



300617  
**UNIVERSIDAD LA SALLE A. C.**

**ESCUELA DE INGENIERIA  
INCORPORADA A LA U. N. A. M.**

5  
29

**"IMPLANTACION DE UNA PLATAFORMA INICIAL  
DE SISTEMA CAD, EN LA INDUSTRIA NACIONAL  
DE AUTOPARTES"**

## **TESIS PROFESIONAL**

QUE PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE:

**INGENIERO MECANICO - ELECTRICISTA  
AREA PRINCIPAL EN INGENIERIA MECANICA  
P R E S E N T A  
ADOLFO BENJAMIN ARELLANO MAYA**

MEXICO D.F.

1994

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## Dios mío: gracias

A mi papá que me ha dado un ejemplo inborrable de honradez, constancia y amor por la familia.

A mi Tía-madrina por quien siento mucho más cariño que a una tía ó a una madrina.

A mi Abue de quien fuí en buena parte, con quien siempre estoy y a quien espero un día volver a ver enfrente de Dios.

A mi mamá a quien siempre he ofrecido todos mis triunfos y metas logradas, que voy guardando en una alcancía y que en un futuro, no muy lejos, disfrutaremos juntos como pequeña retribución a tu gran amor y sacrificio sembrado en todos nosotros. La soledad no te reconocerá.

A mis dos hermanos con los que viví los años más hermosos de mi vida y con los que espero luchar para hacer felices a mis padre en su futuro.

A Myle quien me ha demostrado con amor que las cosas pueden hacerse de más de una forma y ha hecho crecer un amor, que construye y hace surgir nuevas esperanzas que me motivan a seguir luchando.

A mis Bebés por quienes siempre ofrecí todo lo nuevo que hice y por quienes pienso luchar toda mi vida para darles al menos más de lo que yo alcance.

A mis amigos Juan Carlos, Eduardo, Alejandro y Federico con los que aprendí mucho y viví una etapa muy importante de mi vida.

A la Sra. Carmen, Romina y Belem que me han apoyado en la ejecución de todos los trámites de titulación y que siento parte importante de mi familia.

A mi Tía Bertha por su cariño.

A Henry por su ejemplo y amistad.

A mi Tío Carlos que me ha brindado su apoyo siempre que he tenido que tomar una decisión importante en mi desarrollo profesional.

Al Salesiano por la felicidad y la seguridad que me dió.

Al Indo por ponerme fácil.

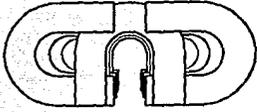
A la UNAM por su fé en mí y en aquellos que se esfuerzan.

A La Salle por dejarme contribuir.

A INFOTEC por lanzarme.

A TFV por dejarme experimentar.

A ATyT por proyectarme.



**INDICE**

---

**INDICE**


---

**INTRODUCCION**

OBJETIVO GENERAL .....	I
OBJETIVOS PARTICULARES .....	I
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	II
ESTRUCTURA DEL TRABAJO .....	II
ALCANCE Y LIMITACIONES .....	IV
METODOLOGIA .....	V
AGRADECIMIENTOS .....	VI

**CAPITULO 1: LA MODERNIZACION INDUSTRIAL EN LA MANUFACTURA**

1.1 ) LA INFLUENCIA DE LA POLITICA Y LA ECONOMIA EN EL DESARROLLO TECNOLOGICO	
1.1.1 ) La División del Mundo por su Industrialización y Desarrollo Tecnológico.....	2
1.2 ) LA APERTURA COMERCIAL DEL PAIS Y LA REACTIVACION TECNOLOGICA .....	3
1.3 ) LA RECONVERSION INDUSTRIAL PARA LA APERTURA COMERCIAL.....	4
1.3.1 ) La especialización internacional del trabajo .....	6
1.3.2 ) Criterios de competitividad actuales .....	8
1.3.3 ) Técnicas tradicionales y actuales .....	13
1.4 ) RECONVERSION INDUSTRIAL MUNDIAL .....	13
1.4.1 ) Las tecnologías de punta y la 3a. Revolución Industrial .....	13
1.4.2 ) Definición de Reversión .....	14
1.4.3 ) La Reversión Industrial en el mundo .....	16
1.4.4 ) La Reversión en Latinoamérica y Nacional .....	16
1.4.6 ) Las ramas industriales impulsadas por la Reversión Industrial nacional .....	19
1.5 ) SITUACION DE LA RAMA AUTOMOTRIZ NACIONAL .....	19
1.5.1 ) La tecnología de punta aplicable a la rama automotriz .....	20
1.5.2 ) Problemática de la Industria Automotriz .....	21

---

## INDICE

1.5.3 ) La microelectrónica aplicada a la automatización de la manufactura .....	21
1.6 ) RESUMEN Y CONCLUSIONES DEL CAPITULO .....	22
 <b><u>CAPITULO 2 : SISTEMAS C.A.D.</u></b>	
2.1 ) ORIGEN DEL DISEÑO AUXILIADO POR COMPUTADORA .....	28
2.1.1 ) El Control Numérico y las computadoras .....	28
2.1.2 ) El rápido avance de la computación : Hardware y Software .....	29
2.2 ) NECESIDAD DE AUTOMATIZAR EL PROCESO DE DISEÑO .....	31
2.2.1 ) Revisión del proceso de diseño .....	32
2.3 ) BENEFICIOS PROPORCIONADOS POR EL CAD .....	41
2.4 ) FUNDAMENTOS DE LOS SISTEMAS C.A.D .....	44
2.4.1 ) Definición de C.A.D. ....	44
2.4.2 ) Descripción del Equipo comunmente aplicado en C.A.D. ....	45
2.4.2.1 ) Unidades Centrales de Proceso ó CPU .....	46
2.4.2.2 ) Diferencias de aplicación de PC's y WS Mercado y Tendencias .....	55
2.4.2.3 ) Dispositivos de entrada .....	59
2.4.2.4 ) Dispositivos de salida .....	64
2.4.2.5 ) Unidades de Almacenamiento y Transferencia .....	79
2.4.2.6 ) Accesorios .....	80
2.4.3 ) Definición y clasificación de Software disponible para C.A.D. ....	83
2.4.3.1 ) Clasificación de los paquetes .....	83
2.4.3.2 ) Generalidades y aspectos característicos de todo sistema C.A.D. ....	87
2.5 ) MERCADO, TENDENCIAS Y TÉCNICAS DE EVALUACIÓN .....	92
2.5.1 ) Mercado .....	92
2.5.1.1 ) Proveedores de sistemas integrales o "llave en mano" .....	93
2.5.1.2 ) Proveedores de soluciones independientes .....	94
2.5.2 ) Método de evaluación, prueba y selección de sistemas ó "Benchmarking" .....	105

---

2.6 ) RESUMEN DEL CAPITULO Y CONCLUSIONES .....	112
---	-----

### **CAPITULO 3 : MANUFACTURA INTEGRADA POR COMPUTADORA: "CIM"**

3.1) RELACION DEL CAD Y EL CIM E IMPORTANCIA DEL CONCEPTO CIM .....	118
3.2) DEFINICION DEL CIM .....	119
3.3 ) OBJETIVO DEL CIM .....	119
3.4) ESTRUCTURA, ARQUITECTURA Y ELEMENTOS .....	122
3.4.1) Estructura .....	120
3.4.2) Arquitectura .....	121
3.4.3) Elementos .....	121
3.4.3.1) Redes de Comunicaciòn y Configuraciones .....	121
3.4.3.2) Bases de Datos .....	122
3.4.3.3) Islas de Automatizaciòn .....	123
3.5 ) FILOSOFIAS, METODOS y TECNICAS COMPLEMENTARIAS .....	127
3.5.1) MRP II .....	127
3.5.2) Just in Time .....	128
3.5.3) Grupos Tecnològicos .....	128
3.5.4) Sistemas Flexibles de Manufactura (FMS) .....	129
3.5.5) Control de Calidad Total (TQC) .....	131
3.6) CARACTERISTICAS DE LA RED CIM .....	132
3.7) PROYECTO DE IMPLANTACION DE UN SISTEMA CIM O DE SUS ELEMENTOS .....	133
3.7.1) Necesidad y Justificaciòn del proyecto CIM .....	133
3.7.2) FASES Y ACTIVIDADES DE IMPLANTACION .....	134
3.7.2.1) Etapa del Anàlisis de Necesidades .....	134
3.7.2.2) Evaluaciòn y Selecciòn de Tecnologias Aplicables .....	137
3.7.3) Estrategia de Implantaciòn .....	138
3.7.3.1) Aspectos a Contemplar en la Implantaciòn .....	138

## INDICE

3.7.4 ) Metodología de Implantación.....	139
3.8 ) CONCLUSIONES.....	141
3.8.1) Importancia del CAD en un proyecto CIM.....	141
3.8.2) Aspectos que el CAD que toma del CIM.....	142
<b><u>CAPITULO 4 : EFECTOS INTANGIBLES E IMPACTO LABORAL Y SOCIAL DE LA IMPLANTACION DE UN SISTEMA CAD.</u></b>	
4.1 ) IMPACTO DE LAS NUEVAS TECNOLOGIAS EN EL TRABAJO.....	146
4.1.1 ) Administración del cambio .....	146
4.1.2) Efectos de la tecnologías en el trabajador y el gerente.....	147
4.2 ) EL CAD EN LA ORGANIZACION DE TRABAJO. ....	149
4.2.1 ) Cambio del sistema de trabajo con el CAD .....	149
4.2.2) Educación, cambio de actitud y entrenamiento .....	150
4.2.3 ) Productividad y sus parámetros .....	151
<b><u>CAPITULO 5 : IMPLANTACION DE UN SISTEMA INICIAL DE CAD</u></b>	
5.1 ) ANTECEDENTES.....	154
5.2) IMPORTANCIA DE LA TECNOLOGIA CAD EN LA INDUSTRIA METAL MECANICA.....	155
5.2.1 ) La tecnología y la conquista de nuevos mercados.....	155
5.2.2) El CAD y la Industria Metal-Mecánica.....	156
5.2.3 ) La Gerencia media y la actualización tecnológica.....	157
5.2.4) La Justificación del Proyecto CADD.....	157
5.3) ALCANCE DEL PROYECTO DE IMPLANTACION CAD.....	159
5.3.1) Estrategia básica del proyecto .....	160
5.3.2 ) Tipo de empresas elegibles para la aplicación de la estrategia.....	160
5.3.3 ) Proyecto de inversión reducida con resultados a corto plazo.....	161
5.4) ACTIVIDADES PREVIAS A LA DEFINICION DEL PROGRAMA.....	161

---

---

<b>5.5) FASES Y ACTIVIDADES DEL PROGRAMA DE IMPLEMENTACION CAD.....</b>	<b>164</b>
5.5.1 ) Fases del Plan.....	164
5.5.2) Técnicas de Eficiencia y Productividad.....	174
<b>5.6) ALTERNATIVAS DE SELECCION PARA LA INVERSION.....</b>	<b>178</b>
<b>5.7 ) CONCLUSIONES:.....</b>	<b>179</b>

## **CAPITULO 6 : DISEÑO DE HERRAMENTAL, EMPLEANDO UN SISTEMA CADD.**

<b>6.1 ) BENEFICIOS EN EL DISEÑO DE HERRAMIENTA.....</b>	<b>182</b>
6.1.1 ) Explotación de las facilidades de la 3era. dimension.....	183
6.1.2) Programación de los procedimientos rutinarios de cálculo .....	183
<b>6.2) BENEFICIOS EN EL DISEÑO DE TROQUELES.....</b>	<b>184</b>
<b>6.3 ) TEORIA DE TROQUELADO.....</b>	<b>189</b>
6.3.1) La prensa troqueladora.....	189
6.3.2 ) El herramental o troquel.....	190
6.3.2.1 ) El troquel de punzonado.....	191
6.2.3) El material a procesar.....	194
6.3.4) Teoría del cizallado.....	194
<b>6.4) CASO DE ESTUDIO.....</b>	<b>195</b>
6.4.1) Problema.....	195
6.4.2 ) Alternativas.....	196
6.4.3) Proceso de generación del diseño derivado.....	196
6.4.4) Mejoras al proceso de manufactura.....	198
6.4.5) Planificación del proceso de troquelado.....	198
6.4.6) Proceso del diseño del troquel.....	206
<b>6.5) CONCLUSIONES DEL CAPITULO.....</b>	<b>212</b>

---

**CONCLUSIONES**

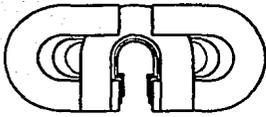
**GLOSARIO**

**BIBLIOGRAFIA**

**APENDICE**

**A1 PROGRAMAS DE PERSONALIZACION**

**A2 FORMULAS PARA EVALUACION DE DESEMPEÑO DE CAD**



## **INTRODUCCION**

---

## INTRODUCCION :

---

La creciente demanda de productos de alta calidad y bajo costo con tiempos de desarrollo y manufactura más cortos, es una realidad que se está orillando a todos los países del mundo a eficientar sus procesos económicos e industriales por medio de la coalición de sus economías y de la unión de esfuerzos para aplicar y compartir las tecnologías más modernas, que ayuden a cumplir con las tres reglas del juego: CALIDAD, COSTO, TIEMPO. De los años 80's en adelante, la tecnología de Diseño Auxiliado por Computadora, CAD, se convirtió en uno de los pilares fundamentales de esta eficientización de los procesos industriales.

El cambio que México está sufriendo desde finales de los 80's en su economía, está forzando a que las empresas superen el estancamiento tecnológico que sufrieron durante más de 40 años. Las empresas están obligadas a cambiar por cuestión de supervivencia. Los productos extranjeros comienzan a llegar México y la competencia ya no se da tan solo para aquellos que están en posibilidades de exportar, la comparación de precios y calidad se está dando en el mismo mercado doméstico con la llegada de los productos extranjeros debido a la apertura comercial. Esto hace que la modernización de la industria se tenga que llevar a cabo tanto en empresas grandes como en medianas, pequeñas y aún también en las microempresas.

El CAD fue considerado por mucho tiempo como una tecnología de lujo, que sólo era aplicada por empresas con capacidad financiera desahogada. Sin embargo esto no continúa siendo así; los sistemas de CAD han evolucionado de tal manera que las inversiones iniciales y los costos de operación ya no son tan elevados como para limitar su alcance a empresas con situaciones financieras ideales o empresas grandes.

Está comprobado que el monto de inversión y los costos de operación de un sistema CAD pueden ser absorbidos eficientemente por una empresa pequeña, si esta sigue un procedimiento adecuado de determinación de necesidades, evaluación de sistemas y una estrategia de implementación que permita introducir el nuevo sistema y los nuevos procedimientos sin provocar ineficiencias e incumplimientos en el trabajo diario, y asegurando el retorno de la inversión en el menor tiempo posible. Esta tesis pretende dar una alternativa para lograr este propósito.

---

### OBJETIVO GENERAL:

---

El presente trabajo estudia las cualidades, que desde el punto de vista de la ingeniería mecánica, tienen la aplicación de las tecnologías CAD/CAM (Diseño Auxiliado por Computadora y Manufactura Auxiliada por Computadora) a los procesos actuales de producción, en la industria metal-mecánica nacional primordialmente, y propone ciertas ideas para implantar estas tecnologías exitosamente aún en empresas pequeñas.

---

### OBJETIVOS PARTICULARES:

---

Los objetivos particulares, para cuyo fin cada capítulo será desarrollado, son los siguientes:

- Identificar las áreas más relevantes del estado del arte en la ingeniería mecánica y su aplicación en la industria moderna.

- Describir los sistemas CAD/CAE/CAM y los beneficios que aportan a la ingeniería tradicional.
- Determinar las metodologías de implantación, su justificación y la importancia de estas, haciendo uso de los criterios de asimilación de nuevas tecnologías y de ingeniería de proyectos.
- Confirmar con resultados verídicos en un caso práctico, las experiencias que previamente en otros países han vivido al implantar esta tecnología en particular.
- Identificar de acuerdo al estado tecnológico de los países en desarrollo, cuales son los países y los sectores con mayor potencial para asimilar rápidamente y dar el uso más rentable de las tecnologías CAD/CAE/CAM.

