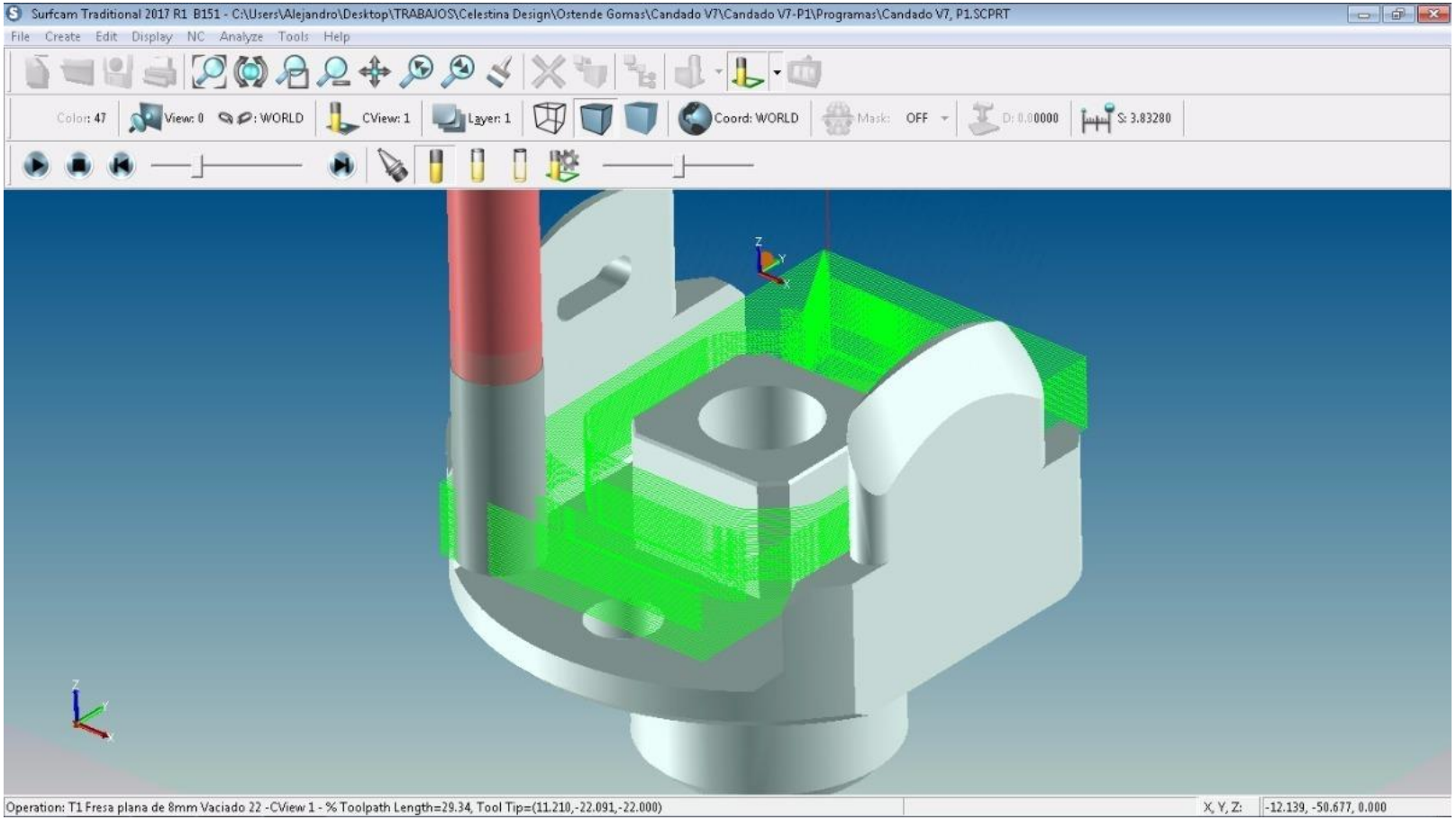


Ilustración 33: Interfaz de Surfcam (Fuente: mistactic.com/surfcam-traditional-2017)

A continuación, se presenta un diagrama general de bloques del proceso CAD/CAM:

Beneficios por implementación de tecnologías CAD/CAM/CAE

Como toda tecnología nueva implementada, en una empresa o en un área de esta, existen beneficios que permiten aceptar la idea de implementación. Para el caso del grupo de tecnologías CAD/CAM/CAE son:

- Aumento de productividad (concepto que relaciona lo producido versus lo que costó para producirlo)
- Mejora el control administrativo, en cuanto a los archivos de proyectos e información.
- Permite la estandarización de dibujos o gráficas, lo que permite establecer un mismo lenguaje entre las personas que interpretan las ideas de los planos, reduciendo los tiempos de lectura.
- Permite la estandarización de métodos, lo que permite el almacenamiento de dibujos base para cada proyecto, cambiando parámetros según los requerimientos.
- Mejora en la Calidad de dibujo, lo que finalmente, es traspasado al producto final.
- Permite una estimación óptima de materiales, reduciendo costos al construir, ya sea el prototipo o la máquina final. Además, se logra entregar una cotización con mayor exactitud y precisión de los valores finales.
- Se logra identificar la ruta crítica del proyecto y se controla de mejor manera, a partir de los datos de ingeniería entregados por la herramienta CAE.

Matriz de selección de herramientas CAD/CAM/CAE

Existe una gran cantidad de herramientas computacionales para el desarrollo del diseño mecánico. Como se dijo previamente, están las aplicaciones CAD, especiales para el diseño y modelación, las aplicaciones CAM, utilizadas para simular el mecanizado y elaborar programas de mecanizado, y las herramientas CAE, preparadas para simular cualquier problema de ingeniería que se presente.

Es por esto que es necesario establecer cuáles son los softwares que cumplen con ciertas funciones, a partir de una matriz de selección por atributos o características. Se asignará con colores el cumplimiento de las funciones, siendo ROJO (no cumple con la función), AMARILLO (cumple relativamente o no es especializado en la función) y VERDE (cumple a cabalidad o es especializado en la función). Además, se agregarán algunas características como el costo, sistema operativo, etc.

Las preguntas o ítems considerados son:

- Utilidades para CAD: cumple con ser un software de modelación 3D o confección de planimetría.
- Utilidades para CAM: cumple con ser un software de simulación de mecanizado y fabricación.
- Utilidades para CAE: cumple con la función de simular problemas de ingeniería.
- Modelación en 3D
- Costo Software: considerando licencia por 1 año.
- Costo de Soporte
- Costo asociado al adquirir módulos de extensiones: si el caso fuese necesitar alguna extensión para agregar funcionalidad a la aplicación, este es el valor monetario de la adquisición.
- Análisis de MEF: simula problemas relacionados con el Método de Elementos Finitos.
- Análisis de CFD: simula problemas relacionados con la dinámica de fluidos computacional.
- Requerimientos computacionales básicos.
- Facilidad de utilización: se centra en el usuario, puesto que puede requerir alguna capacitación externa.

- Simulaciones de mecanizado con arranque de viruta: simulación virtual de mecanizado.
- Generación de planos automáticos: pregunta relacionada con la facilidad del software de generar planimetría a partir del diseño realizado.
- Sistemas operativos.