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA:

---

El planteamiento básico del problema se desarrolla a través de la exposición de la situación económica, productiva y tecnológica del sector manufacturero de nuestro país, en comparación con el de los sectores y los productos manufacturados en otros países del mundo, que tienen dominado el mercado mundial gracias a que nuevas tecnologías han sido desarrolladas y adoptadas para hacer más eficientes sus procesos y más competitivos sus productos.

Este problema se hace más latente con la gran brecha tecnológica y estratégica que tenemos que vencer, para adaptar nuestra realidad industrial y social a la actual apertura comercial y la formación de bloques internacionales de mercado.

## ESTRUCTURA DEL TRABAJO:

---

En este trabajo se analizará en el Capítulo 1, el fenómeno de la "Reconversión Industrial" la cual permite justificar y entender el proceso de la modernización que está llevando a cabo las naciones que dominan las diferentes áreas de la manufactura. De acuerdo a este análisis, se determinarán tanto los criterios que hacen competitivos a los productos, como también, los sistemas actuales que se están aplicando para alcanzar estos lineamientos de competitividad. Entre los sistemas y las tecnologías mencionadas, se distingue claramente que el uso de la computadora es uno de los factores más comunes de la modernización industrial, y por ello es que se centra este estudio a la aplicación de la computadora a las funciones de la ingeniería mecánica.

En el Capítulo 2 se definirá el concepto lo más completo posible de lo que implica el concepto de CAD, (y no tan profundamente otras tecnologías como CAE y CAM) en todo el proceso de diseño y parte de la manufactura, determinando sus alcances y sus límites; asimismo se describirá de manera muy general, algunos de los equipos de cómputo existentes en el mercado para el establecimiento de un sistema de diseño auxiliado por computadora.

En el Capítulo 3 se lleva a cabo una breve relación del entorno o ambiente en que se desenvuelve el CAD/CAM, llamado Manufactura Integrada por Computadora (CIM), que comprende no solo este sistema de diseño sino también a todos aquellos procesos en que la computadora interviene en alguna etapa de la producción, mencionando también las filosofías que han hecho de la organización, la herramienta más efectiva para el uso más provechoso de estos sistemas. Esto permitirá conocer la ubicación y alcance del tema de esta tesis, dentro del universo de la manufactura automatizada, como también el potencial de crecimiento y expansión que esta tecnologías tienen dentro de una planta manufacturera del sector metal-mecánico.

En el Capítulo 4, después de la descripción de los fundamentos teóricos y prácticos del CAD/CAM, se enfoca el trabajo a las conclusiones obtenidas de experiencias de algunos países que, en situaciones económicas, productiva y tecnológicas similares a las que actualmente vivimos, decidieron enfrentarse al riesgo de modernizarse mediante la automatización computarizada. Se mencionan básicamente el impacto social y laboral de la asimilación tecnológica y la naturaleza del cambio que implica la 3a. Revolución Industrial en nuestro tiempo. Este capítulo servirá para entender y plantear un plan adecuado de introducción del sistema, ante el personal directamente involucrado en el diseño, el dibujo y la manufactura, para evitar el fracaso de su implantación debido al desconocimiento y rechazo al cambio.

En el Capítulo 5, de acuerdo a las experiencias expuestas y en base a ciertas opiniones expertas, es posible resumir una serie de criterios generales que se han seguido para implantar de una manera costable, eficiente y segura un sistema de CAD, en un proceso de desarrollo de productos ya existente y que se trata de mejorar. Se expone la experiencia que se tuvo al aplicar todos estos principios a la necesidad real y específica de una empresa de autopartes de tipo mediano. Se resaltan los problemas tanto técnicos para la selección del equipo y la implantación del CAD en el sistema de diseño tradicional, el establecimiento de los programas de entrenamiento para ingenieros, técnicos y dibujantes, los programas de personalización de los procesos de diseño y modificación de los procedimientos.

Por último en el Capítulo 6, ya habiendo establecido las ventajas teóricas, las experiencias similares y los criterios fundamentales de implantación de esta tecnología, se describe la aplicación del sistema de diseño auxiliado por computadora a una necesidad real y específica de la industria de autopartes. Se explica como el sistema fue personalizado y aplicado en el proceso de diseño de una junta de cabeza de motor de combustión interna y del diseño de su troquel, resolviendo un problema urgente de capacidad de producción, gracias al acortamiento del proceso de diseño. Para ello, se exponen los principios indispensables del diseño de troqueles y del proceso de troquelado requeridos para entender el proceso al que el sistema CAD auxiliará. Con este caso se muestra la aplicabilidad de un sistema inicial de CAD, y la manera en que el sistema puede ser personalizado al proceso de diseño específico de una empresa metal-mecánica en una forma eficiente y redituable en el corto plazo.

Al final del trabajo se presentan las conclusiones, el glosario que contiene los principales términos técnicos del trabajo, la bibliografía de los documentos que fueron consultados y de los cuales fueron extraídas algunas de las teorías que soportan este trabajo; y el apéndice que contiene información de referencia de los capítulos 2, 5 y 6, relacionada con la configuración de algunos periféricos, los programas de personalización de diseño de juntas y de automatización de diseño de troqueles, algunos de los reportes que se obtuvieron en el caso práctico de implantación del sistema CAD y del diseño de troqueles, y por último el ejemplo de estructura de un archivo de CAD de producto y herramienta por niveles.

## ALCANCE Y LIMITACIONES:

---

Este trabajo no pretende profundizar en ningún aspecto de computación, ingeniería industrial, ni economía. Busca dar una idea general de lo que implica el término CAD tanto en el concepto como en las consecuencias que su implantación pueden efectuar en procesos ejecutados tradicionalmente, por otro lado, su fin más importante es el demostrar de la manera más objetiva (la económica), que es urgente comenzar a enfrentar la adopción de este tipo de tecnología, si se trata de sobrevivir en un mercado mundial de bajos costos, alta productividad y calidad indiscutible.

Esta es una tesis de ingeniería mecánica que expone algunos conceptos de computación solo para entender sencillamente la manera en que dichos recursos transforman y afectan las funciones de la ingeniería "tradicional administrativa" de nuestro país, en una ingeniería más "creativa". Por otro lado, expone estos detalles de equipo de cómputo y programas, para servir como guía rápida o "checklist" en la selección apropiada de la plataforma para satisfacer las necesidades de otros proyectos de implantación de sistemas CAD en la industria mediana y pequeña del sector metal-mecánico.

Los datos de mercado mostrados fueron obtenidos de fuentes fidedignas, pero desgraciadamente debido a los cambios tan rápidos que sufre el campo de la computación, no se puede asegurar que estos datos sean los más actuales cuando este trabajo sea publicado, por lo que deberán de tomarse con el carácter de temporales y de referencia, exclusivamente.

Solo se propondrán algunas alternativas para iniciar una plataforma inicial de Diseño Auxiliado por Computadora, por lo que los temas de análisis de ingeniería, maquinados y programación del control numérico solo se expondrán lo suficiente para comprender la trascendencia de la implantación de un sistema inicial bien fundamentado en equipo, programas y cambio de procedimientos, enfocados al acoplamiento de las demás tecnologías auxiliadas por computadora (CAx)

Dado que esta tecnología se encuentra entrando a su fase de madurez en los países desarrollados y en su fase de crecimiento en nuestro país, quedarán aún muchas cuestiones que resolver y desarrollar, por lo que se tratará de abarcar lo más que sea posible en la solución de los problemas de la operación de un departamento de ingeniería, con la aplicación de los recursos de CAD que brinda actualmente el mercado local.

La exposición del caso real de implantación del sistema CAD involucrará aspectos prácticos de ingeniería mecánica, esto quiere decir, que se hablará de procedimientos de creación de dibujo técnico y administración de esta información, especificación de materiales, tolerancias, listas de materiales y cálculo de ciertas funciones como desarrollos planos de dobles para lámina, teoría del cizallamiento, etc.. Sin embargo, no se profundizará mucho en sus principios básicos. Posteriormente se describirá el caso de aplicación del sistema CAD en el procedimiento de diseño para troqueles, donde se profundizará un poco en los principios de cizallamiento de materiales y troquelado.

---

## METODOLOGIA:

---

El trabajo esta basado en una investigación bibliográfica a partir del año de 1960 al año de 1990, tratando de compilar la mayor cantidad posible de información acerca de:

- la situación económica y tecnológica del país y del mundo
- las definiciones más correctas de los conceptos de CAD y sus elementos
- las experiencias de implantación y sus consecuencias
- los principios de administración de proyectos
- las metodologías generales de implantación y de justificación económica de nuevas tecnologías o tecnologías de "punta".

Se llevó a cabo una investigación del mercado de CAD en 1990, enfocado especialmente a la existencia y crecimiento de proveedores de equipo de computo y programas para la ingeniería; exponiendo muy someramente los núcleos industriales de mayor demanda potencial de estos sistemas y servicios de asesoría.

Por otro lado se exponen los principios teóricos de las siguientes áreas:

- procedimientos de un departamento de ingeniería,
- manufactura,
- computación,
- evaluación de proyectos de inversión en tecnología
- procesos de diseño de herramientas para el troquelado de materiales

Para terminar, se presenta la metodología real que se llevo a cabo para la selección, implantación y aplicación de un sistema CADD, en la industria automotriz; aplicándolo primeramente al diseño y dibujo de juntas de cabeza para motor de combustión interna, y posteriormente a la extensión de sus ventajas a los departamentos de ingeniería del proceso (cálculo de áreas para los procesos de pavonado y optimización del uso de materiales en la formación de cortes en herramientas de troquelado mixtas o múltiples), al diseño de herramientas (troqueles, suajes y pantallas de serigrafía), generación de layouts (formación de familias de partes para grupos tecnológicos y disposición de las máquinas), al departamento de producción y aseguramiento de calidad en la descripción de los cambios de la materia prima y productos en proceso, describiendo las características de control que se han de monitorear en Control Estadístico del Proceso ( Croquis de Información para Producción Normal = IPPN), al departamento de aseguramiento de calidad ( transferencia de las geometrías para la elaboración de los reportes de evaluación de metrología).

Con este caso práctico se incluyen las modificaciones en los procedimientos de ingeniería del producto, los recursos de capacitación requeridos, los medios de justificación, selección y secuencia de incorporación de los diferentes departamentos al uso del sistema CADD, y los beneficios específicos que trajo a cada uno estos departamentos en sus funciones, especialmente al diseño de las herramientas de corte, embutido, engargolado, pantallas de serigrafía y formación de los conjuntos de cortes en herramientas mixtas, múltiples y progresivas.

## AGRADECIMIENTOS:

---

Quiero agradecer a tres empresas que me permitieron adquirir los conocimientos que me dieron la oportunidad posteriormente aplicarlos, viviendo una situación real y muy frecuente en la industria mexicana: la falta de recursos económicos y de información. Gracias a Infotec, mi segunda universidad; ahí tuve oportunidad de conocer la gran cantidad de información técnica que existe y se está generando diariamente, toda la información del estado del arte acerca de los sistemas de diseño auxiliado por computadora y de sus experiencias de implantación en el mundo, gracias por que fue mi mirador para seleccionar el área de mi especialización y mi trampolín para internarme en la rama industrial y la empresa que se encontraba exactamente en la situación de modernización que requería de un proyecto de implantación de nuevas tecnologías. Gracias al IIE dado que me auspicio para asistir a la 1ª Reunión Latinoamericana de Transferencia de Tecnología, que me brindó los conocimientos básicos para iniciar el estudio de los proyectos de implantación de sistemas de CAD y ambientes CIM basados en el conocimiento de expertos de todo el mundo. Gracias a TFV puesto que se me dió la libertad necesaria para poner en práctica todas las iniciativas y conocimientos que adquirí teóricamente en las anteriores instituciones; en esta empresa es donde me fue posible desarrollar en forma realista el contenido de este trabajo y de un trabajo publicado en las memorias de la 1ª, Reunión Nacional de Informática para la Ingeniería, donde expongo mi enfoque acerca de la implantación y el aprovechamiento de la tecnología de punta en mediana y pequeña empresas.

Este trabajo es compendio de conocimientos y experiencias obtenidas en estos tres lugares, por lo que agradezco a las empresas y a las personas que hicieron posible que esta tesis se diera con información verídica y experiencia práctica.



**Modernización Industrial  
en la Manufactura**

# CAPITULO 1:

---

## LA MODERNIZACION INDUSTRIAL EN LA MANUFACTURA

---

### OBJETIVO DEL CAPITULO : Planteamiento del problema

- Describir las situación económica y competitiva nacional a través de la historia contemporánea.
- Diferenciar el rezago tecnológico nacional con respecto a la industria mundial.
- Identificar la necesidad de la adaptación de nuevas filosofías de producción, técnicas y tecnología.
- Identificar los países latinoamericanos con mayor oportunidad de éxito en la modernización mundial.
- Identificar la rama industrial más propicia para la inversión y modernización de acuerdo a su potencial comercial, tecnológico y financiero.



### 1.1 ) LA INFLUENCIA DE LA POLITICA Y LA ECONOMIA EN EL DESARROLLO TECNOLÓGICO

---

Se puede comprobar que, frecuentemente la mayoría de los cambios tecnológicos que han revolucionado la vida del hombre han sido originados por hechos históricos, de orden social, político o económico. Por ello, antes de entrar de lleno a analizar los aspectos técnicos que contempla el tema principal de este trabajo, es necesario establecer las condiciones del entorno económico y social en que nace la tecnología de las disciplinas de la ingeniería auxiliadas por computadora y el impacto que esta tiene en la situación que la industria vive actualmente.

Existen ejemplos claros como son la revolución industrial, la segunda guerra mundial o la carrera espacial, que son acontecimientos que implicaron el desarrollo de nuevas técnicas y metodologías de producción para dominar mercados cautivos por

---

la producción artesanal; estos, trajeron el desarrollo de dispositivos más veloces , exactos y eficientes para ganar guerras, o bien, el desarrollo de materiales y sistemas de control que no dejan una sola variable al azar en un vuelo espacial. Estos ejemplos muestran claramente que la tecnología no nace , en la mayoría de los casos, por el fin mismo de desarrollar algo , sino más bien, para satisfacer necesidades que ya no son del orden primario del hombre, ni de progreso natural y uniforme de toda la humanidad, sino más bien de posicionamiento económico y político de ciertos núcleos de poder en algunos países del mundo.

### 1.1.1) La división del mundo por su industrialización y desarrollo tecnológico.

Estas ideas se manifiestan abiertamente en la influencia que la industrialización tiene sobre las relaciones comerciales , sociales y políticas entre los países del mundo. De entrada el mundo se encuentra dividido en países "industrializados" y países en "vías de desarrollo" , y una de las diferencias que distinguen a estos bloques , es la aplicación y desarrollo constante de nueva tecnología a sus sectores primarios y de transformación, en las respectivas economías de cada bloque.

En este momento , nuestro país es considerado un país en "vías de desarrollo" , y experimenta una severa crisis económica a causa de muchos factores, dentro de los cuales se puede destacar la marcada falta de competitividad de muchas de nuestras manufacturas; que se debe, entre otras razones , al evidente rezago tecnológico que nuestra planta productiva posee. Si analizamos este hecho y determinamos algunas de sus causas , encontraremos una vez más , la relación entre los factores de tipo político, económico y los de orden tecnológico, que han provocado un profundo estancamiento productivo , en comparación a una tendencia mundial de demanda y desarrollo de calidad , servicio , y disminución de costos de la producción de bienes comercializables; lo cual nos muestra, la estrecha relación y efectos bidireccionales que tienen la tecnología y las disciplinas socio-económicas.

## 1.2 ) LA APERTURA COMERCIAL DEL PAIS Y LA REACTIVACION TECNOLOGICA

---

Para evitar en lo posible el estancamiento económico del país y la consecuente crisis social y política, se han ideado muchas estrategias , dentro de las cuales se encuentra la apertura de nuestra economía a las reglas de oferta y demanda del mercado mundial. La actual apertura comercial que esta experimentando nuestro país ha sido justificada bajo muchas razones que bien pueden ser resumidas en dos ideas principales (1) :

La primera, de tipo comercial, pretende reactivar los flujos de entrada y salida de bienes y capital , mediante la ampliación del alcance del mercado nacional, al dominio ya no tan solo doméstico , sino internacional. En este aspecto se pretende que tanto productos como inversión , renueven los modelos de calidad y costo de acuerdo a los existentes en el mercado internacional y se descubran nuevas fuentes de financiamiento mediante la inversión directa en infraestructura , planta industrial y tecnología, en una economía que desde la posguerra mantuvo una filosofía de carácter proteccionista hacia su planta industrial , aislándola de todo intercambio y renovación con el exterior.

La segunda consiste en restablecer un ambiente de libre competencia entre productos internos y del extranjero para hacer reaccionar a los sectores industriales que se encuentran imposibilitados actualmente de ofrecer los niveles de calidad y eficiencia requeridos para competir en un mercado internacional. Indudablemente, esto provocará la lucha por la supervivencia y la desaparición de muchas empresas que no tengan la capacidad para alcanzar estos niveles de calidad y eficiencia, reflejada en bajos costos de producción y cortos tiempos de reacción, para la satisfacción de la demanda del mercado. Sin embargo, esta situación de supervivencia en el mercado interno y de intento por penetrar en el mercado externo, impulsará de manera considerable a algunos grupos, que debido a que el mercado doméstico protegido se volvió un mercado cautivo y poco exigente, habían interrumpido la asimilación de tecnología, y la investigación encaminadas a la mejora constante de sus procesos y productos, pero que sin embargo ya habían aplicado estos recursos de progreso.

Estas dos ideas son parte de un conjunto mucho más complicado de planes, pero que sin embargo son de relevancia para el tema que aquí se trata.

Hasta aquí se pueden establecer cuatro ideas básicas que establecen las relaciones iniciales entre las tecnologías actuales y el entorno donde están naciendo sus aplicaciones más inmediatas:

1) Dada la estrecha relación que existe entre la tecnología y el bienestar económico, social y político de los pueblos, es necesario enfocar intensamente los recursos económicos, sociales y políticos al desarrollo y aplicación de nuevas y más eficientes formas de trabajo.

2) Existe un rezago tecnológico muy marcado entre los medios productivos de nuestro país y los de los países industrializados, provocado por una actitud proteccionista de nuestra economía en contraste con una actitud altamente innovadora y de competitividad del mundo desarrollado.

3) Es necesario iniciar un proceso de modernización tecnológica que tome como metas los parámetros de competitividad del mercado mundial y de alguna manera, los ejemplos de modernización de algunos países que estuviesen, en algún tiempo, en una situación similar a la nuestra.

4) Se deben identificar las tecnologías aplicables para satisfacer nuestras necesidades y reactivar nuestra capacidad ya instalada, y las áreas que requieren ser prioritariamente competitivas.

### **1.3) LA RECONVERSION INDUSTRIAL PARA LA APERTURA COMERCIAL (3)**

A los factores de estancamiento industrial interno de nuestro país es necesario agregar los agentes externos que la primera idea expuso. En los últimos 20 años se ha vivido un proceso de Reversión en los países desarrollados, teniendo como eje la aplicación de nuevas tecnologías a los procesos productivos. La Reversión Industrial significa la aplicación de las "tecnologías de punta" a la reducción costos de producción y la elevación de los niveles de calidad y productividad en la industria.

Durante los últimos veinte años, en los países desarrollados, se ha vivido un proceso de modernización de las estructuras productivas, caracterizada por la investigación,

el desarrollo y la implantación de nuevas tecnologías y filosofías de trabajo; que han tratado de armonizar al máximo la relación entre la fuerza de trabajo, la creatividad del ser humano y la valiosa aportación de la tecnología de equipo y maquinaria de alta sofisticación a los procesos rutinarios. A este proceso se le ha llamado internacionalmente "Reconversión Industrial" y ha sido uno de los principales ingredientes que han provocado que países como Japón, Estados Unidos, Alemania Federal, Francia y otras potencias, dominen el mercado internacional.

Este proceso de "Reconversión" se caracteriza en los países desarrollados por su alto índice de innovación, siendo particularmente importante la innovación aportada por el sector manufacturero, que alcanza del 40 al 80% de los nuevos productos, procesos y técnicas del trabajo desarrollados en estos países, y el otro 10 al 20% es aportado por centros de investigación, institutos y universidades.

En la siguiente tabla es posible observar el crecimiento en la participación del mercado de comercio internacional, que obtuvieron algunos de los países sometidos a procesos de modernización industrial, en comparación con aquellos que han sufrido rezagos de tipo económico, tecnológico y social.

%	1950	1960	1970	1980	1990
<b>Países industrializados</b> E.U.A., Canadá, Japón, etc.	<b>61.1</b>	<b>66.7</b>	<b>71.4</b>	<b>62.9</b>	<b>63.3</b>
<b>Europa Occidental</b> G.B., Francia, R.F.A., etc.	<b>33.4</b>	<b>39.9</b>	<b>43.7</b>	<b>40.2</b>	<b>38.7</b>
<b>Países Socialistas</b>	<b>8.1</b>	<b>11.6</b>	<b>10.6</b>	<b>8.8</b>	<b>10.3</b>
<b>Latinoamérica</b> Argentina, Brasil, México, etc.	<b>12.4</b>	<b>6.8</b>	<b>5.6</b>	<b>5.8</b>	<b>5.9</b>
<b>Países en desarrollo</b> Cuenca del Pacífico	<b>30.8</b>	<b>21.6</b>	<b>18.0</b>	<b>28.2</b>	<b>26.4</b>

Participación de Bloques Mundiales en el Comercio Exterior

Se puede distinguir claramente que los porcentajes de participación en el comercio internacional de los todos los bloques mundiales descritos en el cuadro, se mantienen en niveles constantes a excepción de la participación de los países latinoamericanos que han sufrido una sensible disminución de participación en el mercado. Uno de los principales factores que han propiciado esta situación, es la contracción en las economías de estos países que los han imposibilitado a incorporarse al proceso de "Reconversión" por medio de la investigación y el desarrollo. Por ello, estos países tendrán que adoptar la posición de "asimiladores de tecnología", mientras logran reducir la brecha tecnológica propiciada por su rezago ante el mercado internacional.

Un claro ejemplo de esta posición de asimilación tecnológica lo forman las naciones de la Cuenca del Pacífico, como Taiwan, Hong Kong, Corea del Sur, Malasia, etc., que han reconvertido su planta industrial gracias al papel de maquiladores que

han venido desarrollando, de otros países desarrollados, mientras alcanzan un nivel de autosuficiencia tecnológica y posteriormente de desarrollo.

### 1.3.1 ) La especialización internacional del trabajo (4)

Uniendo los dos aspectos mencionados de desarrollo acelerado de tecnología que se da en los países que se han incorporado a la "Reconversión Industrial", y la posición de asimiladores de tecnología que han adoptado algunos países maquiladores, se dan las circunstancias propicias para empezar a diversificar las funciones de manufactura de un producto o línea de productos, entre diferentes naciones del mundo.

Aunque el concepto de especialización internacional del trabajo ya se daba desde algún tiempo atrás, este ha cambiado en su modelo antiguo, donde los países industrializados intercambiaban bienes manufacturados por productos primarios, a un modelo más abierto donde la producción de un bien abarca, habitualmente, varios países, en que cada una de ellos realiza, en esta "fabrica mundial", aquellas tareas en las que tiene una ventaja comparativa en costos. Esto implica que el comercio internacional ha diversificado los flujos y las naturalezas de los bienes intercambiados. En este sentido cabe señalar el papel tan importante que han jugado en la industrialización mundial, desde mediados de los años 60's, las llamadas "empresas transnacionales". Las "transnacionales" atraídas por los costos reducidos de mano de obra poco calificada o semicalificada, han aportado los montos de inversión requeridos para la instalación y transferencia de tecnología en los países en desarrollo del sudeste asiático y Latinoamérica; comenzando por la manufactura de bienes intermedios y creciendo hasta los casos de exportación de bienes terminados de alta sofisticación y complejidad. Durante los años 70's el porcentaje de las exportaciones correspondientes a transnacionales en México y Corea fue del 30%, mientras que en Brasil fue del 40% y en Singapur del 90%, y aunque aun no se cuenta con datos precisos, se estima que durante los 80's, estas cifras crecieron en un 7.3% en promedio. Este fenómeno de "la nueva especialización internacional del trabajo" se comenzó a diversificar entre varias naciones, y se le empezó a llamar "subcontratación internacional".

El cuadro de la siguiente página muestra los incrementos de participación en la producción mundial de bienes manufacturados y la exportación o participación en el mercado de comercio internacional de estos bienes, durante las tres últimas décadas.

Es notable, en el cuadro anterior, la disminución de la participación de los países desarrollados en los niveles de producción y exportación, en comparación con el aumento que demuestran las participaciones de los países en desarrollo con ingresos medianos, como México, Brasil, Venezuela, HongKong, Corea, Singapur, Malasia, etc., lo cual indica una clara transferencia de labor manufacturera a estos últimos.

Estos cambios han sido debido en gran parte a la iniciativa privada que buscando nuevos horizontes de comercialización y reducción de costos, ha ampliado sus alcances geográficos de instalación industrial.

Por regla general se sabe que, la proporción de manufacturas en el Producto Interno Bruto ha aumentado drásticamente en todas las fases iniciales de industrialización, de los países que la han experimentado, sin embargo, después de un tiempo ha tendido a estabilizarse, en tanto que las fuerzas de industrialización, cambio tecnológico y diversificación del comercio, han seguido impulsando al PIB hacia arriba. Este hecho es importante, pues muestra las ventajas de crear una inercia, que inicia con la asimilación tecnológica, por parte de las empresas en crecimiento del

llamado "know how" de las empresas transnacionales , y que continúa con el arraigo , dominio , autosuficiencia y disciplina de desarrollo de tecnología, por parte de estas primeras, requerido para crecer industrialmente.

	Participación en producción mundial			Participación en exportación mundial		
	60's	70's	80's	60's	70's	80's
	<b>Paises Desarrollados de economías de mercado</b>	85.4	83.9	81.6	92.5	90.0
<b>Paises en desarrollo de ingresos escasos</b>	7.5	7.0	6.9	2.3	1.8	2.1
<b>Paises en desarrollo de ingresos medianos</b>	7.0	9.0	11.2	5.0	8.1	15.3

Informe Des.Mundial 1991 Banco Mundial

Esta división internacional del trabajo se da como una posición de complementariedad entre los países que comienzan a formar bloques económicos como los "Dragones del Pacifico" (Japón, Singapur, Malasia, Hong Kong, Taiwan y Corea), como los países de la Comunidad Económica Europea, que a partir de 1992 son un solo mercado con libre flujo de mercancías y servicios, una sola moneda y ninguna barrera arancelaria existente; y por ultimo el bloque económico propuesto más recientemente de América de Norte: Canadá, Estados Unidos y México.

Cabe mencionar que las actuales tendencias económicas y de comercio como la "regionalización", la "globalización" y la "multilateralidad" son importantes directrices de la necesidad de homogeneizar los niveles productivos y por ende tecnológicos, ante las diferentes modalidades de formación de bloques económicos como son: mercado común en la comunidad europea, zona de libre comercio en Latinoamérica, la única aduanera en la zona de la Cuenca del Pacifico Oriental, etc. México ha estado formando parte activa de esta formación de bloques, tomando parte en acuerdo de libre comercio con Sudamerica, estableciendo un acuerdo comercial de cooperación centroamericana, ingresando al GATT, (Acuerdo Internacional de Aranceles y Comercio), que establece las reglas claras y equitativas entre los países que han abierto su comercio a este acuerdo disminuyendo las barreras arancelarias y eliminando las no arancelarias como cuotas o cumplimiento a normas nacionales no globales (normas fitosanitarias o ecológicas), rige los intercambios y pretende obtener beneficios reciprocos entre las naciones que comercian entre si con economías abiertas.

Por otro lado , es necesario señalar que se debe provocar , lo más pronto posible , la inercia de cambio e innovación , puesto que aun es erróneo pensar que la microelectrónica , la robótica y los métodos automatizados pueden desplazar al ahorro de mano de obra barata, que brindan los países en desarrollo; sin embargo la adaptación de nuevas tecnologías ayuda a iniciar la elevación de los grados de preparación de los trabajadores de las fabricas de futuros no lejanos.

### 1.3.2 ) Criterios de Competitividad Actuales:

Gracias al vertiginoso auge de la "Reconversión Industrial", en países desarrollados, y la "Especialización Internacional del Trabajo", protagonizada por los países asimiladores de tecnología, en vías de desarrollo; se han producido fenómenos interesantes en el mercado mundial de la manufactura. Estos fenómenos han girado en torno a cuatro puntos básicos que influyen directamente en la participación de las empresas en el mercado internacional:

- \* Aumento en los niveles de competitividad mundial en la manufactura, siendo los principales elementos: precio, calidad y confiabilidad.
- \* Disminución de los costos de producción
- \* Reducción de los tiempos de reacción a la demanda
- \* Establecimiento del concepto de "satisfacción y regocijo del cliente" con la creación del concepto de "producto a la medida del cliente".

Entre estos fenómenos se encuentran incluidos los siguientes hechos:

- + La fluctuación de los mercados
- + El acortamiento del ciclo de vida de los productos
- + El encarecimiento de la mano de obra
- + Aumento de maquinaria automatizada y de equipo de computo

Los objetivos que han tenido que fijar las empresas que han decidido participar en esta competencia por los mercados internacionales, han sido principalmente:

- Mayor utilización de los recursos existentes en la empresa.
- Disminución de costos.
- Aumento en la variedad de productos
- Mayor flexibilidad en los procedimientos de producción.
- Aumento en los índices de productividad.
- Mejoramiento de las tasas de rentabilidad de inversión.

Estos fenómenos no han sido producto de la casualidad, provocados por el simple estrechamiento de las relaciones entre países del primer y tercer mundos; sino más bien, el producto de esfuerzos firmemente concentrados en la aplicación de tecnología y creación de nuevas filosofías y metodologías de trabajo, alrededor del concepto de los "elementos de un sistema integral de manufactura":

En la actualidad se sostiene que un "sistema integral de manufactura" se encuentra formado por los siguientes elementos:

- - Prevención y autocontrol
- - Flujo continuo del proceso
- - Integración de los sistemas de trabajo al proceso requerido
- - Flexibilidad
- - Aprovechamiento de la tecnología
- - Involucramiento total
- - Integración de áreas y simplificación de la administración
- - Mejoramiento continuo
- - Seguridad, orden y limpieza
- - Integración de clientes y proveedores

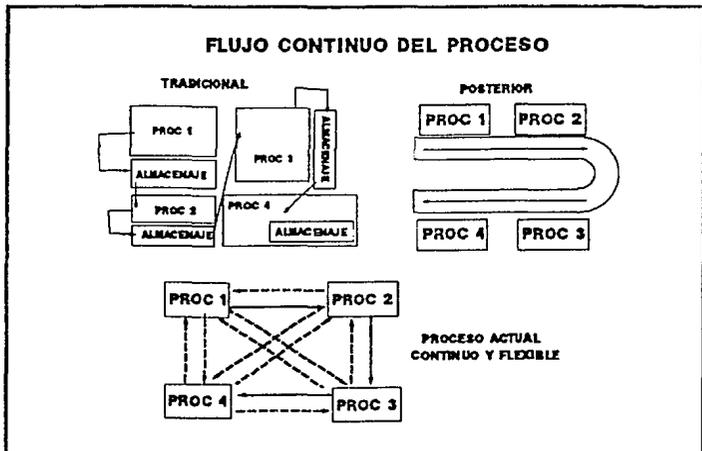
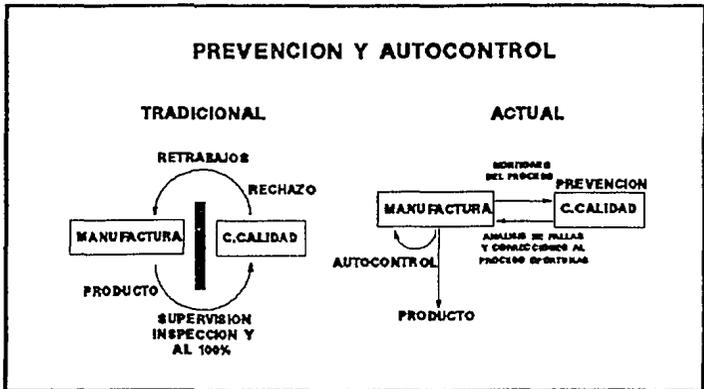
Cada uno de estos puntos ha dado origen al desarrollo de disciplinas específicas que aprovechan principios fundamentales de logística y administración (en algunos casos de tipo oriental), aplicando tecnologías basadas en el auge de la microelectrónica, computación, biotecnología y desarrollo de nuevos materiales.