A continuación, se presenta la matriz propuesta para la selección de softwares CAD/CAM/CAE:

Softwares utilizados en Ingeniería	AutoCAD (2D)	Autodesk Inventor	Solidworks	SolidEdge	Catia	Ansys	Surfcam
Utilidades para CAD							
Utilidades para CAM							
Utilidades para CAE		Requiere extensión					
Modelación en 3D							
Costo Software (con licencia por 1 año)	US$2500	US$2000	US$5000	US$4200	US$9000/US$65000	US$30000	US$18000
Costo Soporte	US$1200	US$2000	US$1300	s/i	s/i	s/i	s/i
Costo asociado al adquirir extensiones	No aplica	Gratis - US$100	US$6400	US$7000 (CAM)	US$2000 - US$6000	US$60000	US$2500 (app)
Análisis de MEF							
Análisis de CFD							
Requerimientos computacionales	8 GB de RAM Resolución de 1280 x 1024 16 GB de espacio Microsoft® .NET Framework versión 4.5	CPU 4 GHz o superior 8 GB o más de RAM Resolución de 3840 x 2160 Microsoft® .NET Framework versión 4.7 o posterior	CPU de doble núcleo 16 GB de RAM 5 GB de espacio Tarjeta gráfica NVIDIA®	8 GB de RAM Resolución de 1280 x 1024 6,5 GB de espacio Para Windows con 64-bits	16 GB de RAM Resolución de 1280 x 1024 10 GB de espacio	RAM: 16 GB para proyectos grandes 40 GB de espacio 64-bit Intel Intel i5/ i7/ Xeon CPU	RAM: Mínimo 4 GB 10 GB de espacio 64-bit Intel Pentium 4 CPU (2 GHz) 1280 x 1024 de resolución
Facilidad de utilización (Necesidad de capacitación)							
Simulaciones de mecanizado con arranque de viruta							
Generación de planos automáticos							
Sistemas operativos	Microsoft Windows, Mac OSX	Microsoft Windows, Mac OSX (Requiere importar)	Microsoft Windows, Mac OSX (Requiere importar)	Microsoft Windows, Mac OSX (Requiere importar)	Microsoft Windows, Unix, Mac OSX (Requiere importar)	Microsoft Windows, LINUX	Microsoft Windows

	Excelente
	Relativamente bien
	No domina

Metodologías de Gráfica y Diseño aplicadas en una empresa manufacturera

Roles que existen en el área de Gráfica y Diseño

En el área de Gráfica y Diseño de una empresa metalmecánica se elabora la planimetría de piezas y ensamblajes de los proyectos.

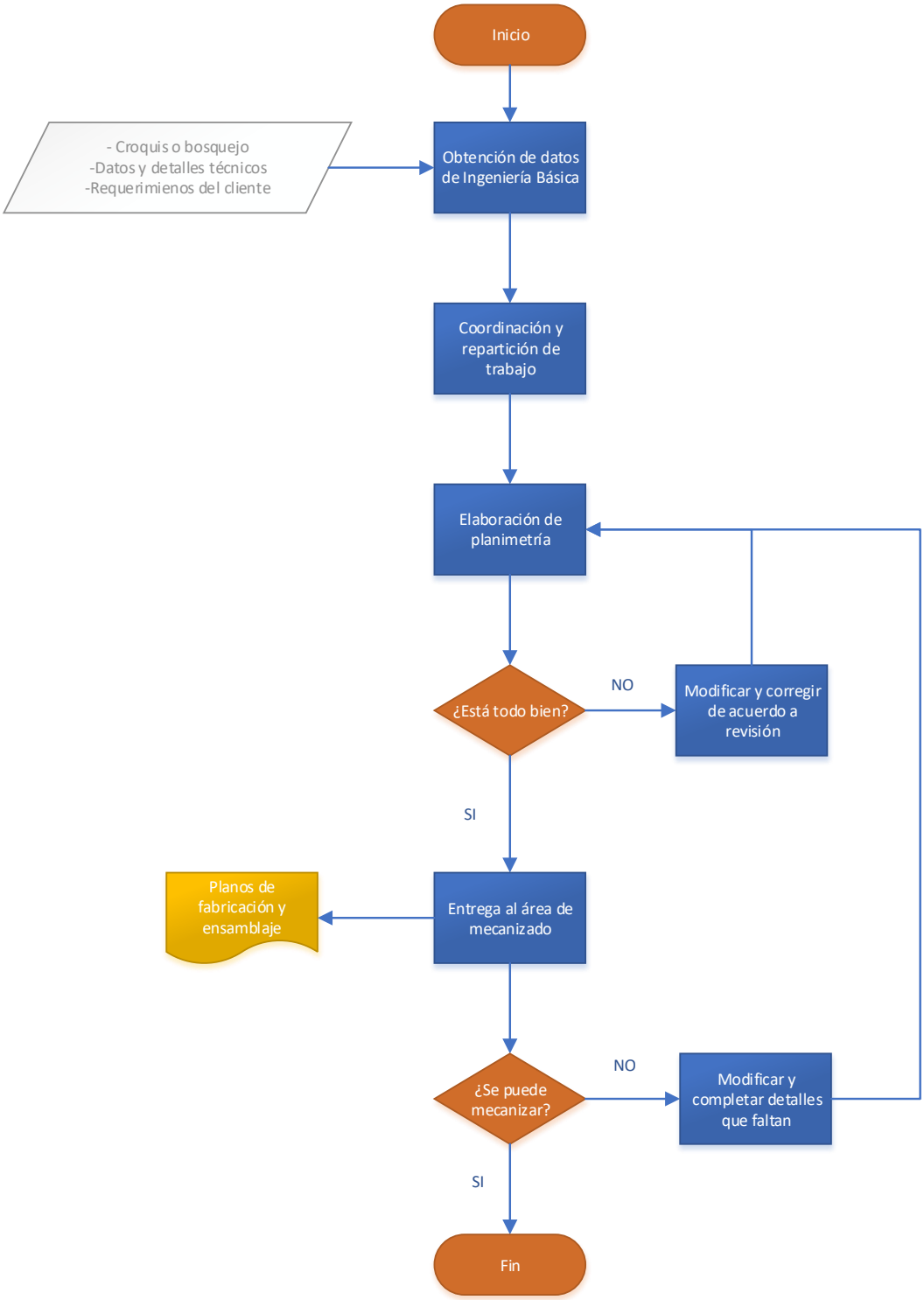
Es ideal poseer diferentes instancias de corrección y revisión, para que los planos lleguen de forma completa y correcta a la sección de mecanizado. Es por esto que se establecen ciertos roles dentro del área, siendo los básicos el de ingeniero de proyecto y el dibujante proyectista.

El ingeniero de proyectos estará a cargo de la coordinación de trabajos, de los tiempos y de los costos; además, debe interpretar y entregar la información al dibujante, para luego revisar y corregir la planimetría elaborada.

El dibujante se encarga de la elaboración de planos digitales, a partir de la información entregada por el ingeniero.

Propuesta de metodología de trabajo utilizada en el área de Gráfica y Diseño

La metodología a seguir por el equipo de trabajo debe ser la siguiente:



Evolución desde representación bidimensional hasta representación tridimensional en el área

En las empresas del rubro metalmecánico se ha notado la evolución del área de Gráfica y Diseño, principalmente porque en los inicios de estas se trabajaba con una o varias personas encargadas de dibujar a mano con un tablero inclinado, siguiendo la normativa de dibujo que se refiere a grosores de lápiz, elementos constructivos y el uso de la regla y el compás. Las principales herramientas del dibujante eran el lápiz, el papel y la goma.

Es desde acá que comenzó a instaurarse la figura del dibujante proyectista como parte esencial del área, con tareas como elaborar planos de ejecución, dibujos detallados de ciertos proyectos de ingeniería y montaje de conjuntos mecánicos.

Además, se agrega la figura del Ingeniero en diseño, el cual se encarga de dar forma al mecanismo (experto diseño mecánico), seleccionar los materiales correspondientes, evaluar la tecnología de fabricación e inspeccionar el área, con tal de tener la menor cantidad de errores en el proceso.

Antiguamente las empresas contaban con oficinas de dibujo, las cuales trabajaban con una persona encargada de los dibujos, realizados a mano, lo que implicaba mucho tiempo de elaboración para llegar al producto final.

Posteriormente, se demostró que la implementación de CAD o sea “computarizar o digitalizar”, reducía ciertos costos y tiempos, lo que en algunos casos era resistido por los dibujantes antiguos.

En Chile, durante inicios de la década de los 90, el dibujante pasó definitivamente a estar frente a una pantalla, con un teclado y un mouse para controlar los comandos de dibujo en el software.

El costo de capacitar al dibujante (dibujos a mano), para trabajar en un computador, era demasiado alto, puesto que requería de mucho tiempo, lo que implicaba que ciertos proyectos se estaban dejando de lado por la capacitación. A su vez, la puesta en marcha del dibujante con el software tenía una larga duración, ya que le costaba utilizar los comandos del computador.

Sin embargo, esta tecnología (CAD) comienza a ingresar en las primeras empresas (las más adelantadas) desde comienzos de los años 60, pero en Chile ingresa definitivamente durante los 90.

Posteriormente, se hace notar el desarrollo en las tecnologías, ampliando la gama de aplicaciones. Es aquí en donde se instaura el concepto de CAX, con las distintas aplicaciones computacionales, señaladas previamente:

- CAM: Manufactura
- CAE: Ingeniería

Se debe destacar que el uso de la normativa es transversal a todo tipo de cambios, puesto que esta regía desde los dibujantes a mano hasta los actuales dibujantes proyectistas digitales.

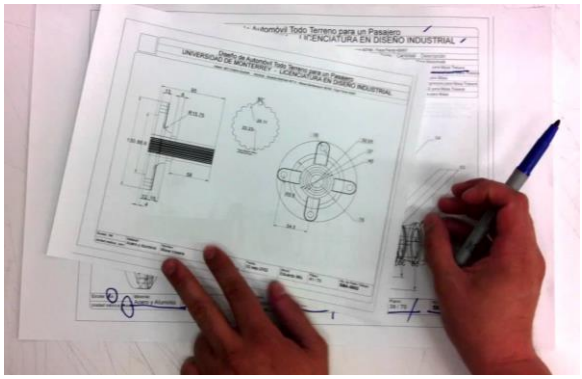


Ilustración 34: Dibujo a mano (Fuente: i.yitimg.com)

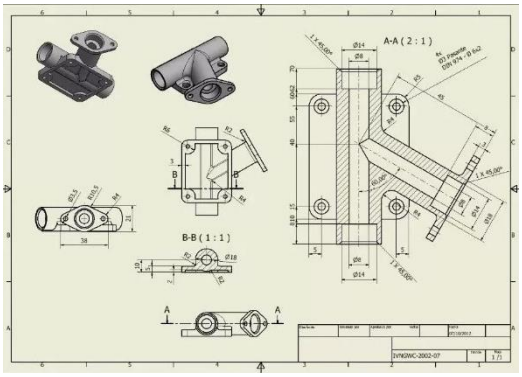


Ilustración 35: Dibujo digital (Fuente: mistatic.com)

Propuesta de metodología de trabajo para gestión de archivos

Un problema constante es el mal manejo de los archivos de proyectos, ya sean piezas, subconjuntos o conjuntos. Esto genera que se entrampe cualquier proyecto, con el aumento de tiempos muertos al realizar la búsqueda de los archivos perdidos.

Es por lo anterior que se propone una metodología de trabajo para la gestión de archivos, ya sea con el apoyo de softwares o con la utilización de herramientas de control.

A continuación se describirá a través de un listado, los ítems que considerará esta metodología:

- Codificación de carpetas y archivos.
- Organización del espacio físico y virtual
- Clasificaciones de archivos según proyecto y según revisiones por el supervisor.
- Estandarización de planos con un rótulo empresarial
- Estandarización de fuentes de texto, tipos de líneas y grosores de estas.
- Encargar a una persona con la función de “control de calidad” del plano (supervisar).
- Utilizar referencias del resto de documentos del proyecto.
- Constante actualización de planos, con cambios de piezas comerciales y cambios de materiales.

Para lograr cada una de las características previas se considerarán las siguientes acciones:

1. Ordenamiento de archivos desde lo general a lo particular. La idea es ordenar los archivos desde el conjunto general hasta la última pieza del último subconjunto. Por ejemplo, considerar el siguiente orden:
    i. Conjunto general
        1. Subconjunto A
            a. Pieza A.1
            b. Pieza A.2
            c. Pieza A.3
        2. Subconjunto B
            a. Pieza B.1

b. Pieza B.2

2. Codificación de proyectos. Se recomienda codificar cada proyecto según fecha, número de proyecto y nombre, con la finalidad de agilizar el proceso de búsqueda de archivos. La estructura es la siguiente: FECHA-N°PROYECTO-NOMBRE, como por ejemplo.

   Proyecto: Diseño de turbina Francis (Siglas de reconocimiento: TF)
   Carpeta de proyecto: 20181229 - 02 - Turbina Francis

   Esta distribución permitirá que el computador (espacio virtual) ordene las carpetas de acuerdo a la fecha. Además, el número de proyecto también responde a un ordenamiento temporal.

3. Codificación de piezas, subconjuntos y conjuntos. Se recomienda codificar los archivos con la siguiente estructura: N°PROYECTO – SIGLA – N°PLANO. Por ejemplo:

   Conjunto: 02 – TF – 2.0.0
   Subconjunto A: 02 – TF – 2.1.0
   Pieza A.1: 02 – TF – 2.1.1
   Pieza A.2: 02 – TF – 2.1.2
   Pieza A.3: 02 – TF – 2.1.3
   Subconjunto B: 02 –TF – 2.2.0
   Pieza B.1: 02 – TF – 2.2.1
   Pieza B.2: 02 – TF – 2.2.2

   El número de plano considera: (Nro de proyecto **.** Nro de subconjunto **.** Nro de pieza). En el rótulo se deberá considerar esta distribución para el ítem: número de piezas.

Otra opción de ordenamiento de archivos, es la utilización de aplicaciones computacionales, comenzando por una nube en línea como por ejemplo, Dropbox. Esta aplicación permite almacenar, administrar y sincronizar documentos online, con la posibilidad de compartirlos con otros usuarios, en otras ubicaciones del planeta. Cabe destacar, que esta

aplicación permite guardar archivos de toda índole, por lo que no se focaliza en archivos digitales de softwares CAD.

Al igual que Dropbox, existen otras aplicaciones online, como es el caso de OneDrive o Drive de Google, los que cumplen las mismas funciones.

Sin embargo, la idea es focalizarse en el almacenamiento de archivos CAD. Es por aquello que se ha considerar la herramienta Autodesk Vault, en sus versiones Basic y Professional.

Autodesk Vault es una herramienta computacional que almacena, distribuye y controla archivos CAD, específicamente del software Autodesk Inventor. Ayuda a organizar los archivos y guardarlos en una única ubicación para facilitar el acceso. Permite conservar todas las versiones de archivos, lo que elimina el riesgo de pérdida. La bóveda guarda cada versión, por lo que se contará con un registro histórico del proyecto mientras se trabaje en él.

En un equipo de diseño, todos los archivos y datos asociados se almacenan en un servidor, de manera que todos los usuarios puedan acceder a la información y al historial de archivos. Cada miembro del equipo debe tener un nombre y contraseña de inicio de sesión única.

Previamente se mencionaron las dos versiones de Autodesk Vault, Basic y Professional. A continuación se mencionaran las funcionalidades que comparten entre sí:

- Integración directa de CAD
- Soporte de CAD
- Rápida búsqueda de datos

- Ubicación centralizada para archivos de proyectos.
- Diseño concurrente
- Fácil administración y configuración
- Integración de archivos de Microsoft Office

Sin embargo, la versión Professional contempla más funcionalidades que el Basic, las cuales se mencionarán a continuación:

- Gestión de datos visuales para Inventor
- Publicación automática y gestión de PDFs
- Proyectos y reportes
- Control de revisiones
- Seguridad de datos.
- Integración de Microsoft Outlook
- Proyectos con ciclos de vida
- Office Vault
- Integración con Revit
- Integración con ERP
- Gestión de BOM
- Órdenes de cambio automatizadas
- Objetos personalizados
- Escalabilidad multisitio

Ambas opciones son válidas (con compatibilidad CAD), sin embargo, los costos son totalmente distintos. De hecho, Autodesk Vault Basic viene incluido con el paquete de Inventor, en cambio la versión Professional se debe adquirir de forma separada, considerando el software para configurar el servidor y el software para configurar al usuario común.

Impacto generado por el área de Gráfica y Diseño en tiempos y costos

El área de Gráfica y Diseño es una de las más importantes del proceso de fabricación y ensamblaje de un mecanismo, por ende influye de gran manera en el producto final afectando tanto en los tiempos de fabricación como en los costos finales del proyecto.

Por lo mismo, es necesario disminuir el error producido en esta área para que el producto final no adquiera costos adicionales ni que la empresa sea multada por incumplimiento de plazos.