A continuación se presenta la relación entre las disciplinas y tecnologías actuales, con los elementos fundamentales de un sistema integral de manufactura:

- \* Prevención y autocontrol \_\_\_\_\_ Control Total de la Calidad (TQC)  
Aseguramiento de la Calidad (QA)
- \* Flujo continuo del proceso \_\_\_\_\_ Justo a Tiempo (JIT)
- \* Integración del proceso y los sistemas de trabajo \_\_\_\_\_  
Planeación de los recursos para la manufactura (MRP)
- \* Flexibilidad y estandarización \_\_\_\_\_ Grupos Tecnológicos (GT)  
Sistemas Flexibles de Manufactura (FMS)
- \* Aprovechamiento de la tecnología \_\_\_\_\_  
Diseño y Manufactura Auxiliadas por Computadora (CAD/CAM)  
Códigos de Barras (BC)  
Sistemas de Almacenaje y Recuperación Automáticos (AS&RS)
- \* Involucramiento total \_\_\_\_\_ Círculos de Calidad (QC)  
Grupos de Planeación Avanzada (APG)
- \* Integración de áreas y simplificación de la administración \_\_\_\_\_  
Ing. Simultánea (SI)  
Manufactura Integrada por Computadora (CIM)

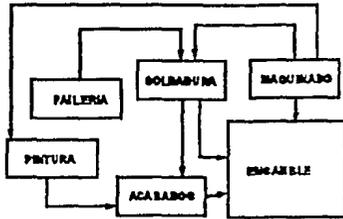
- Mejoramiento continuo \_\_\_\_\_ (QA)
- Seguridad, orden y limpieza \_\_\_\_\_ (5S)
- Integración de clientes y proveedores \_\_\_\_\_ (JIT)(QA)

En los cuadros siguientes se describen brevemente algunos de los elementos y los conceptos más importantes que los componen.



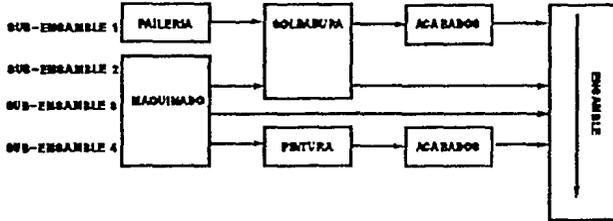
# INTEGRACION DE LOS SISTEMAS DE TRABAJO Y EL PROCESO

TRADICIONAL



LINEAS DE PRODUCCION DEDICADAS A LOS PROCESOS

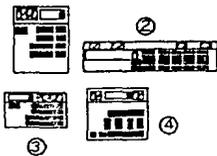
ACTUAL



LINEAS DE PRODUCCION DEDICADAS A LOS PRODUCTOS

# ESTANDARIZACION Y FLEXIBILIDAD

① TRADICIONAL

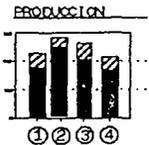


GRAN DIVERSIDAD DE CARACTERISTICAS Y PRODUCTOS

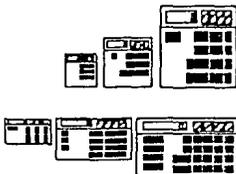
POCA ESTANDARIZACION

LOTES DE PRODUCCION DE GRAN TAMAÑO

TIEMPOS DE PRODUCCION LARGOS



ACTUAL



ESTANDARIZACION DE PARAMETROS

AGRUPACION DE PRODUCTOS POR MORFOLOGIA, PROCESO O MATERIAL

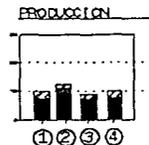
LOTES DE PRODUCCION PEQUEÑOS

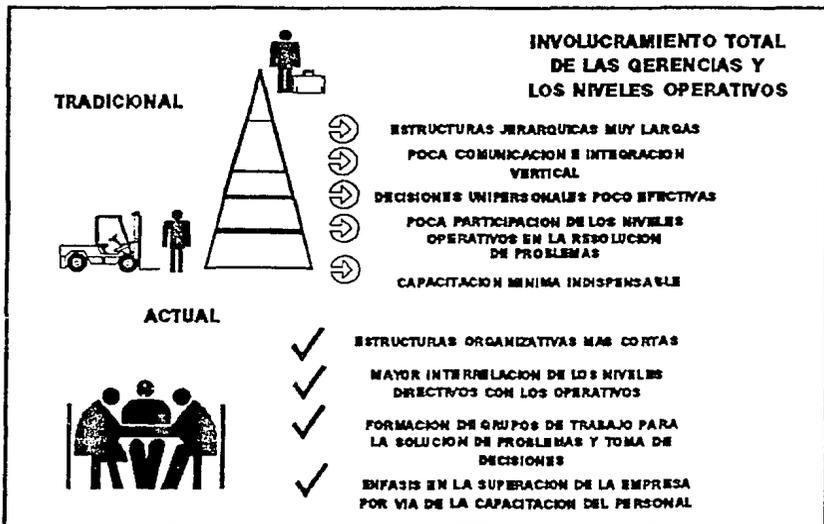
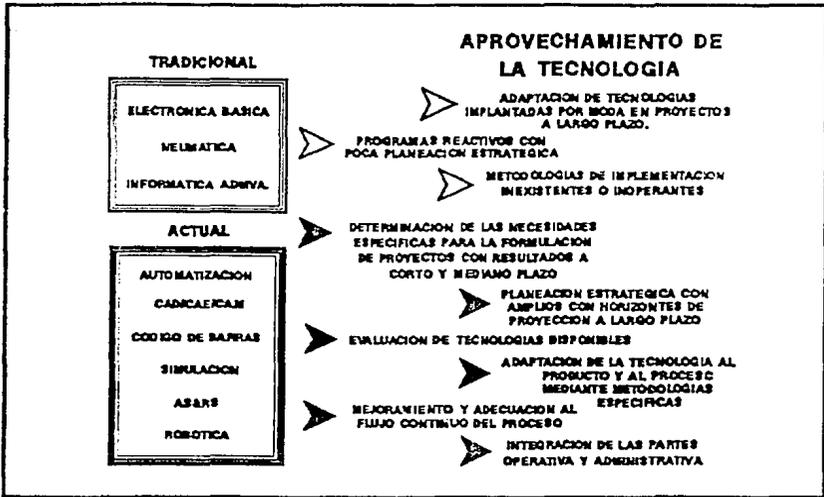
CAMBIOS RAPIDOS DE MODELO EN EL PROCESO

CRECIMIENTO DE CAPACIDAD EN BASE A UN MODELO BASICO

PRODUCCION FLEXIBLE

MULTIFUNCIONALIDAD DE OPERARIOS





Asimismo cada una de las tecnologías y filosofías de trabajo anteriormente relacionadas con los elementos de un "sistema integral de manufactura", serán descritos en el capítulo III, donde se muestra la interrelación entre las llamadas "islas de automatización" en lo que tiende a ser un ambiente de "manufactura integrada por computadora (CIM)"

### 1.3.3) Técnicas tradicionales y actuales

Antes de describir las áreas concretas en las que la Reversión Industrial se ha desarrollado, es importante señalar los conceptos fundamentales que han cambiado y hacia los cuales se tienden a dirigir todos los sistemas y procesos industriales. A continuación se presentan comparativamente la serie de conceptos o valores que han cambiado radicalmente su enfoque a raíz de la abierta competencia en mercado internacional (5):

#### VALORES TRADICIONALES

#### VALORES DE SUPERVIVENCIA

BUSCAR <b>DEVIACIONES</b> A ESPECIFICACIONES O REQUERIMIENTOS	POLITICA DE "CERO DEFECTOS" <b>CUMPLIENDO</b> CON LOS REQUERIMIENTOS
CALIDAD, PRECIO Y NIVELES DE SERVICIO <b>IMPUESTOS POR EL PROCESO</b> (ARRERLOS DE PRECIO O DE MERCADO)	PRODUCTO <b>COMPETITIVO</b> DE GRAN CALIDAD, BAJO PRECIO Y SERVICIO OPORTUNO
CULTURA DEL <b>DESPERDICIO</b> EN MATERIALES, TIEMPO Y EFUEZNO.	CULTURA DEL <b>AHORRO</b> CONGRUENTE CON LA SITUACION.
<b>CUBRIR DEFICIENCIAS</b> CON AMPLIOS MARGENES DE UTILIDAD.	SER EFICIENTES Y <b>COMPETITIVOS</b> ASEGURANDO LA <b>PERMANENCIA</b> EN LOS MERCADOS.
ENFASIS EN EL <b>PRECIO</b> .	ENFASIS EN LA <b>EFICIENCIA</b> .
BUSCAR <b>RESULTADOS A CORTO PLAZO</b> , PONIENDO EN RIESGO EL FUTURO DE LA EMPRESA.	PLANES A <b>LARGO PLAZO</b> Y MEJORAS A MEDIANO PLAZO.
<b>PRIMACIA DE LO INDIVIDUAL</b> (STATUS) SOBRE LA ORGANIZACION.	PRIMACIA DE LA <b>ORGANIZACION</b> (EFICIENCIA) SOBRE LO INDIVIDUAL.
SOLUCION DE LOS PROBLEMAS POR <b>LOS EFECTOS</b> .	SOLUCION DE LOS PROBLEMAS POR LAS <b>CAUSAS</b> .
EXPORTACION DE <b>EXCEDENTES</b> .	ORIENTACION AL COMERCIO EXTERIOR EN FORMA <b>PERMANENTE</b> .
MAYOR IMPORTANCIA A <b>LO QUE SE DICE</b> QUE A LO QUE SE HACE.	HACER LAS COSAS <b>BIEN A LA PRIMERA</b> SIN QUE HAYA NECESIDAD DE <b>REPELLO</b> .

## 1.4 ) RECONVERSION INDUSTRIAL MUNDIAL (6).

### 1.4.1) Las tecnologías de punta y la 3a. Revolución. Industrial

Una vez analizados las circunstancias internas y externas de tipo político, económico e industrial en que nuestro país se ha estado desarrollando, es necesario detallar un poco más lo que ha sucedido en el aspecto de desarrollo tecnológico en el mundo.

El siglo XX se ha caracterizado por ser el siglo de los grandes avances tecnológicos. Nunca antes como en estos cien años, el hombre ha transformado tanto la naturaleza, y por efecto directo, sus costumbres.

En términos generales, se puede resumir que la evolución tecnológica de la humanidad ha pasado por tres grandes momentos:

- El primero se produjo en la segunda mitad del siglo XVIII y se extendió a los siguientes 80 años del siglo XIX, distinguiéndose por el desarrollo de los métodos de producción en serie que reemplazaban a los métodos artesanales. Este hecho, la aparición de la máquina de vapor y el desarrollo de los transportes, comenzaron a concentrar a las poblaciones, haciendo surgir ciudades cuya actividad económica se comenzaba a basar en la producción fabril más que en la agrícola.
- El segundo momento de desarrollo tecnológico de la humanidad se presenta con la aplicación de la electricidad a finales del siglo XIX, lo que incorporaba al proceso de producción los medios electromecánicos y el nacimiento de los medios de telecomunicación como el telégrafo y el teléfono.
- Fue durante la última etapa de la segunda guerra mundial y durante la posguerra que se empezó a generar el tercer y más reciente momento de desarrollo tecnológico de la humanidad, con el surgimiento de la electrónica, la era nuclear y la carrera espacial. De 1940 a la fecha, 50 años, se han producido más inventos y registrado más patentes que en ningún otro momento de la historia de la humanidad. Los cambios tan acelerados de la tecnología gracias a la investigación y el desarrollo han provocado que gracias a ello, tecnologías que comienzan a surgir, en poco tiempo se encuentren al alcance de las mayorías con relativa facilidad y disponibilidad. Ultimamente los campos tecnológicos, que en opinión de muchos expertos, constituyen la esencia del vertiginoso cambio tecnológico de este tercer momento de desarrollo, denominado también 3a. Revolución Industrial, son (7):

- 1.- Informática: aplicación de computadoras y programas a la industria
- 2.- Telecomunicaciones: aplicación del espacio y al óptica a la telecomunicación
- 3.- Biotecnología: manejo de bioquímica y la genética para mejoramiento de procesos industriales y agropecuarios.
- 4.- Automatización: Uso de sistemas y robots en procesos rutinarios
- 5.- Optoelectrónica: Uso de laser y óptica para la industria
- 6.- Desarrollo de nuevos materiales: Creación de materiales híbridos: de alta resistencia, superaleaciones, superconductores, refractarios, etc.
- 7.- Energías renovables: Uso de medios energéticos más eficientes

La característica principal de estas "tecnologías de punta" es que en su mayoría, no afectan a los productos sino más bien a los procesos que generan estos productos. Asimismo se ha percibido que el desarrollo de la sociedad en cada uno de estos momentos de desarrollo tecnológico ha cambiado sus filosofías de fundamento del poder: de la acumulación de bienes materiales a los bienes monetarios, y ahora al acceso y uso de los recursos de la información. Por ello nuestro tiempo es denominado la era de la "información".

#### 1.4.2) Definición de Reconversión (8)

La combinación de los factores de índole económico, industrial y tecnológico, ya mencionados, han suscitado, a nivel mundial, una reacción de modernización de los

procesos productivos en la industria, aprovechando y aplicando los recursos tecnológicos que se están desarrollando rápidamente, para enfrentar los nuevos retos de competitividad de las economías de escala mundiales. A esta reacción se le ha denominado "Reconversión Industrial".

El término "Reconversión" nació en España, con una connotación similar a la "reindustrialización" anglosajona y la "mutación" francesa, aplicándose al significado más simple de "reconstrucción industrial", al hecho de aplicar estrategias de implantación y adecuación de los cambios de la 3a. Revolución Industrial a la obtención de aumentos en la productividad, calidad, y rentabilidad de los procesos de manufactura. Sin embargo, debe tomarse en cuenta que este movimiento, de carácter mundial, no puede calificarse fríamente como una revolución tecnológica mas, puesto que la "Reconversión Industrial" busca además, causar el menor impacto social negativo posible, que implican los cambios tecnológicos en la industria, como los que causaron la primera y segunda revoluciones industriales, en donde los rezagos entre las clases sociales se hicieron más profundos y no toda la sociedad disfrutó de los privilegios del progreso en la ciencia y en la técnica.

La "Reconversión Industrial" empezó a mostrar sus impactos reales en los años setentas, pues el concepto se originó desde la década de los sesentas. Los principales países europeos como Francia, Alemania Federal y España comenzaron a fomentar el traslado de inversiones, apoyos gubernamentales y desarrollos, a sectores no tradicionales de producción, como la electrónica, las telecomunicaciones, la petroquímica, bienes de capital de alta sofisticación y otras como la automotriz y la aeronáutica. Sin embargo el rezago que comenzaron a tener los sectores textiles, agrícolas y otras industrias básicas se pretendió controlar, protegiéndolas con la limitación de importaciones y comercio en esos rubros. La grave crisis económica que azotó al mundo durante los 70's y principios de los 80's, junto con la petrolización, tuvieron impactos decisivos sobre algunos países que empezaban a modernizarse; prueba de ello es que solo Japón, Alemania Federal y Francia pudieron superar la etapa de transición de los sistemas tradicionales a la vanguardia tecnológica, mientras que países como España, Inglaterra, Italia y algunos otros aun no logran modernizarse aún del todo.

Los antecedentes generales que rodearon a la "Reconversión Industrial" fueron los siguientes:

- Crisis económica mundial
- Recomposición de los patrones de producción, comercialización y financiamiento.
- Fase recesiva de larga duración.
- Creciente competencia comercial entre países.
- Aceleración del cambio tecnológico.
- Modificación de la división internacional del trabajo
- Transferencia de actividades industriales avanzadas por medio de la internacionalización del capital y la información.
- Modificación del concepto y operación de economías de escala

### 1.4.3) La Reversión Industrial en el mundo (9)

Aunque la situación que rodeaba a cada uno de los países que estaban dispuestos a reconvertir su planta industrial era la misma, las estrategias y políticas de acción, en cada uno de ellos difirieron principalmente en el tipo de áreas de inversión y en los apoyos que se buscaron con agentes externos, para buscar tanto co-inversión como la introducción de nueva tecnología. A continuación se resumen los puntos más importantes de los procesos de Reversión de países como Alemania Federal, Francia, Inglaterra, España y Japón.