Es necesario explicar y detallar cada uno de los tiempos y costos aplicados en el área.

Tiempos de trabajo del área de Gráfica y Diseño

El área cuenta con dos roles relevantes: ingeniero de diseño y dibujante. El primero cuenta con tiempo suficiente para definir la ingeniería de detalle, puesto que la ruta crítica del área se la adjudica el dibujante.

El dibujante posee tiempos definidos de trabajo:

1. Tiempo de preparación: en este período el dibujante recopila la información suficiente para iniciar el trabajo, junto con definir la codificación del plano y el listado de piezas principal.
2. Tiempo de trazado previo: en este período se espera definir las dimensiones principales del conjunto y piezas.
3. Tiempo de dibujo de elementos y piezas principales: en este período el dibujante comienza a dibujar los elementos principales definidos en el listado de piezas.
4. Tiempo de dibujo repetitivo: se deja definido el estándar de dibujo, se buscan las simbologías utilizadas para piezas comerciales. Trabajo tedioso de dibujos de piezas comerciales definidas, a partir de la normativa de dibujo existente.
5. Tiempo de correcciones y modificaciones: este tiempo es significativo, puesto que el área requiere de un feedback preciso. Es aquí en donde el ingeniero a cargo del área supervisa los planos realizados por el dibujante. En este período se incluye la

modificación solicitada por el supervisor. Además, aquí se consideran las correcciones solicitadas por el área de mecanizado.

6. Tiempo de administración: tiempo utilizado para la organización y manejo de archivos de planos, definir rotulado y asignación de tareas. Este período depende principalmente de la normativa y los estándares definidos por la empresa.
7. Tiempo de recopilación de información: es el tiempo considerado para la recopilación de antecedentes de ingeniería básica, de archivos anteriores, búsqueda de semejanzas con proyectos similares y búsqueda o selección de materiales.
8. Tiempo de pérdidas: pérdida de tiempo en distractores, salidas al baño, que finalmente son ajenos al trabajo de dibujo en sí.

Estos tiempos quedan definidos dentro del plazo establecido por el cliente (tiempo final del proyecto), por lo que tienen gran impacto en el cumplimiento de este. Se espera, incluso, que estos tiempos sean más cortos para darle énfasis a las correcciones y modificaciones, que puedan provenir del área de mecanizado.

Con la aplicación de los sistemas CAD/CAM/CAE se logra la disminución de tiempos totales de trabajo por la empresa manufacturera (si es que utiliza máquinas de control numérico) puesto que con esta implementación se logra simular y programar virtualmente lo realizado en la realidad.

Costos del área de Gráfica y Diseño

Otro factor que mide el impacto generado son los costos producidos por el área en cada proyecto. Cabe destacar que uno de los costos principales se relaciona con el tiempo de trabajo del dibujante, mencionado anteriormente.

A continuación, se detallarán los costos del área para la fabricación de productos:

1. Costos por personal: considera el costo producido por el sueldo mensual del personal.
    - Costo por HH (Horas Hombre) del ingeniero
    - Costo por HH (Horas Hombre) del dibujante: relacionado con los tiempos mencionados.
2. Costos de insumos del área: costo por materiales y equipos del área.

- Papelería
- Plotter
- Fotocopiadora

3. Costo de Licencia por un año (pago software): considera el pago de la licencia de softwares utilizados, que para este caso puede ser anual.
4. Costos por capacitación (sólo si es necesario): si fuese el caso de adquirir un nuevo equipo o una nueva aplicación, es necesario invertir en capacitar el personal para su ocupación.
5. Costos por mantención de equipos (computador, plotter): considera el pago de mantención de equipos y por soporte técnico.
6. Costos de multas por incumplimiento de plazos: se espera que no exista este costo, ya que se produce cuando se supera el plazo acordado con el cliente para el término de proyecto.

Propuesta de sistematización e indicadores económicos

Para intensificar el análisis del área de Gráfica y Diseño se realiza una propuesta de sistematización del proceso, el cual constará de la implementación de softwares CAD (AutoCAD e Inventor) y la aplicación de la propuesta de gestión de archivos. Con esto se espera que el proceso de confección de planos sea más fluido, y permita la reducción de tiempos.

Para comenzar se asumirá un caso como ejemplo, el cual consta de un proyecto para una empresa manufacturera. Este proyecto corresponde a la fabricación de soportes de cableado eléctrico para un funicular.

En este ejemplo, la empresa mandante genera y entrega los planos a la maestranza (empresa manufacturera) para que esta proceda a la fabricación. Algunos datos económicos son:

- Cobro por trabajo: $20.000.000
- Utilización de 600 horas hombre en total.
- Costo de fabricación: $12.000.000

A continuación, se presentan imágenes del trabajo de fabricación:

Ilustración 36: Fabricación de soportes para Loma Larga

Posterior a la fabricación, se llevan los soportes fabricados a terreno en donde surge un problema: las dimensiones exceden el espacio disponible, lo que implica que se produjo un error en el diseño.

Producto de lo anterior, se requiere de una solución, la cual consiste en la modificación de los planos y la re-fabricación. Con esto, se requiere de lo siguiente:

- Horas hombre de Ingeniero 3 HH
- Horas hombre de proyectista 5 HH
- Modificación 300 HH
- Se considera una pérdida de tiempo para la empresa de 15 días.

Con este ejemplo se puede concluir que un error en el diseño significa un gran costo, tanto para la empresa mandante como para la empresa manufacturera.

El ejemplo da cuenta de que falla el área de Diseño, la cual puede mejorar levantando la información de manera más certera. Es aquí en donde se involucra la propuesta de sistematización, reduciendo tiempos de elaboración de planos (para aumentar los tiempos de revisión en terreno). Además, se puede elaborar un modelo 3D (en Inventor) de la maquinaria completa, para verificar que la información, incluida en los planos de la empresa mandante, sea correcta.

Es necesario controlar y analizar el impacto a través de la generación de indicadores o KPI de productividad y optimización. Se considerará una alternativa al funcionamiento actual del área, la cual consiste en la implementación de softwares CAD (AutoCAD e Inventor) y la aplicación de la propuesta de gestión de archivos. Esto implicaría una reducción en tiempos y costos, los cuales serán valorizados en el siguiente tema.

Los indicadores de productividad y optimización son los siguientes:

- Tiempo actual de trabajo del área por proyecto (promedio) [horas-hombre]
- Tiempo al implementar alternativa, por proyecto (promedio) [horas-hombre]
- Porcentaje de reducción de tiempo del área promedio [%]
- Cantidad de planos generados por proyecto actual promedio [-]
- Cantidad de planos generados por proyecto promedio con la alternativa [-]
- Porcentaje de aumento de cantidad de planos promedio [%]
- Tiempo actual de trabajo total por proyecto (promedio) [horas-hombre]
- Tiempo total al implementar alternativa, por proyecto (promedio) [horas-hombre]
- Porcentaje de reducción de tiempo total promedio [%]
- Cantidad promedio actual de revisiones por error en planos [-] (por proyecto)
- Cantidad promedio de revisiones al implementar alternativa, por error en planos [-] (por proyecto)

Es importante definir cómo se calculará el porcentaje de reducción de los parámetros:

$$\%Reducción = \left|\frac{Valor_{actual} - Valor_{alternativa}}{Valor_{actual}}\right| * 100\% \quad (1)$$

De igual manera, se define cómo se calculará el porcentaje de aumento de los parámetros:

$$\%Aumento = \left|\frac{Valor_{alternativa} - Valor_{actual}}{Valor_{actual}}\right| * 100\% \quad (2)$$

A continuación, se valorizarán los indicadores mencionados en el tema anterior, considerando el proyecto como base.