- Declinación de los sectores industriales maduros o tradicionales en países de primer nivel, debido a la competencia de los países de reciente industrialización, que aprovecharon su mano de obra barata y su posición de maquiladores, asimiladores de tecnología.
- Marcada tendencia a la división internacional del trabajo.
- Establecimiento de planes de modernización concretos a mediano plazo, con la identificación de los sectores de mayor potencial de desarrollo y mercado internacional.
- Alto grado de innovación tecnológica
- Fuerte apoyo e inversión a las actividades de investigación y desarrollo.
- Proliferación de proyectos internacionales conjuntos de conversión e intercambio tecnológico (Joint Ventures)
- Liberación y apertura de las economías internacionales, con el reforzamiento y crecimiento de las coaliciones internacionales de frentes económicos comunes: Mercado Común Europeo, Mercado de la Cuenca del Pacífico, Tratados de Comercio E.U.A.- Canadá- México, etc.

La posición que cada uno de los países anteriormente mencionados tiene en la economía mundial, corrobora la efectividad del aprovechamiento y aplicación de la tecnología de punta a los sectores de manufactura más adecuados a cada una sus correspondientes economías. Por ello, podemos deducir la importancia que tiene para nuestro país, el hecho de reaccionar inmediatamente a este movimiento de modernización mundial; pues de lo contrario, el mercado internacional será poco a poco dominado por los países que hayan obtenido resultados efectivos de un plan estructurado de modernización y renovación de plantas y productos.

### 1.4.4) La Reversión en Latinoamérica y Nacional

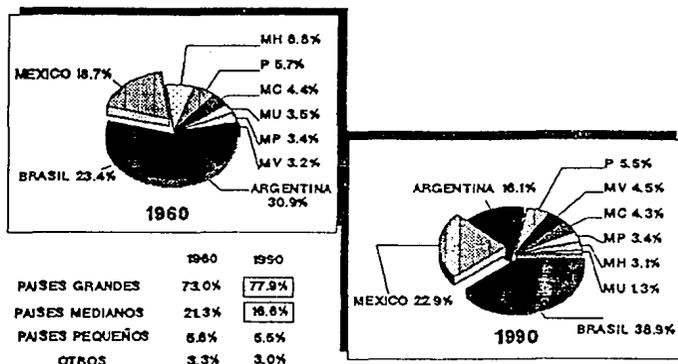
No obstante que el panorama mundial de competitividad en los mercados e impacto del desarrollo tecnológico, es el mismo para todos los países del mundo, en Latinoamérica no se ha planteado de manera seria la necesidad de reconvertir o modernizar la planta industrial de toda la región. Solo algunos países han emprendido acciones serias para aprovechar las características de mano de obra barata que poseen para empezar a atraer tecnología e inversión de países más desarrollados en otros continentes. (10).

Si tomamos en cuenta que, la infraestructura que requiere la industrialización sólida de un país, no se constituye de la noche a la mañana, sería lo más congruente pensar que los países con potencial más serio para el desarrollo e inversión industrial, son aquellos que se mantienen en índices constantes de crecimiento y arriba del promedio de la

región; y tomando en cuenta el respaldo que significa la participación del PIB, en el total de la zona latinoamericana, se llega a la conclusión de que Brasil, México y ligeramente Venezuela, constituyen buenas alternativas de concentración futura de inversión, transferencia tecnológica y desarrollo industrial en América.

Así lo demuestran los porcentajes de participación de la industrialización de América Latina en dos épocas distintas: 1960 y 1990.

### PARTICIPACION INDUSTRIAL DE LOS PAISES LATINOAMERICANOS EN LA REGION



Las gráficas son concluyentes y respaldan firmemente las ideas que se plantearon anteriormente sobre la industrialización de Brasil, México, Argentina, Chile, Venezuela y los países pequeños.

En realidad de los cuatro países que más distinguieron durante los 70's y los 80's en su crecimiento industrial en la región Latinoamericana, podemos destacar solo dos países que se muestran aun ahora como promesas firmes de desarrollo. México y Brasil, quizá por su estabilidad política y social han mantenido su progreso en los aspectos, industrial, económico y comercial con el exterior. Mientras tanto Argentina y Chile, debido a sus fuertes cambios políticos han sufrido sensibles disminuciones en sus ritmos de crecimiento, aunque se destaquen como economías fuertes dentro de la región.

El desarrollo de México y Brasil ha sido reflejo directo de la influencia que tiene la relación, ya mencionada, entre la modernización de la planta industrial y la inversión de la empresas transnacionales en los países en desarrollo. Por ello, también, es fácil comprender que estos países tienen un horizonte muy promisorio en comercio internacional, debido a que tiene la capacidad de cumplir con los requerimientos de producción, calidad y costos mundiales.

Una vez identificados los países de mayor potencial en el desarrollo industrial, se determinarán las áreas manufactureras que están logrando mayor impulso en Latinoamérica y sobretudo en los países señalados.

ESTRUCTURA DE LA PRODUCCION INDUSTRIAL SEGUN LOS BLOQUES ECONOMICOS  
LATINOAMERICANOS

		MANUFACTURAS					TOTAL
		DE CONSUMO NO DURADERO	INTERMEDIAS			DE CAPITAL Y CONSUMO DURADERO	
		A	B	C	D	E	
PAISES GRANDES	1940	64	10	10	4	12	100
	1960	35	10	21	7	28	100
PAISES MEDIANOS	1940	66	10	16	3	6	100
	1960	49	10	20	4	17	100
PAISES PEQUEÑOS	1940	55	3	6	0	1	100
	1960	35	11	14	1	0	100

A: ALIMENTOS, FIBRAS, TABACO, VESTIBO, MUEBLES, LIBROS, LOZA Y PORCELANA, ETC.  
B: PRODUCTOS DE MADERA Y CORCHO EXCEPTO MUEBLES, PRODUCTOS MINERALES NO METALICOS  
C: QUIMICOS, PETROQUIMICO, CAUCHO, PLASTICO, ETC.  
D: INDUSTRIAS METALICAS BASICAS  
E: PRODUCTOS METALICOS, MAQUINARIA Y EQUIPO, ETC.

De acuerdo al cuadro anterior se puede distinguir que las industrias de bienes no duraderos han tenido un alto y más homogéneo grado de desarrollo en la mayoría de los países de la región, lo que reafirma que en la división internacional del trabajo, los países industrializados están transfiriendo estas actividades para dedicarse a tareas de labor tecnológica más intensa. En esta división manufacturera se aprecian participaciones muy definidas de cada uno de los bloques latinoamericanos, puesto que los países grandes solo participan con el 30 al 39% de su industria, los países medianos con el 45 al 50% y los pequeños con el 57 al 77% de su industria dedicada a la manufactura de estos productos de consumo; lo que indica que aunque es considerable la proporción de este tipo de industrias en los países grandes, existe una marcada tendencia de los países pequeños a concentrarse sobre estas manufacturas de naturaleza menos compleja que la de los bienes de capital, y requieren de menos infraestructura y adaptación de elementos de manufactura contemporáneos.

Por su parte el grupo de industrias químicas, caucho y derivados del petróleo, han mostrado un gran dinamismo, después del grupo metal-mecánico que manufactura equipo y maquinaria. Así pues el grupo metal-mecánico se ha caracterizado por ser una área muy dinámica tanto a nivel regional como a nivel mundial, lo que ha provocado que, una vez más, este rubro se concentre en el bloque Latinoamericano de los países grandes: Brasil, Argentina y México. Esto se debe principalmente a que el grado de integración insumo-producto es mayor en estos países, que en los países medianos y pequeños de Latinoamérica, debido directamente al tamaño de sus economías e infraestructura.

La industria automotriz constituye un claro ejemplo de este hecho. El 80% de la industria terminal de la zona se encuentra en Argentina, México y Brasil y aproximadamente el 30% del total del valor agregado de la industria metal-mecánica

---

es aportado por esta rama, representando alrededor del 6 al 9% del PIB manufacturero total de estos países. Mientras que en los países medianos representa tan solo del 1.5 al 2.5% del PIB total y el 15% de la industria manufacturera.

Otra rama representativa del desarrollo manufacturero en la región, es la de bienes de capital. Los países grandes producen alrededor el 90% de los bienes de capital producidos en Latinoamérica y generan el 60% los bienes de capital necesarios para desarrollar sus actividades económicas. En cambio cuatro países medianos en conjunto (Colombia, Chile, Perú y Venezuela) llegan a generar solo el 25% de bienes de capital para sus propias necesidades.

#### 1.4.5) Las ramas industriales impulsadas por la Reversión Industrial nacional.

Se puede establecer que el objetivo final de "Reversión" en cualquier país es el de preparar y orientar a la planta productiva hacia la competencia tanto en los mercados internos como en los externos. Para ello debe enfatizarse la necesidad de establecer un tratamiento diferente a cuatro grandes grupos de empresas en nuestro país para efecto de la mejor adaptación al cambio tecnológico que se requiere :

- Un grupo comprende las industrias razonablemente eficientes que en la última década se han modernizado tecnológicamente, han incrementado su escala de producción y alcanzado el nivel de calidad requerido a nivel mundial, tal es el caso de la industria petroquímica, cementera, vidriera, materiales de construcción, y algunas subramas del área alimentaria y farmacéutica. A estas empresas, el impulso que se les requiere dar, ya es mínimo.
- El segundo grupo lo forman las industrias maduras, como la siderúrgica, la textil, el sector autopartes, de bienes de capital y de aparatos electrónicos de consumo. Estas son ramas que aunque tienen un grado de desarrollo considerable en nuestro país, aun no alcanzan niveles de productividad, calidad, ni competencia de niveles internacionales, por lo que requieren emprender programas de modernización reestructuración y racionalización, para alcanzar los niveles requeridos internacionalmente de costo, calidad y producción. Estas son posiblemente las ramas donde es más apropiado hablar de "Reversión Industrial".
- El tercer grupo lo comprenden las ramas de la electrónica, telecomunicaciones y la computación, donde México requiere participar de manera urgente, por medio de la inversión extranjera y la asimilación tecnológica.
- En el cuarto grupo se encontraría englobada toda la pequeña industria y microindustria, que atienden mayoritariamente al mercado interno, y dado su nivel de aportación a la labor de las otras ramas de la industria por medio de la subcontratación, es indispensable llevarlas a estados más eficientes de operación.

---

### 1.5) Situación de la rama automotriz nacional (11)

---

La industria automotriz en conjunto, inicia el proceso de reindustrialización de nuestro país en la década de mayor auge industrial, como ya se mostró en las gráficas de industrialización de América Latina. Durante el periodo proteccionista de la planta industrial nacional, donde se optó por el modelo de sustitución de importaciones, la industria automotriz terminal (armadoras) y la industria de autopartes (proveedoras de

la armadoras) fueron fuertemente protegidas mediante una serie de barreras fiscales y arancelarias, en la mayoría de los casos establecidas por decreto presidencial, como el de 1962, citado anteriormente.

Aunque este modelo proteccionista de la industria empezó a decaer en los años 70's, la industria automotriz fue considerada como un elemento clave en los planes de modernización industrial del gobierno mexicano y fue de la pocas ramas que pudieron subsistir ante la crisis económica de la década y de la de los 70's. En los 80's se prohibió la importación de vehículos nuevos, y los vehículos producidos en el país debían contener un mínimo de 60% de autopartes locales. Las armadoras podían ser subsidiarias con 100% de capital extranjero, pero las empresas de autopartes quedaban restringidas tan solo al 40% de propiedad extranjera. El año de 1981 se convirtió en el momento del cambio estratégico de mercado, pues terminó la etapa de auge y riqueza de el mercado interno cautivo, las situaciones ya descritas de la declinación de la economía mexicana, la caída de los precios del petróleo y el aumento de la deuda externa, orillaron a la urgente necesidad de obtener divisas y fue entonces que la reducción de los ingresos por la contracción del mercado domestico fue favorablemente contrarrestada por los crecientes niveles de exportación y maquila.

Actualmente, en la década de los 90's, la industria automotriz nacional se encuentra en una profunda reestructuración (12) debido a la llamada globalización y competencia mundial de esta rama productiva. La unificación de mercados, como por ejemplo el europeo, el de la Cuenca del Pacifico, el de América del Norte, principalmente, han provocado la creación de nuevas estrategias por parte de los principales proveedores de cada uno de estos mercados: Alemanes, Franceses, Italianos, Japoneses y Americanos.

Debido a la indudable influencia que ejerce la cercanía geográfica de nuestro país con los Estados Unidos, estas dos estrategias han venido a afectar favorablemente la situación de la industria automotriz mexicana. Desde mediados de los años 80's, comenzaron a surgir nuevas alianzas entre armadoras de países industrializados y proveedores de autopartes de países en industrialización como Corea de Sur, Brasil, Taiwan y particularmente México. Corea del Sur y México son los principales abastecedores de los "Tres Grandes de Detroit" (Ford, GM y Chrysler).

Por todo lo anterior es posible notar que la industria automotriz en Brasil y principalmente en México, siempre han tenido un especial apoyo en inversión y políticas que facilitan su expansión y crecimiento, sin embargo, al igual que la industria automotriz americana, enfrentan el reto de los niveles de calidad, producción y costo de la industria europea y sobretudo del gran embate japonés, que gana mercado rápidamente y que esta desplazando a muchos que se consideraban fuertes. De hecho el gran auge japonés este sector es debido en gran parte a la adaptación de esta tecnologías de punta a sus filosofías de orden, disciplina, limpieza y organización.

### 1.5.1 ) La tecnología de punta aplicable a la rama automotriz:

Dentro de la industria metal-mecánica, la rama automotriz se caracteriza por ser una de las más complejas en su modo de operación. Debido a que un automóvil es un producto de consumo, la calidad de este esta basada no solo en la funcionalidad del mismo, sino en la estética que se encuentre de moda en una determinada época y en la cantidad de adelantos tecnológicos que puedan ser adaptados a las unidades y exhibidos más rápidamente en el mercado. Por otro lado un automóvil es constituido por una lista de miles de partes, esto dificulta enormemente el manejo de la información para el

---

control de cambios y la administración de los mismos con los proveedores de las partes. A continuación se presenta una lista de características de la operación de una empresa automotriz ya sea esta terminal o de autopartes:

#### 1.5.2) Problemática de la Industria Automotriz:

- Rapidez de cambio en los modelos (anualmente).
- Manejo de muchas partes para un solo producto final.
- Producción simultánea de familia de modelos.
- Integración y centralización de información para su adecuado manejo y actualización.
- Transferencia de información a los diversas plantas de manufactura y fabricantes subcontratados de equipo original.
- Ciclos de diseño e implantación de manufactura cortos.
- Aseguramiento de calidad por prevención y documentación exhaustiva.
- Reducción de costos continua.
- Ingeniería enfocada a la optimización de materiales y procesos.

Todas estas características de operación de una empresa de la industria automotriz pueden ser resumidas en alta flexibilidad y capacidad de reacción en intervalos cortos con costos reducidos y altos niveles de calidad.

Estos conceptos son muy concretos en palabras pero son extremadamente difíciles de lograr si no se cuenta con los sistemas de diseño y manufactura adecuados que posean las características de flexibilidad, confiabilidad y eficiencia. Es por ello que en la industria automotriz terminal es muy común encontrarse con sistemas de diseño y análisis auxiliados por computadora, sistemas de administración de producción por computadora, sistemas automatizados de almacenamiento y recuperación de materiales, sistemas de manufactura programables como control numérico computarizado o hasta robots para labores peligrosas o repetitivas, líneas transfer, estaciones de pintura automáticas o robots para operaciones de soldadura. El problema radica en que la industria automotriz de autopartes muchas veces no cuenta con estos recursos, lo que hace difícil mantener los mismos estándares de eficiencia, calidad y reacción a los cambios que las armadoras tienen.