Tabla 1: Indicadores de productividad y optimización

Indicador	Cálculo	Valor	Unidad
Tiempo actual de trabajo del área por proyecto (promedio)	-	120	Horas-hombre
Tiempo al implementar alternativa, por proyecto (promedio)	-	95	Horas-hombre
Porcentaje de reducción de tiempo del área promedio	$\frac{T_{actual} - T_{alt}}{T_{actual}}$	20,8	%
Cantidad de planos generados por proyecto actual promedio	-	11	planos
Cantidad de planos generados por proyecto promedio con la alternativa	-	11	planos
Porcentaje de aumento de cantidad de planos promedio	$\frac{P_{actual} - P_{alt}}{P_{actual}}$	0	%
Tiempo actual de trabajo total por proyecto (promedio)	-	900	Horas-hombre
Tiempo total al implementar alternativa, por proyecto (promedio)	-	875	Horas-hombre
Porcentaje de reducción de tiempo total promedio	$\frac{TT_{actual} - TT_{alt}}{TT_{actual}}$	2,8	%
Cantidad promedio actual de revisiones por error en planos (por proyecto)	-	3	revisiones
Cantidad promedio de revisiones al implementar alternativa, por error en planos (por proyecto)	-	1,5	revisiones

Al igual que los indicadores de productividad y optimización, es necesario generar indicadores económicos que entreguen información respecto al impacto sobre los costos. La empresa manufacturera tendrá en consideración estos indicadores para poder analizar la factibilidad de las propuestas.

Se generaron los siguientes indicadores económicos:

- Costos actuales del área por proyecto (promedio) [pesos]
- Costos del área por proyecto al implementar alternativa (promedio) [pesos]
- Porcentaje de reducción de costos [%]
- Costo por plano aproximado actual [pesos]
- Costo por plano aproximado con alternativa [pesos]
- Costo por licencia de software (seleccionado) anual [pesos o dólares]

Se presentará una tabla con la valorización de los indicadores económicos, tomando en cuenta datos del proyecto ejemplo:

Tabla 2: Indicadores económicos

Indicador	Cálculo	Valor	Unidad
Costos actuales del área por proyecto (promedio)	$\frac{Costos\ anuales\ área}{20\ proyectos}$	500.000	pesos
Costos del área por proyecto al implementar alternativa (promedio)	$\frac{Costos\ anuales_{alt}}{20\ proyectos}$	400.000	pesos
Porcentaje de reducción de costos	$\frac{C_{actual} - C_{alt}}{C_{actual}}$	20,0	%
Costo por plano aproximado actual	$\frac{Costos\ anuales\ área}{200\ planos}$	49.200	pesos
Costo por plano aproximado con alternativa	$\frac{Costos\ anuales_{alt}}{200\ planos}$	39.500	pesos
Costo por licencia de software (seleccionado) anual	–	2.947.000	pesos

NOTA: Se consideran como promedio 20 proyectos y un estimado de 200 planos anualmente.

Además, con lo mostrado en la tabla de indicadores económicos es posible generar un flujo de caja del área considerando lo siguiente:

- Inversión:
    - Costo por hardware (PC, Accesorios y plotter)
    - Costo por licencia de software (anual) y soporte
- Depreciación de equipos computacionales, considerando 6 años de vida útil con depreciación lineal (dato obtenido desde el SII).
- Ingresos o utilidades anuales por proyectos, al implementar alternativa. (Se considera un aumento anual de un 2%)
- Costos anuales por proyectos, al implementar alternativa. (Se asumen costos constantes)
- Tasa de descuento para el cálculo del VAN, 15%.

Los valores de inversión que se contabilizan son:

Tabla 3: Valores de inversión de hardware

Inversión de hardware	Valor de inversión
Valor libro PC	$547.000
Valor libro Accesorios	$99.000
Valor libro Plotter	$524.000
SUMA	**$1.170.000**

Tabla 4: Valores de inversión de licencia + soporte de softwares

Inversión de licencia	Valor de inversión
AutoCAD	$2.423.500
Inventor	$2.620.000
SUMA	**$5.043.500**

Al involucrar depreciación lineal para los equipos computacionales, se debe dividir la inversión total de hardware sobre la vida útil (obtenida desde página SII).

$$Depreciación = \frac{Inversión}{Vida\ útil} = \frac{\$1.170.000}{6} = \$195.000 \quad (3)$$

Por lo tanto, la tabla de depreciación queda como:

Tabla 5: Depreciación de hardware

Año	Depreciación de hardware
0	0
1	$ 195.000
2	$ 195.000
3	$ 195.000
4	$ 195.000
5	$ 195.000
6	$ 195.000
7	$ 195.000
8	$ 195.000
9	$ 195.000
10	$ 195.000

En el anexo B, se logra mostrar el flujo de caja realizado con las consideraciones pertinentes. Junto con esto se pudieron obtener los siguientes indicadores económicos:

Indicador	Valor	Unidad
VAN	$15.206.129,52	Pesos
TIR	67	%
Payback	1,63	años

Con los indicadores de productividad y optimización se puede concluir que el hecho de implementar la alternativa permite que se reduzcan en gran parte los tiempos de trabajo. Sin embargo, la cantidad de planos elaborados dependerá netamente de los proyectos que se adjudique la empresa.

Por otra parte, los indicadores económicos muestran que la implementación es rentable, reduciendo los costos del área en un 20%, afectando en los costos totales de la empresa. Además, se observa que el VAN y la TIR son positivos por lo que la rentabilidad de la implementación es aceptable. Se espera que la inversión se recupere en 2 años aproximadamente.

CONCLUSIONES

El área de Gráfica y Diseño de las empresas manufactureras tiene mucha importancia en el funcionamiento de estas, ya que influye de gran manera en los tiempos y costos de la empresa.

En todo ámbito de la ingeniería se están viviendo avances de modo exponencial en cuanto a las tecnologías utilizadas, por ende es importante tener un contexto de las metodologías de diseño y del trabajo en el área de gráfica de una empresa metalmecánica. Además, identificar los diferentes escenarios que ha tenido la empresa manufacturera en esta área, permite analizar lo que puede deparar para el futuro, en cuanto a las nuevas tecnologías y aplicaciones.

Es importante destacar que se deben seleccionar las herramientas adecuadas para el correcto andar del área; herramientas que permitan mejorar el desempeño y la eficiencia del dibujante y el diseñador, por lo mismo, este trabajo sirvió para entregar la información más relevante de los desarrollos y tecnologías para que esto se logre.

En la actualidad, las empresas se han digitalizado y poseen personal capacitado para el manejo de los distintos equipos, lo que permite que la implementación de las nuevas tecnologías sea menos costosa y más rápida.

La matriz de selección desarrollada ayudará a todo usuario dispuesto a incorporar CAD/CAM/CAE, considerando las distintas características mostradas en ella.

Otro recurso importante fue el desarrollo de la propuesta de gestión de archivos, la cual permitirá ordenar y gestionar los archivos digitalizados para una fácil accesibilidad.

La propuesta de sistematización se realizó para reducir los errores en el área, disminuyendo tiempos muertos del dibujante y permitiendo una visualización virtual de lo que se va a construir o fabricar. Esta es totalmente rentable, entregando valores de VAN ($15.206.129,52) y TIR (67%) positivos. Además, el capital invertido en equipos y licencias de softwares se podrá recuperar en aproximadamente 2 años, con los ingresos y costos del área descritos.

La propuesta permite proyectar el funcionamiento del área a través de la elaboración de indicadores de productividad y optimización.

Como el área depende del desarrollo de las tecnologías, se espera que esta vaya en desarrollo también, implementando CAM en un futuro, lo que permitirá visualizar virtualmente lo que se fabricará y los percances que se producirán durante la fabricación.

Se espera que a futuro se hable de CAM como actualmente se habla de CAD. Esto es tarea de todos los ingenieros, incorporando el aprendizaje a nuevas tecnologías.

Este trabajo servirá para abrir nuevos rumbos y desarrollos en la manufactura, facilitando las labores de los dibujantes, y esperando disminuir los costos que conlleva el proceso de fabricación.

BIBLIOGRAFÍA

[1] Soporte de productos Autodesk - https://knowledge.autodesk.com/es/support/

[2] Comparación Inventor vs Solidworks - https://www.redstackshop.com.au/cad-review-autodesk-inventor-vs-solidworks

[3] Claudia Marcela Sánchez, Ing. Carlos Julio Cortés – "Conceptos de diseño para manufactura (DFM) de piezas microfundidas."