#### 1.5.3) La microelectrónica aplicada a la automatización de la manufactura

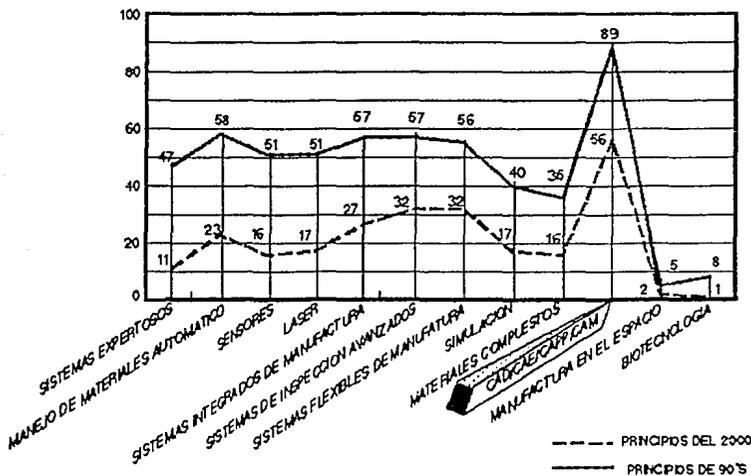
La microelectrónica esta teniendo una influencia extremadamente poderosa en la manufactura, ejemplos de ello son los sistemas de recuperación y almacenamiento automáticos (AS/RS) acompañados algunas veces por robots o vehículos guiados automáticamente (AGVs) para el acarreo y entrega de materiales en diferentes estaciones de trabajo, los sistemas de control numérico distribuido (CND), formado por máquinas de control numérico computarizado (CNC), los sistemas de inspección computarizados (CAI) para los departamentos de aseguramiento de la calidad, las redes locales de comunicación (LAN) que comparten sistemas de distribuidos de información para el control y administración de la producción por medio de sistemas de Planeación de los recursos de manufactura (MRP), en los sistemas de diseño y análisis por computadora (CAD/CAE) así como también en la simulación de procesos. En todos estos sistemas se encuentra la participación de la microelectrónica, que ha tenido su inicial aportación a las actividades rutinarias o riesgosas, y últimamente con la ayuda de los sistemas expertos en los procesos de la toma de decisiones.

## RESUMEN Y CONCLUSION DEL CAPITULO

- El desarrollo económico y político de los países influye fuertemente en el desarrollo tecnológico e industrial de un país.
- La situación de México ante el mercado internacional requiere de participación más activa, implicando que es imperante reducir el rezago industrial y tecnológico existente con respecto al nivel internacional.
- Los hechos que han provocado la Reconversión industrial a nivel mundial han sido:
  - Profunda crisis económica mundial
  - Reconstrucción de los patrones de producción, comercialización y financiamiento.
  - Fase recesiva mundial de larga duración
  - Creciente competencia internacional entre los países
  - Globalización de la economía y formación de bloques comerciales y de colaboración tecnológica.
  - Acelerados cambios tecnológicos
  - Marcada tendencia hacia la división internacional del trabajo
  - Transferencia de actividades industriales y de investigación y desarrollo entre los países desarrollados y en vías de desarrollo.
  - Redefinición de las economías de escala y la magnitud de las plantas industriales
  - Reestructuración de las partes productivas de la empresa para lograr un mejor productividad y mayor eficiencia en base al equilibrio que debe existir entre mano de obra y máquinas automatizadas
- México ha vivido un acelerado proceso de transición del proteccionismo a la apertura industrial y comercial, que ha exigido una reestructuración de métodos y recursos tecnológicos aplicados a la producción de artículos con costos controlados por el mercado.
- Los criterios mundiales de competitividad se han centrado en la rapidez de reacción a las demandas del mercado, la determinación de los costos en base a los índices del mercado mundial y no al proceso, y en el aseguramiento de calidad y confiabilidad de los bienes adquiridos.
- Nuevas tecnologías y filosofías de administración han surgido como necesidad a la satisfacción de los nuevos criterios de competitividad.
- Las tecnologías de punta utilizadas para transformar la industria de procesos discretos han sido básicamente la informática, las telecomunicaciones y el desarrollo de nuevos materiales.
- La Reconversión Industrial ha tomado lugar en toda Europa y Asia, creando centros productivos especializados en cada región que comienzan a hacer difícil el acceso al mercado mundial sino se modernizan los procesos productivos a niveles tecnológicos vanguardistas.

- Latinoamérica nunca ha planteado un plan serio de modernización industrial, por lo que se encuentra dependiendo de la transferencia tecnológica que industrias transnacionales estén dispuestas a ceder.
- Argentina, Brasil y México fueron hasta la década pasada los países con mayores recursos industriales en Latinoamérica, lo cual no será más una realidad, pues solo México y Brasil han empezado a realizar esfuerzos de modernización y asimilación tecnológica, lo cual Argentina ha retrasado debido a su difícil recuperación económica. Por otro lado la división mundial del trabajo esta haciendo que la producción de bienes duraderos y de capital de Latinoamérica se comiencen a centrar en México y Brasil, por ser ellos los de mejor infraestructura y más recursos materiales, tecnológicos y humanos.
- Las ramas de más alto potencial en nuestro país que pueden llegar a ser competitivas a nivel mundial son la rama de bienes de capital, el sector automotriz y la rama de electrónica de consumo.
- La rama automotriz ha sufrido a través de su historia un gran proteccionismo que empieza a desaparecer en nuestros días y que será eliminado por completo a fines del siglo, por lo que es urgente que se modernice. Particularmente en el sector de autopartes que esta formada en su mayoría por empresas medianas y pequeñas.
- Las tecnologías de punta que están siendo aplicables al sector automotriz y que empiezan a ser un requisito indispensable para ser proveedores de la industria automotriz terminal o de ensamble final son los sistemas de calidad y los sistemas computarizados de diseño y administración de producción.

## % EMPRESAS EN EL MUNDO APLICANDO TECNOLOGIAS DE PUNTA



Como es posible apreciar con estas conclusiones, es importante iniciar el camino de la modernización tecnológica en la rama automotriz, específicamente en el sector de autopartes donde la naturaleza de empresas es mayoritariamente de capital nacional con escasa participación extranjera que ha venido a formar parte de ella desde solo hace 10 o 15 años atrás; esto ha implicado que la inyección de capital y asimilación tecnológica apenas comience a generarse a fines de los años 80s y principios de los 90s. Es en estos momentos cuando se detecta una alta necesidad de conocimientos para evaluación e implantación de tecnologías de punta como el caso específico del Diseño y Dibujo Auxiliado por Computadora (CADD). Por ello el contenido de este trabajo se centrará en la metodología de evaluación, instalación de un sistema de CADD, modificación de sistemas existentes en un departamento de ingeniería, entrenamiento, proceso de asimilación y transición de la nueva tecnología y evaluación de los beneficios acarreados por esta nueva tecnología y la repercusión en el estado del proceso productivo de una empresa mediana o pequeña del sector de autopartes.



**Los Sistemas de  
Diseño Auxiliado por Computadora  
C. A. D.**

---

## CAPITULO 2

---

# SISTEMAS C.A.D.

---

### OBJETIVO DEL CAPITULO:

#### Descripción de los Sistemas de Diseño Auxiliado por Computadora

- Determinar el origen de los sistemas de diseño auxiliado por computadora.
- Definir el concepto de diseño auxiliado por computadora, sus beneficios y mitos.
- Identificar las etapas en el proceso de diseño de un producto donde la tecnología de C.A.D. y C.A.E. pueden intervenir.
- Describir los elementos de computación que componen un sistema C.A.D. y sus características de evaluación.
- Establecer las diferencias entre las plataformas disponibles para C.A.D.
- Listar las diversas aplicaciones y clasificaciones de programas para C.A.D.
- Exponer las características generales de todo programa C.A.D. y sus componentes.
- Describir la situación del mercado de C.A.D. y sus tendencias
- Establecer las técnicas de evaluación de plataformas, programas y sistemas de C.A.D. para su implementación.
- Definir los antecedentes de la información y técnicas utilizadas en el caso real que se expone en uno de los capítulos siguientes de esta tesis.

---

## 2.1) ORIGEN DEL DISEÑO AUXILIADO POR COMPUTADORA

---

### 2.1.1) El Control Numérico y las computadoras

En nuestros días el uso de las computadoras, los beneficios que acarrearán en el incremento de rapidez, precisión del manejo de información, son factores que se identifican inmediatamente con los conceptos industriales de "productividad, calidad", por lo que continuamente se siguen incorporando ya no como complementos de lujo, sino como infraestructura indispensable para la alcance de la máxima eficiencia.

Todo este enfoque se empezó a descubrir a partir de los años de la posguerra, cuando los sistemas de automatización de la manufactura nacidos en la industria militar, se comenzaron aplicar comúnmente a áreas industriales ajenas a la bélica. Así se comenzó a extender el conocimiento de los beneficios que a la producción en serie acarrearía, por ejemplo, el llamado Control Numérico. La repetibilidad exacta de las rutinas de

maquinado en una máquina-herramienta, permita garantizar la obtención de un número elevado de piezas con las mismas características, mediante la programación de servomecanismos através de una cinta perforada, que, al igual que la primera computadora de la historia, de Babbage, contenía codificada su información en 0's, 1's, permitiendo así controlar estos servomecanismos de manera similar al estado "prendido-apagado" de un interruptor eléctrico.

El rápido avance de la computación hizo pensar que si era posible almacenar rutas de maquinado para un dispositivo, sería también posible almacenar los puntos de la trayectoria seguida por este mismo, a manera de un trazo. Esto facilitaría la programación, la recuperación de la información, además permitiría comenzar a desarrollar el área gráfica de la computación. Por ello uno de los más significantes adelantos en la computación gráfica fue el desarrollo hecho por Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT a mediados de los 50's, que consistía en definir elementos geométricos para programación de máquinas con control numérico mediante el uso de la computadora, usando el lenguaje llamado APL (Automatically Programmed Tool), que aun es usado en nuestros días bajo los mismos principios. Y aunque ya era de dominio popular la existencia de las pantallas de rayos catódicos (CRT) ó monitores, no fue sino hasta principios de los 60's cuando Ivan Sutherland pudo enlazar la creación y representación simultánea, de elementos geométricos en una pantalla.

Fue apartir de este momento cuando se formalizó la intención de extender al área del diseño, los principios tecnológicos, los beneficios que trajeron consigo la combinación del Control Numérico, el vertiginoso desarrollo de la computación.

De esta manera comenzaron a surgir iniciativas de investigación, desarrollo por parte de las empresas más convencidas en esta naciente tecnología. Compañías como General Motors, IBM, Lockheed Georgia, Ite Corp., McDonnell Douglas, llegaron a desarrollar sistemas de computación gráfica para satisfacer sus propias necesidades, que más tarde lanzarían al mercado comercialmente. Para finales de los 60's comenzaron a nacer las empresas que se dedicarían exclusivamente al desarrollo, comercialización de estos sistemas, empresas como Calma, Applcon, Computervision, Intergraph, MicroControl Systems (MCS), etc, nacieron con el proposito de ofrecer todo lo necesario para establecer un ambiente de computación gráfica que auxiliara a los departamentos de diseño de manera eficiente, altamente redituable.

Actualmente los sistemas de Diseño Auxiliados por Computadora cubren una amplia gama de aplicaciones, para una también amplia gama de recursos de equipo de computación, desde los más sencillos, menos costosos hasta los más complejos y de altos niveles de inversión.

### 2.1.2) El rápido avance de la computación : Hardware y Software

Como se ha mencionado en repetidas ocasiones, el rápido desarrollo de la computación gráfica, específicamente del CAD, se ha debido principalmente al rápido progreso de la electrónica aplicada a la computación, que ha permitido hacer uso de funciones más sofisticadas en equipos menos voluminosos, mucho más accesibles económicamente, que aprovechan de manera más eficiente las capacidades de memoria, procesamiento, entrada, salida de datos, haciendo más humana y amigable la relación con el usuario. El hecho es palpable haciendo notar que antes solo era posible hablar de tener un sistema de cómputo en una empresa, cuando existía un aparato del tamaño de un refrigerador en un cuarto especialmente acondicionado para mantenerlo como tal, adonde se restringía el paso a la mayoría del personal, que también, en forma

reducida tenía relación directa con el conocimiento de su funcionamiento, manejo, aplicación.

Hoy la imagen de ese "elefante blanco" casi ha desaparecido, cuando menos para lo que al CAD se refiere. El surgimiento de las nuevas generaciones de computadoras ha hecho posible estratificar el crecimiento de un sistema de cómputo para adecuarlo a la satisfacción justa de las necesidades presentes de un departamento de ingeniería, ha hecho posible a su vez diversificar las alternativas de adaptación de sistemas de cómputo a condiciones cambiantes del mercado de accesorios en hardware y software. La existencia de Computadoras Portátiles, Microcomputadoras, Minicomputadoras, Mainframes, Supercomputadoras, da la posibilidad de ir avanzando paso a paso en la exploración, optimización de sistemas que se van incorporando a los procesos tradicionales de generación, revisión, manipulación, almacenamiento de la información. En nuestros días es posible iniciar el uso de un sistema CAD instalando, tan solo, microcomputadoras de mediana capacidad, que pueden llevar a cabo tareas de dibujo y documentación. Si fuese necesario extender las capacidades del sistema al modelado de sólidos para el diseño o a una fase de pre-análisis de ingeniería, o bien, un análisis sencillo de ingeniería, se necesitaría de una inversión relativamente baja para adaptar el equipo existente, o bien para invertir en uno de mayor capacidad, pensando en expansiones futuras. De esta manera, se puede apreciar, que de acuerdo a una adecuada identificación de necesidades, planteamiento flexible del proyecto y evaluación objetiva de los recursos existentes, no es necesario invertir, en primera instancia, en grandes cantidades de equipo, ni de software, ni de servicio, para poder iniciar la incorporación del CAD a las actividades de ingeniería de una empresa mediana o pequeña; una de las tecnologías de "punta más revolucionarias en nuestros días en el área de la ingeniería y la manufactura.

Por otro lado cabe destacar que el avance en el desarrollo de programas para aplicación gráfica o software, ha tenido un desarrollo tan acelerado como el del hardware. La aparición de los lenguajes de "alto nivel" como Fortran 77, TurboPascal, Lenguaje C, etc, para computadoras de 4a generación, así como los lenguajes para la 5a. generación de Inteligencia Artificial como el Lisp, han brindado la posibilidad de reducir las rutinas de procesamiento de información, de aprovechar al máximo las capacidades de memoria, de velocidad de respuesta en el almacenamiento, tratamiento, recuperación de datos de para la representación de elementos gráficos, que, como se verá en capítulos posteriores, representan una cantidad inimaginable de operaciones matemáticas, de datos numéricos, que tiene que ser llevadas a cabo en cuestión de segundos, si se desea tener una aproximación a las representaciones geométricas en la pantalla en "tiempo real". Asimismo, se ha avanzado en forma considerable en la estandarización de los métodos de estructuración y filosofía de estos programas gráficos, pues, como es de suponerse, en un principio cada empresa que ideaba un sistema, tenía su propio desarrollo, y se volvía casi imposible poder transferir la información al sistema desarrollado por otra empresa, con lo cual, se hacía patente la incompatibilidad entre la mayoría de programas existentes en el mercado. Poco a poco mediante la creación de comités especializados para la creación y adecuación de estándares aplicados a la compatibilidad de los programas gráficos, se han podido ir estableciendo y depurando criterios básicos de estructura y parámetros de representación universales de los elementos geométricos. Gracias a estos esfuerzos se han emitido los estándares industriales GKS, PHIGS, para uniformizar las estructuras de los programas, y los estándares IGES y DXF para intentar una transferencia transparente de datos entre los diferentes programas gráficos. Esto permite en nuestros días, al igual que con el hardware, que se puedan seleccionar los paquetes que realmente satisfagan las necesidades de cualquier etapa de automatización del diseño sin sacrificar la versatilidad, flexibilidad o la rapidez de crecimiento del sistema CAD.

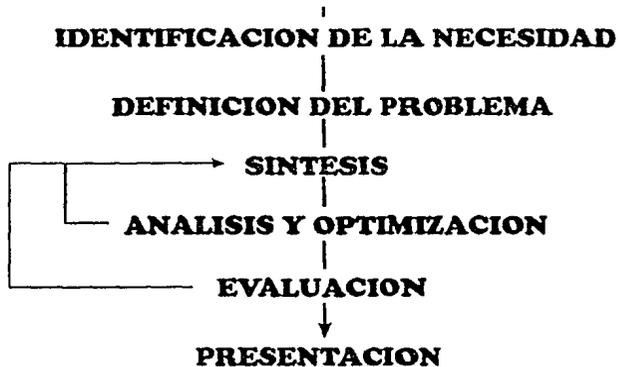
## 2.2) NECESIDAD DE AUTOMATIZAR EL PROCESO DE DISEÑO :

No es difícil imaginar, que la inquietud de automatizar el proceso de diseño surgió precisamente del fuerte impulso que estaba recibiendo la manufactura con el Control Numérico; ¿porque si la manufactura se estaba automatizando, el diseño no podía hacerlo?