[4] Ing. Aldair Matheis de la Cruz, Dr. Fernando Ortiz Flores – "Generación de un modelo de diseño en una empresa metalmecánica"

[5] Julián Arco Díaz – "Dibujo Arquitectónico I"

[6] César Campos – "El plano de fabricación de piezas mecánicas. Estudio de su elaboración y lectura."

[7] Gabriel Jaime Páramo – "Aplicaciones de los Sistemas CAD/CAM en la Manufactura Moderna."

[8] R. R. Martínez – "Criterios para seleccionar sistemas de diseño y manufactura asistidos por computadora (CAD/CAM)"

[9] Pricing of Popular CAD Programs: Solidworks vs Onshape vs Inventor vs Solidedge vs Catia vs SketchUp - https://www.3dnpd.com/pricing-of-popular-cad-programs-solidworks-vs-onshape-vs-inventor-vs-solidedge-vs-catia-vs-sketchup-vs-etc/

[10] Miranda, F (2000) - "La gestión del proceso de diseño y desarrollo de productos"

[11] Página Web Solidworks - https://www.solidworks.com/es

[12] Página Web Solid Edge - https://solidedge.siemens.com/es/

[13] Página Web Catia - https://www.3ds.com/es/productos-y-servicios/catia/

[14] Página Web Ansys - https://www.ansys.com/

[15] Página Web SurfCAM - http://www.surfcam.com/

[16] Lorenzo Chavalos, Edmundo Sepúlveda, Rimsky Espíndola (1992) – "Evaluación técnico – económica de la implementación de un sistema CAD en una empresa nacional"

ANEXOS

ANEXO A

AutoCAD Mechanical

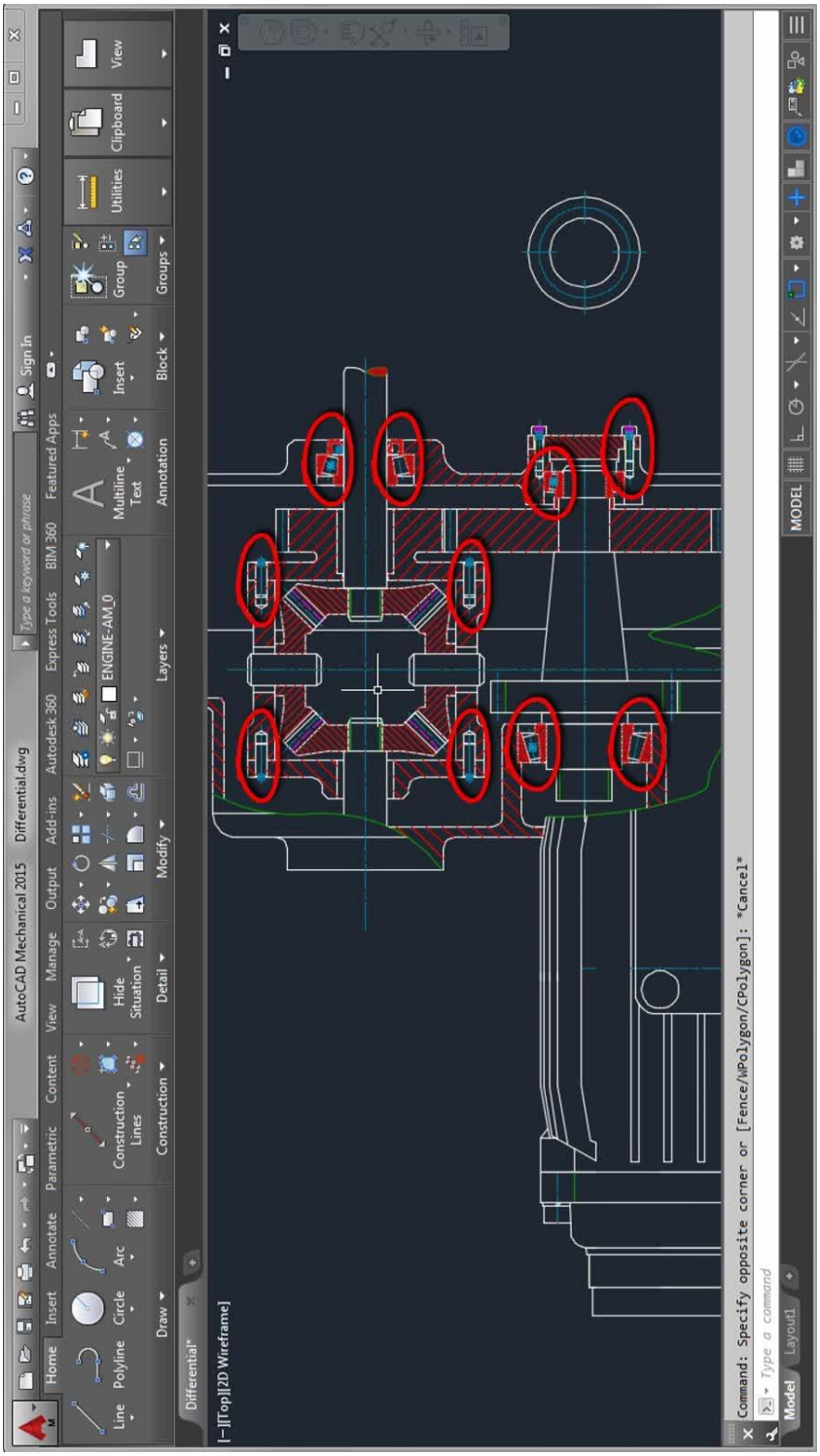


Ilustración 37: AutoCAD Mechanical (Fuente: autodesk.com)