Este planteamiento nació estableciendo que también el proceso de diseño es un procedimiento iterativo que consiste de 6 marcadas etapas (19):

- 1) Identificación de la necesidad
- 2) Definición del Problema
- 3) Síntesis
- 4) Análisis y Optimización
- 5) Evaluación
- 6) Presentación

Si profundizamos un poco más en el proceso, podemos distinguir que dentro de el mismo existen ciclos iterativos, por ejemplo, entre la síntesis y el análisis, entre el análisis y la evaluación, y entre la evaluación y la síntesis, que nos permiten pensar en la existencia de un algoritmo o metodología general aplicable a una gran mayoría de problemas de la ingeniería. Y si al hablar de algoritmos se relacionan inmediatamente las computadoras, luego entonces, podemos hablar de la aplicación de las computadoras al auxilio de tareas rutinarias de la ingeniería con los beneficios implícitos en ellas de rapidez, exactitud y repetibilidad.



A continuación se expondrá como es posible aumentar la eficiencia de un proceso tradicional de diseño en la ingeniería, mediante el auxilio de las capacidades y características generales de una computadora.

## 2.2.1) Revisión del proceso de diseño :

### a) Identificación de la necesidad :

La identificación de una necesidad generalmente va relacionada a la insatisfacción de una situación existente. El origen de esta puede ser de índole diversa : real, creada, causada por agentes externos o internos, etc. Algunos ejemplos pueden ser : la reducción de costos, el aumento de la productividad, el mejoramiento de la calidad, el cambio del producto debido a un mercado fatigado, la disminución de los tiempos de reacción, etc, que en general son planteamientos generales que pueden tener un conjunto de problemas relacionados que provocan esta situación de insatisfacción y por ende una necesidad.

### b) Definición del problema :

Probablemente esta sea la etapa más delicada del proceso de diseño en la ingeniería. Esta idea se justifica claramente en la frase siguiente:

" Generalmente, un problema sin solución o mal solucionado es un problema mal planteado. "

La mayoría de las veces el verdadero problema no es siempre el que a primera vista parece ser, de hecho, frecuentemente se confunden a los síntomas de una situación con las causas de la misma, siendo que las causas son el o los problemas que estamos buscando. Por ello podemos establecer como la definición del problema al planteamiento concreto de la situación a resolver, determinando el objetivo claro que se persigue y el alcance que pretende obtener.

Aunque esto no significa que limitemos el enfoque del planteamiento, es decir, se debe procurar dar una clara, amplia descripción del problema para posteriormente estar en la posibilidad de relacionarlo con problemas similares ya acontecidos, cuyas soluciones puedan ser de alguna manera también aplicables al presente, sino es así, se podría caer en el riesgo de implementar soluciones no convencionales, por consecuencia fallibles y quizá muy costosas.

Esta descripción del problema, es aconsejable, se realice asentándola en un papel, donde se plantee de manera formal el problema, se especifique lo que el diseño tratara de conjuntar para solucionarlo; es adecuado, así mismo, que determine los objetivos, las metas que se pretenden alcanzar, la definición de cualquier término especial que se utilice, las restricciones existentes, el criterio con el que se ha de evaluar el diseño resultante. Un acercamiento inicial al planteamiento general seguido por una revisión que agregue los detalles del problema, es una práctica que da buenos resultados, para no divagar en establecimiento de los objetivos, metas, la técnica recomendada por Marthann Wilson de "categorización bajo los siguientes criterios, es efectiva :

1. Lo que se debe : Establece los requerimientos indispensables que se deben reunir
2. Lo que no se debe : Establece las restricciones existentes
3. Lo que quiere : Establece las condiciones deseables a las que se quiere llegar sin tener la prioridad inflexible de tiempo o existencia.
4. Lo que no se quiere : Establece aspectos no deseables.

c) Síntesis

La síntesis es una etapa que esta compuesta por 3 fases :

- Determinación de los elementos críticos del problema
- Busqueda de información útil relativos a los elementos
- Selección y Procesamiento de la información útil

La existencia y duración de cada una de ellas depende del conocimiento y experiencia previas que se tengan acerca de problemas similares. De ahí que se den situaciones extremistas donde parece no haber nada de información relativa acerca del problema cuando no se tiene conocimiento previo; o bien, se encuentran cantidades enormes de información que requieren de un gran trabajo de análisis y selección, cuando se sabe concretamente lo que se busca. Actualmente, en cualquier actividad, se busca no solo desempeñar una tarea, en este caso, el de resolver un problema mediante el diseño o el rediseño, sino que, se busca llevarla a cabo de la manera más eficiente posible. Si un producto no se vende o una máquina no funciona como debiera, no se empieza de cero y se inicia un nuevo diseño solucionar el problema presente, abandonando y desechando lo que se ha desarrollado o desechando la máquina adquirida y comprando otra, no. Aprovechando el camino ya recorrido, se procuran esclarecer los motivos por los cuales este producto no se vende o esa máquina no funciona. Para ello es necesario diferenciar los motivos triviales de los no triviales; este es uno de los aspectos más importantes en el proceso de la solución de problemas y del proceso de diseño en la ingeniería. Para identificar los elementos críticos, causas centrales de un problema, y evitar lo más posible su confusión con los síntomas del mismo, las técnicas desarrolladas en el Japón en torno al mejoramiento continuo, proporcionan herramientas muy poderosas de desecho de los muchos triviales e identificación de los esenciales que son los puntos concretos que impiden que se solucione un problema o se satisfaga una necesidad. Las "siete disciplinas", los diagramas "causa-efecto" y otras son claros ejemplos de estas herramientas.

Estos procedimientos dan la posibilidad de llevar a cabo la "síntesis", donde se enfocan los recursos de manera concentrada a ciertos aspectos, los más relevantes, en las siguientes etapas del proceso de ingeniería.

Una vez identificados estos parámetros críticos, es necesario conocerlos a fondo. Cuando se cuenta con experiencia previa de casos iguales o similares, es significativamente fácil la proposición de nuevas alternativas acerca de estos parámetros, pero cuando estos parámetros no son del todo dominados, que es un gran número de ocasiones, es cuando se acude al acopio de la información técnica, para la posterior proposición de alternativas de solución.

Generalmente la información más útil es la que se localiza en Centros de Documentación Industrial y Tecnológica, la de Centros de Investigación y Desarrollo donde es posible seleccionar información de fuentes confiables como pueden ser Patentes, Reportes Técnicos, Memorias de Simposiums, Catálogos Industriales, Manuales, Publicaciones elaboradas por distribuidores, fabricantes de equipo, material y otro tipo de publicaciones secundarias, terciarias especializadas que proporcionan resúmenes, referencias de artículos e información existente acerca del área de interés.

La clasificación de la información depende mucho del caso específico, sin embargo una metodología que puede facilitar su procesamiento es la de separar el material que trata directamente sobre el tema o problema en cuestión, separar el material que no trata directamente del tema pero que puede complementar al material que si lo trata,

por último al material que solo puede servir de referencia o para aclarar aspectos o términos colaterales al tema central.

La fase de conceptualización es la fase creativa que tiene estrecha relación con la etapa de análisis y evaluación, y en cuya realización podemos involucrar profundamente el uso de la computadora mediante las capacidades de representación, análisis y simulación que hemos mencionado antes se han desarrollado fuertemente en nuestros días.

En la fase de conceptualización, que es considerada como el corazón del proceso de diseño de ingeniería, es donde se determinan el estado de los parámetros críticos en un conjunto de elementos, mecanismos y/o procesos, y su configuración entre sí, que en una combinación u otra representan en sí el diseño o rediseño que atacara el problema para satisfacer la necesidad planteada. Esta actividad implica la creación de modelos que tradicionalmente se identifican como "analíticos" basados en principios físicos de tipo teórico, y "experimentales" basados en la fabricación de modelos o prototipos, puesta a prueba y registro de los resultados obtenidos de esas pruebas. Se puede decir, que en esta etapa, la aplicación de la computadora persigue el fin de acercarse en lo posible a los modelos analíticos hacia el comportamiento de los modelos experimentales, sin la necesidad obligatoria de esperar a la construcción de los modelos y/o prototipos y la obtención de los resultados de sus pruebas que son a fin de cuentas los que determinan la validez de un diseño.

Para ello la computadora es capaz de apoyar en gran medida a tareas fundamentales que lo que era el ciclo iterativo del método prueba error y que ahora se ha convertido en el método de optimización constante :

Modelado Geométrico

Análisis de Ingeniería

Revisión del Diseño, Evaluación y Optimización

Dibujo Automatizado

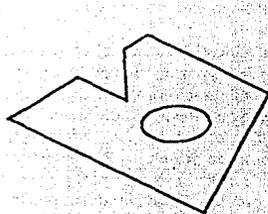
#### d) Modelado Geométrico

El modelado geométrico refiere a la descripción geométrica del diseño mediante la creación en la computadora de elementos geométricos o volumétricos como perfiles, siluetas, planos, superficies o volúmenes, que se crean por medio de la definición de parámetros sencillos como sus construcciones geométricas, sus dimensiones y sus posiciones. Se representan en la pantalla para poder ser manipulados o modificados. Esto es posible gracias a que la computadora define cada uno de estos elementos con una descripción matemática (ecuaciones, vectores, matrices, que el permiten hacer las transformaciones aritméticas que se requieren para mover, rotar, cortar, ajustar, intersectar, proyectar etc., y que además el permiten mandar la señal de representación en la pantalla. Todos estos datos numéricos son almacenados en archivo bajo un nombre identificativo, para después ser recuperado, desplegado, revisado, modificado, según la necesidad del diseñador.

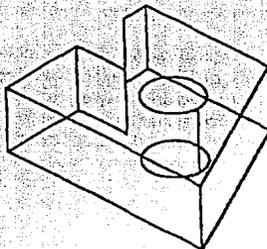
Existen diferentes tipos de modelado, pero el básico es el conocido como "modelado de alambre" (wireframe), donde el modelo se representa por la simple conexión de líneas que representan sus contornos o aristas. El modelo de alambre puede ser de tres tipos:

- 1) 2D: Representación en dos dimensiones, generalmente utilizado para describir objetos planos o vistas ortogonales de objetos tridimensionales.

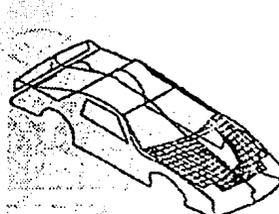
- 2) 1/2D: Representación de un objeto con espesor determinado, con paredes que no requieren de detalles adicionales como protuberancias, recesos u orificios.
- 3) 3D : Representación detallada de un objeto en tres dimensiones.



Representación 2D

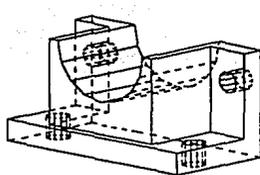


Representación en 2 1/2D

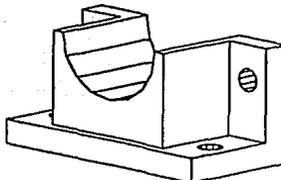


Representación en 3D

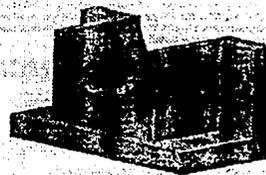
Hay ocasiones en que la representación por modelo de alambre no es adecuada para ser aplicada a objetos muy complicados, por lo que se han creado métodos para mejorar la visualización de los objetos utilizando la misma representación de modelo de alambre.



Sustitución de líneas ocultas



Remoción de líneas ocultas



Sombreado

El primero de estos métodos auxiliares de visualización, consiste en una función que cambia la simbología de líneas ocultas de la vista del objeto representada, sustituyendo las líneas continuas por líneas punteadas. Otro de los métodos consiste en remover por completo las líneas ocultas de la vista presente del objeto (Rendering). Y un tercer método, más sofisticado aun, consiste en presentar las superficies generadas por las aristas presentes en la vista, de manera sólida, sombreadas (Shading) de acuerdo a un foco de luz preestablecido, y aunque el objeto es representado como un sólido la computadora lo sigue reconociendo como un conjunto de líneas en el espacio, sin propiedades de volumen.

El segundo tipo de modelado es el "modelado por superficies", que define objetos, generalmente en el espacio tridimensional real, mediante la intersección de planos o la generación de superficies creadas por "traslación", "revolución", "rotación-traslación" de un perfil o interpolación de splines (curvas polinómicas). Y aunque este tipo de modelado es más sofisticado y completo que el de "wireframe", no ofrece aun toda la flexibilidad que se requiere para representar objetos de geometría compuesta fácilmente.



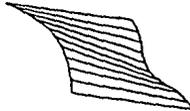
SUPERFICIE ESCULPIDA



SUPERFICIE REDONDEADA



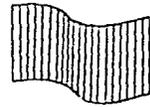
SUPERFICIE PLANA



SUPERFICIE REGLADA

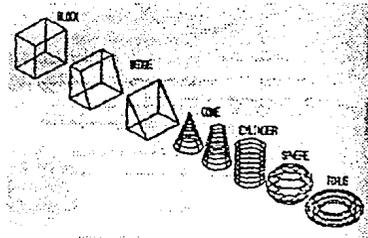


SUPERFICIE DE BARRIDO



CILINDRO TABLADO

El tipo de modelado más completo es el "modelado de sólidos" donde los elementos geométricos más sencillos o "primitivas" ya no son líneas en el espacio, sino cuerpos geométricos como esferas, cubos, conos, cilindros, etc., las construcciones de los objetos se realizan mediante "operaciones Booleanas" de la lógica de los conjuntos como unión, intersección, sustracción, etc., donde desde el primer momento los "atributos" de cuerpo en el espacio, como superficie, volumen, luz, etc. son reconocidos por la computadora.



Primitivas de sólidos



COLOCACION DE PRIMITIVOS



INTEN

BARRIDO LINEAL



BARRIDO COMPLETO



BARRIDO ROTACIONAL



DIFERENCIA



INTERSECCION

Operaciones Booleanas

Con esta breve descripción de los modeladores geométricos es posible distinguir que la versatilidad para que el diseñador represente de manera más real, objetiva sus ideas, se amplía en gran forma con el uso de la computadora. En el siguiente subcapítulo se profundizará en la naturaleza de los paquetes gráficos de 3D.

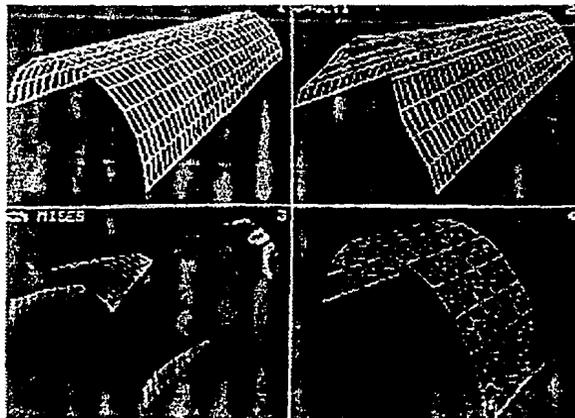
## e) Análisis de Ingeniería

Como se mencionó anteriormente, todo proceso de diseño, de formulación de una solución tiene que estar relacionado con la elaboración de un modelo ya sea de tipo analítico o experimental.

Recordamos también que el modelo analítico es conjunto de ecuaciones o algoritmo que nos permite establecer los valores numéricos de los parámetros básicos de nuestro diseño, y que se encuentra fundamentado sobre principios físicos, estadísticos (ecuaciones de tipo experimental, nomogramas) ya establecidos. Este tipo de análisis comprende la determinación, verificación de esfuerzos, resistencias de materiales, deformaciones por efecto mecánico o térmico, vibración, transferencia de calor o la dinámica de un fluido, y otros más complejos como efectos electromagnéticos.