Análisis de Esfuerzos en Inventor

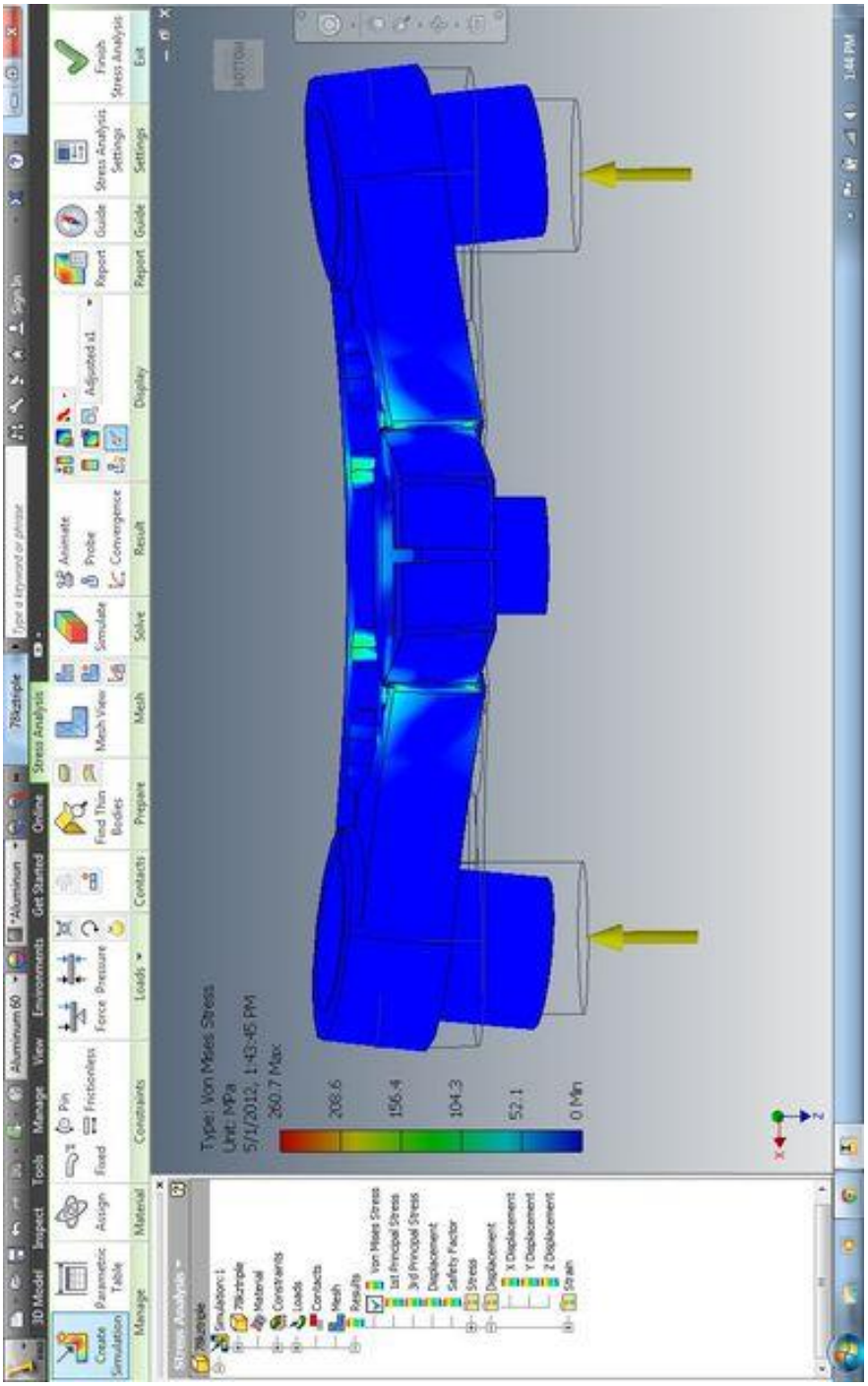


Ilustración 38: Análisis de esfuerzos en Inventor (Fuente: askix.com/como-usar-analisis-de-esfuerzos-en-inventor)

Análisis CFD en Ansys

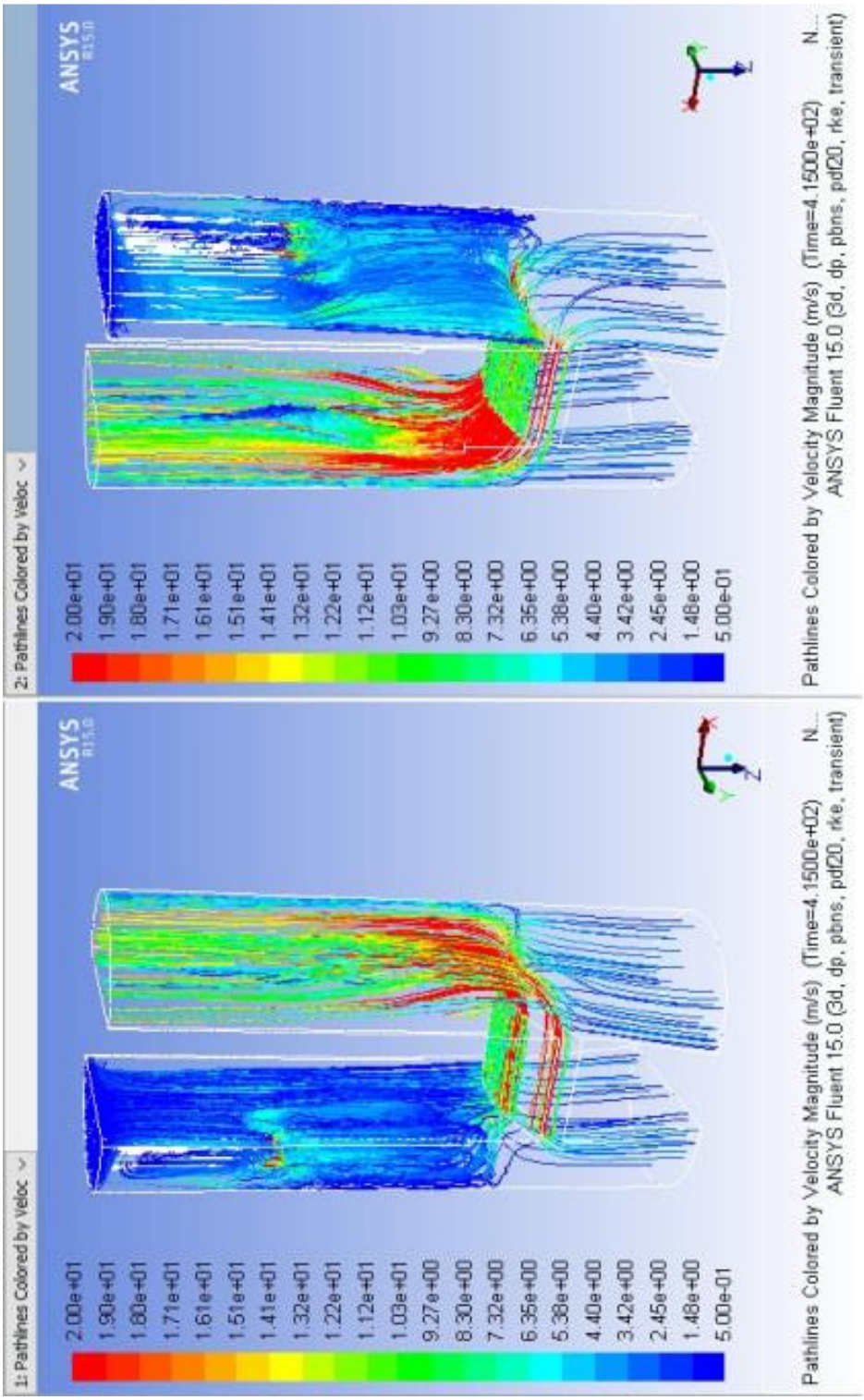


Ilustración 39: Ansys Fluent (Fuente: fiverr.com)

Modelación en Ansys

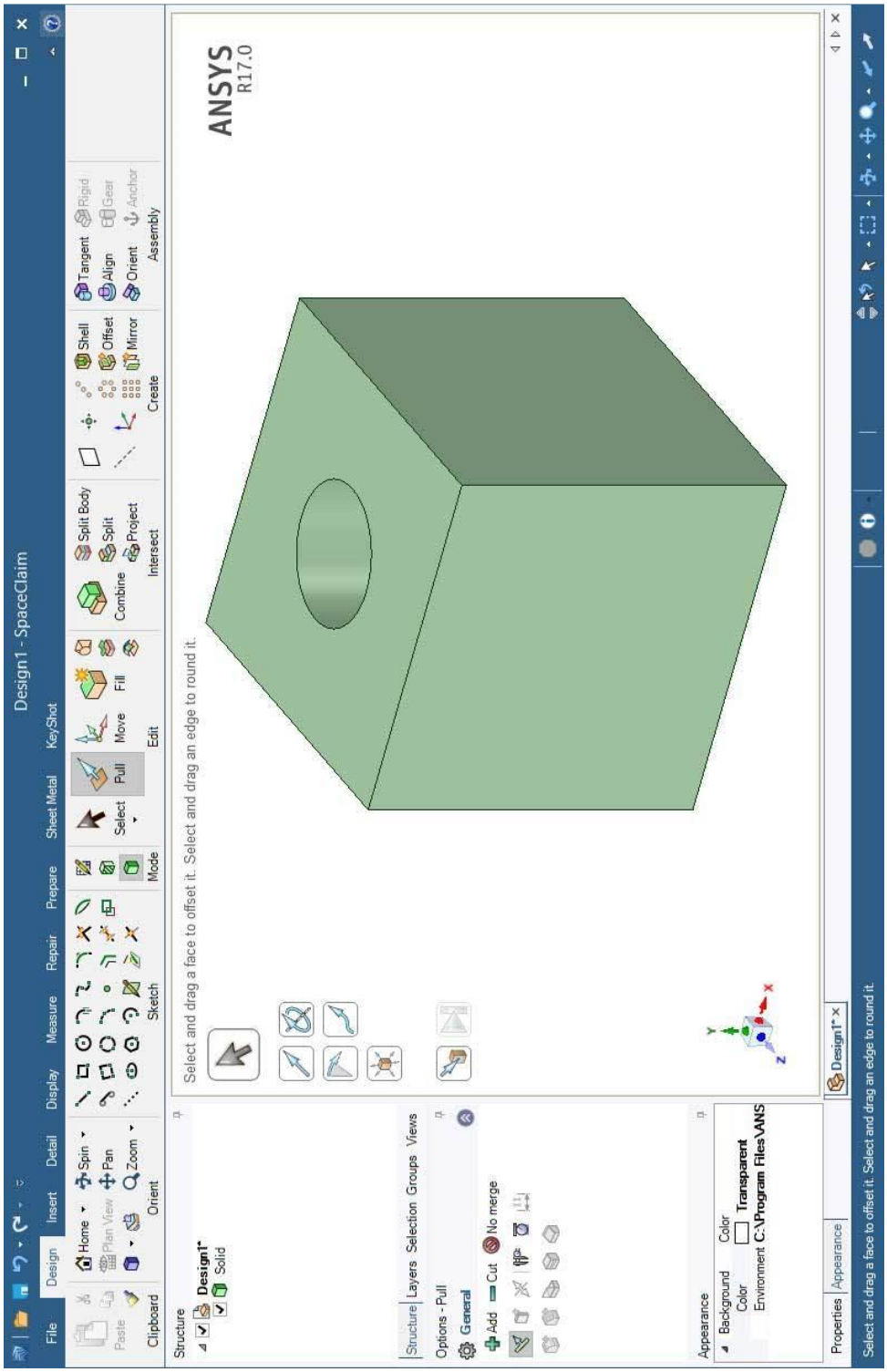


Ilustración 40: SpaceClaim (Fuente: padtinc.com)

Espacio de trabajo SurfCAM

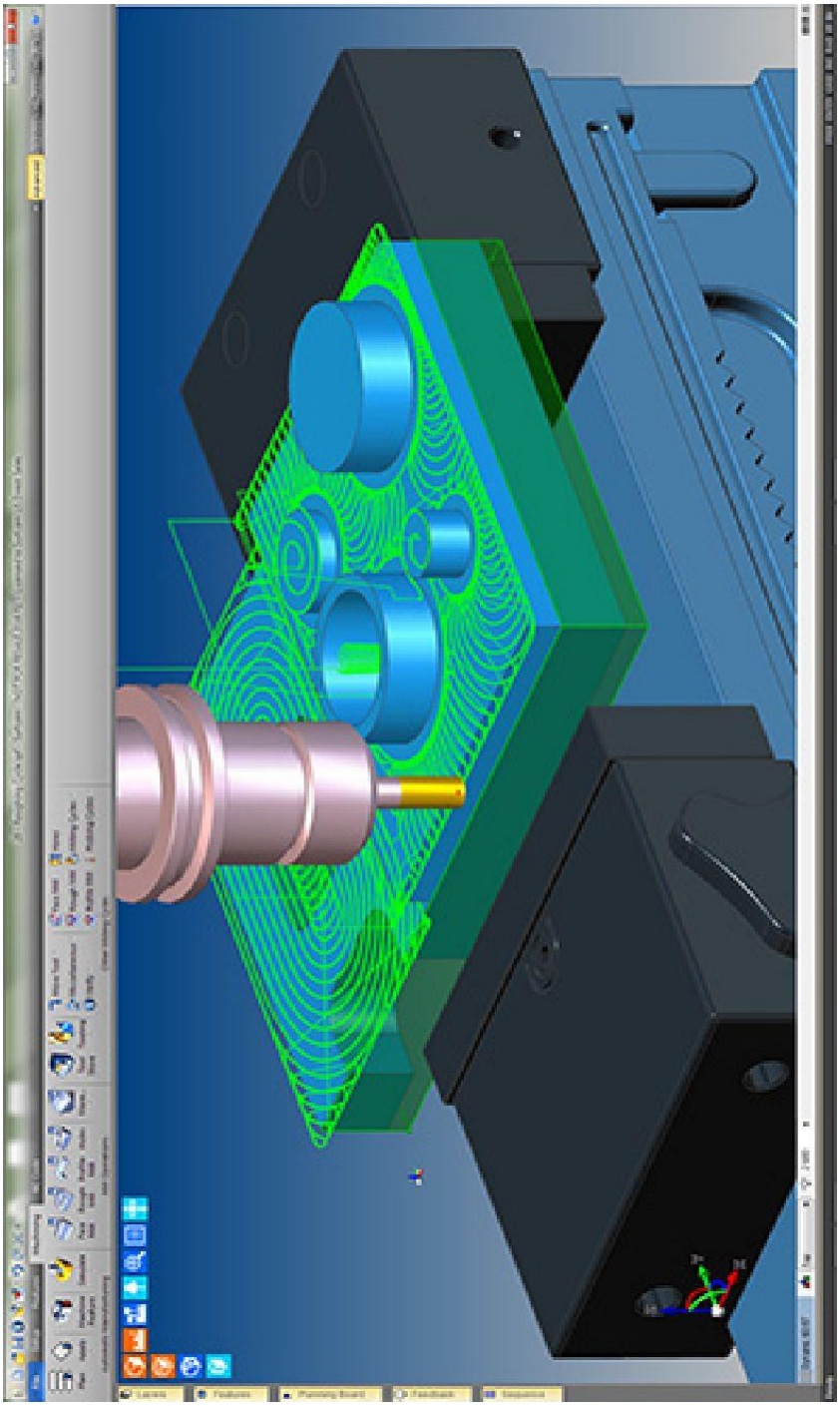


Ilustración 41: Espacio de trabajo SurfCAM (Fuente: appci.com)

ANEXO B

Flujo de Caja área de Gráfica y Diseño

ÍTEM	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ingresos o utilidades		$ 20.000.000	$ 20.400.000	$ 20.808.000	$ 21.224.160	$ 21.648.643	$ 22.081.616	$ 22.523.248	$ 22.973.713	$ 23.433.188	$ 23.901.851
Costos del proyecto		$ 8.000.000	$ 8.000.000	$ 8.000.000	$ 8.000.000	$ 8.000.000	$ 8.000.000	$ 8.000.000	$ 8.000.000	$ 8.000.000	$ 8.000.000
Depreciación de equipos		$ 195.000	$ 195.000	$ 195.000	$ 195.000	$ 195.000	$ 195.000	$ 195.000	$ 195.000	$ 195.000	$ 195.000
Utilidad antes de impuesto	**$ -**	**$ 11.805.000**	**$ 12.205.000**	**$ 12.613.000**	**$ 13.029.160**	**$ 13.453.643**	**$ 13.886.616**	**$ 14.328.248**	**$ 14.778.713**	**$ 15.238.188**	**$ 15.706.851**
Impuestos (27%)	$ -	$ 3.187.350	$ 3.295.350	$ 3.405.510	$ 3.517.873	$ 3.632.484	$ 3.749.386	$ 3.868.627	$ 3.990.253	$ 4.114.311	$ 4.240.850
Utilidad despues de impuesto	**$ -**	**$ 8.617.650**	**$ 8.909.650**	**$ 9.207.490**	**$ 9.511.287**	**$ 9.821.160**	**$ 10.137.230**	**$ 10.459.621**	**$ 10.788.461**	**$ 11.123.877**	**$ 11.466.002**
Depreciación de equipos	$ -	$ 195.000	$ 195.000	$ 195.000	$ 195.000	$ 195.000	$ 195.000	$ 195.000	$ 195.000	$ 195.000	$ 195.000
Inversiones	$ 6.213.500	$ 5.043.500	$ 5.043.500	$ 5.043.500	$ 5.043.500	$ 5.043.500	$ 6.213.500	$ 5.043.500	$ 5.043.500	$ 5.043.500	$ 5.043.500
Recuperación de capital											$ 390.000
Flujo de Caja	**$ -6.213.500**	**$ 3.769.150**	**$ 4.061.150**	**$ 4.358.990**	**$ 4.662.787**	**$ 4.972.660**	**$ 4.118.730**	**$ 5.611.121**	**$ 5.939.961**	**$ 6.275.377**	**$ 7.007.502**
Flujo acumulado	$ -6.213.500	$ -2.444.350	$ 1.616.800	$ 5.975.790	$ 10.638.577	$ 15.611.236	$ 19.729.966	$ 25.341.087	$ 31.281.048	$ 37.556.425	$ 44.563.927

VAN	$15.206.129,52
TIR	67%
Payback	1,63

Tasa de descuento	
i	15%