Como es del conocimiento de todo ingeniero estos tipos de análisis involucran el manejo de tablas de ingeniería de diversa naturaleza, cartas de curvas, ecuaciones de origen experimental, especificaciones estándares de diseño, que pretenden dar una aproximación de los valores ideales a los parámetros determinantes de la funcionalidad, seguridad, costo de el diseño en cuestión. Por la gran cantidad de información que se maneja, en los procesos iterativos que se tienen que llevar a cabo para obtener los valores óptimos, la computadora es un gran instrumento auxiliar para desarrollar esta tarea, que a veces se convierte en extremo tediosa y frecuentemente la principal razón de retraso de los proyectos de desarrollo.

Sin embargo, cabe señalar que la computadora, en primera instancia, no hace uso de tablas, de cartas de curvas ni estándares de diseño, y aunque lo puede hacer, en ella, se aplica un método que pretende dar una aproximación aun más real del comportamiento de un diseño ante un fenómeno comunes en su funcionamiento cotidiano. Este método es el llamado Análisis por Elemento Finito, que se basa en dividir al objeto en cuestión, en un gran número de pequeños elementos (normalmente de forma triangular o rectangular, los más sencillos) los cuales forman una red de elementos interconectados por nodos comunes, que matemáticamente son representados por ecuaciones diferenciales que representan las ecuaciones de estado que las leyes físicas dictan acercan del fenómeno analizado en cuestión, y que arregladas en grandes matrices son procesadas y transformadas por aproximaciones numéricas para soluciones

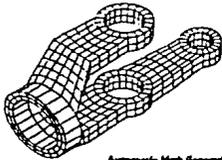


matemáticas de los sistemas de ecuaciones que representen los efectos provocados por alguna perturbación, en el estado y comportamiento de cada uno de los elementos de la malla del modelo, de todos los elementos en conjunto, y del sistema de manera global que representa el comportamiento del objeto entero. Este método ofrece las ventajas de ser aplicado de manera similar a cualquier tipo de análisis ya sea mecánico, térmico, hidráulico o electromagnético, y además brinda resultados muy confiables con respecto a las pruebas experimentales del prototipo, una vez que los métodos de modelado han sido debidamente validados con anterioridad en casos similares.

La manera en que el ingeniero tiene que intervenir para llevar a cabo este análisis es mínima pero muy importante en dos de las tres etapas del proceso que a continuación se enumeran:

- 1) Pre proceso: Preparación del objeto a ser analizado
- 2) Análisis: Procesamiento por parte de la computadora
- 3) Post proceso: Interpretación y presentación de los resultados

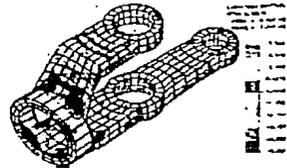
Es relativamente lógico entender la importancia que toma la intervención del ingeniero en las etapas de preproceso y post proceso. Durante la etapa de preproceso el diseñador tiene que preparar la geometría del objeto de manera que el tipo de los elementos seleccionados corresponda con las características, comportamiento y condiciones del objeto que pretende ser modelado, de tal manera que se obtengan los resultados más apegados a la realidad y no se simplifique lo más posible el cálculo. Para dicho modelado es necesario establecer las partes que se consideren críticas, así como también, tienen que establecerse los grados de libertad, limitantes o condiciones de frontera y las características del fenómeno perturbador. De acuerdo a la manera en que se establecen estas variables es posible obtener resultados más lógicos y apegados a las condiciones del real del sistema o fenómeno que se modela, y facilitará interpretar de una manera más confiable los resultados que arroja el post proceso. La teoría básica de la etapa de procesamiento del modelo matemático que lleva a cabo la computadora, se describirá en incisos posteriores.



Definición de la Malla



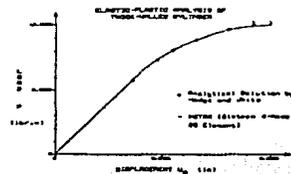
Resultados por Vectores



Resultados por Curvas de Nivel



Resultados por Deformación



Resultados por Gráficas X-Y

Una vez que se llevo a cabo el análisis, en el post proceso, el diseñador tiene que elegir la manera más adecuada para presentar los resultados; ya que en forma gráfica, sobre la silueta del objeto, se pueden representar los valores en forma de vectores aplicados al nodo correspondiente, o bien presentar la silueta deformada, en el caso de un análisis de deformación; o también es posible representar sobre la silueta del objeto las curvas de nivel en diferentes colores, que corresponden a los intervalos de valores de las variables de salida analizadas en cada zona de la pieza; o presentar los valores a lo largo de un eje coordenado que corresponda con las dimensiones de la pieza en una dirección predeterminada; o en el caso más austero los listados de los nodos con sus valores correspondientes. Con esta amplia variedad de enfoques en la presentación de resultados del análisis es posible distinguir detalles que auxilian en la verificación, optimización del diseño, puntos que en el siguiente apartado se contemplan.

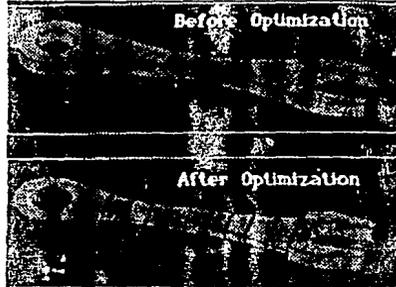
### f) Revisión, Evaluación del Diseño y Optimización :

Con todo lo expuesto en el punto anterior es posible vislumbrar un enfoque más centrado a la actividad de la optimización, gracias a que los tiempos de análisis y la probabilidad de errores cometidos en el procesamiento de información se reducen notablemente.

Aun así, si con estas funciones no fuera suficientemente clara la ayuda que la computadora puede prestar al proceso de diseño, durante la etapa de revisión, evaluación y optimización del diseño existen aun más tareas que pueden simplificarse. Una de ellas es la determinación de las propiedades de masa del objeto, que con solo introducir peso específico, material, en combinación con propiedades ya calculadas como volumen, momentos de inercia, arrojan datos como peso, centro de gravedad, en algunos programas hasta la representación exacta de la textura del material de que esta compuesto el objeto. En algunos paquetes de análisis, existen utilerías específicamente destinadas a optimizar los diseños, aplicando métodos de iteración con el uso de diferentes dimensiones, geometrías y materiales, para hallar soluciones que obtengan los valores óptimos de variables predeterminadas entre los rangos máximo y mínimo de funcionalidad, seguridad y costo.

Otra de las tareas de verificación que se pueden llevar a cabo es la comprobación de la exactitud de dimensiones, de tolerancias adecuadas, mediante el uso del dimensionamiento semiautomático. En los paquetes CADD, una función especialmente útil, es el uso de los llamados "layers" o "niveles", que de manera sencilla pueden entenderse como elaboración de los dibujos en varias hojas transparentes que pueden ser sobrepuestas unas sobre otras simultáneamente para tener presentes al mismo tiempo todos los elementos dibujados o solamente los de interés particular, en cada uno de los niveles visibles o activos. Una aplicación práctica de esta función es el "análisis de interferencia", con el, es posible verificar el exacto ensamble de piezas elaboradas por separado, o determinar las sobrespecificación de la pieza para ser sometida al maquinado, obteniendo así, los desperdicios de material bastante aproximados a los reales. Por último, existe una función que antes tradicionalmente se atribuía tan solo a los sistemas mainframes, pero que ahora esta teniendo gran desarrollo en PC's, el "análisis cinemático", que se realiza por medio de la capacidad del software llamada "asociatividad dimensional", que en breves palabras es la relación de dependencia que se establece entre varias dimensiones de un sistema o cuerpos articulados, estrechamente vinculadas por su posición y localización. Esta propiedad que esta siendo rápidamente desarrollada para PC's, permite modificar la posición de algun elemento geométrico de la pieza afectando simultanea y lógicamente a todos los elementos que estan relacionados con el, ya sea por posición, localización o tamaño de tal manera que es posible guardar las relaciones dimensionales, por ejemplo, en la representación de un mecanismo "piston-biela-manivela".

Tomando en cuenta estas posibilidades de verificación, es posible entender que los escasos esfuerzos de optimización de los diseños considerados como tradicionales, se verán incrementados gracias a que el criterio de diseño no se basará más en el convencional método de "valor inicial sobrado o factor de seguridad", sino más bien la nuevo método de "valor inicial aproximado e iteraciones para obtener valor óptimo, seguro".



Optimización realizada por iteración automática de FEA

#### g) Dibujo Automatizado :

El dibujo automatizado implica la generación, reproducción y almacenamiento en la computadora, de los dibujos que tradicionalmente se elaboraban solo en un restridor, eran almacenados en planeros, abarcando una gran cantidad de espacio, tomando mucho tiempo para su generación, reproducción, archivo, recuperación. Esta función ha sido por muchos años, para muchas empresas, la principal justificación de la implementación de un sistema auxiliado por computadora, y también ha sido desgraciadamente, el alcance máximo que algunas empresas el han dado a esta tecnología, cuando por el contrario, aquí hemos mencionado promesas aun más ambiciosas que el simple hecho de tener un archivo gráfico electrónico.

Algunas características especiales del dibujo automatizado como el dimensionado automático, generación, relleno automático de la áreas con la simbología convencional de materiales o "ashurado", el autoescalamiento de los dibujos, el dibujo a detalle por medio de acercamientos, la generación de librerías de simbología de uso frecuente, de fácil recuperación, así como la generación automática o semiautomática de vistas y/o secciones permiten, después de una apropiada familiarización, incrementar la eficiencia, al productividad en cifras comprobadas de cuando menos 400%. Si a este uso inicial de un paquete de CADD, agregamos la posibilidad, que algunos paquetes CADD ofrecen lo que es la llamado "personalización" de los sistemas a una aplicación de uso específico, mediante la programación o reestructuración de sus menús, introducción de estándares de mayor uso, creación de funciones especiales que facilitan la reproducción de los dibujos, ya sea estos por programación en sus "arquitecturas abiertas" o por "macros".

Tomando en cuenta que los datos que se están generando en el departamento de Ingeniería, son los que originan todo un movimiento de información acumulable, del nacimiento o revisión de un producto, desde su conceptualización hasta su manufactura, se puede establecer que si esta, se encuentra almacenada en la computadora, se inicia la creación de una Base de Datos Común que es posible que sea utilizada, retroalimentada, y aumentada por todos por los departamentos asociados a los cambios en un diseño de producto. Es por ello que no es difícil imaginar que los departamentos

como Control de Calidad, Herramientas, Producción, Manufactura, etc, se vean directamente involucrados en el uso, expansión del sistema CAD a sus respectivas áreas. más adelante se verá como es posible extender las capacidades del CAD a cada una de estas áreas de una manera objetiva y operativa.

Una vez enumeradas algunas de las facilidades que brinda un sistema CAD al proceso tradicional de diseño, es posible puntualizar, resumir los principales beneficios que obtienen una vez que se ha incorporado esta tecnología al trabajo cotidiano de ingeniería.

### 2.3 ) BENEFICIOS PROPORCIONADOS POR EL CAD

---

A continuación se presenta una lista que enumera las principales ventajas del uso de un sistema CAD , aplicado a la automatización del proceso de diseño:

- - Mejoramiento de la productividad:

- Facilitación de la generación de dibujos muy complejos

- Incremento en la exactitud, en el nivel de detalle requerido

- Disminución de tiempo en la generación de partes repetitivas

- Aprovechamiento de la simetría de las partes

- Disponibilidad de patrones de fácil recuperación

- - Tiempos de proceso y ciclos de diseño más cortos

- Elaboración de diseños, cálculos, dibujos, ensambles, reportes asociados, en tiempos más cortos gracias a la centralización, homogeneidad y consistencia de la información.

- - Reducción de personal requerido

- Aplicación directa de los programas de análisis de ingeniería, sin necesidad de la existencia de extensos grupos de especialización para llevar a cabo extensas pruebas para verificar funcionalidad, seguridad, eficiencia del diseño.

- - Posibilidad de especializar y personalizar el sistema de diseño (por computadora) a las necesidades específicas de la empresa.

- - Respuesta ágil a cambios y actualizaciones urgentes de dibujos y especificaciones.

- Mejoramiento en la facilidad de aplicar cambios de ingeniería mediante la recuperación de los archivos originales, su modificación, lo que permite conservar el archivo histórico de un producto, gracias a su compacto almacenamiento.

- - Minimización de errores por transcripción de la información o en la creación de productos derivados.

- Capacidad intrínseca de los sistemas CAD para no aceptar duplicación de la información, inconsistencia o falta de homogeneidad en la misma, así como también para trabajar en el nivel máximo deseado de exactitud de cálculos.

- - Fácil identificación, reconocimiento de la interacción de los componentes presentes en un diseño

- - Mejoramiento y optimización de los diseños através del análisis por computadora que reduce el número de pruebas del prototipo.
- - Simplificación de la documentación requerida por el desarrollo de producto.
- - Incremento en el nivel de estandarización de la información

Establecimiento de procedimientos "tipo" de elaboración de diseños, dibujos, debido a las rutinas establecidas los programas CAD.

- - Incremento en la productividad y exactitud de diseño de herramienta
  - Transferencia, uso directo de los parámetros, valores utilizados para el diseño del producto, en la generación de la herramienta que lo producirá.
- - Determinación más ágil de los costos asociados al producto, por medio del cálculo de áreas, volúmenes, etc.
- - Entrenamiento reducido para dominar las tareas de dibujo.
- - Programación de máquinas con control numérico, más directo.
- - Aumento de la posibilidad de codificación sencilla de partes, herramientas
- - Ahorro en materiales, tiempos de maquinado por el uso de algoritmos de optimización
- - Obtención de resultados concretos en evaluaciones parciales durante el desarrollo de un proyecto
- - Facilitación del control del proyectos de desarrollo de nuevos productos por la facilidad de compartir archivos comunes.
- - Auxilio efectivo en la inspección de partes complejas, gracias a las propiedades de verificación de geométrías y distancias del sistema.
- - Diversificación de los tipos de visualización, representación más clara de las partes diseñadas.

Aplicación de las distintas formas de representación gráfica de los objetos: vistas ortogonales, isométricas, oblicuas, perspectivas, en modo de "wireframe", remoción de líneas ocultas, sombreado y animación.

Estos son algunos de los beneficios más tangibles cuando un sistema CAD se encuentra incorporado casi en su totalidad al proceso de diseño de ingeniería. Sin embargo, es importante señalar que como en todo proyecto, es necesario aplicar los recursos materiales, humanos, y el tiempo suficientes para que el sistema CAD deje ver sus frutos de manera convincente.

Algunas de las desventajas son:

- - Inversión inicial alta para empresas pequeñas
- - Dificultad de adaptación al sistema computarizado debido a la falta de cultura computacional.
- - Dependencia tecnológica del extranjero.
- - Necesidad de entrenamiento o contratación de personal especializado.

Sin embargo además de las ventajas y desventajas que la implantación de un sistema CAD puede tener, la empresa que este pensando en trabajar con sistema de CAD debe tener en consideración también la existencia de los siguientes mitos:

1) "Hay que teclear letra por letra todos los comandos"

Aunque todos los equipos de CAD cuentan con teclados alfanuméricos, la mayoría de los sistemas, ya cuentan con sistemas de selección por botones específicos, comandos de modo inmediato, menús formados por iconos o plantillas para sistema de tableta y lapiz optico.

2) "Presionar un boton equivocado puede dañar o interrumpir el sistema"

Aunque los procedimiento que hay que seguir para llevar a cabo ciertas funciones son a veces muy estrictos en la secuencia de los comandos, los sistemas de CAD son generalmente inmunes al colapso total debido a un solo error en la introducción de los comandos. En la gran mayoría de los sistemas, las "ayudas en línea" brindan suficiente soporte al usuario para recuperar la mayoría de los daños involuntarios causados por laguna secuencia de comandos mal ejecutada.

3) "El usuario del sistema se volviera productivo instantaneamente al usar el CAD"

En toda implantación de nuevos sistemas siempre existe una curva de aprendizaje por lo que es de esperarse que la productividad descienda inicialmente durante un periodo que puede variar desde semanas hasta meses, dependiendo del tipo de sistema adquirido, de la claridad de los manuales, del entrenamiento recibido y de la cantidad de horas que los nuevos usuarios esten en contacto con el nuevo CAD para realizar sus funciones con nuevos procedimientos. Ante ello, y como se ver más adelante, es recomendable establecer un periodo de pre-operación en donde el sistema tradicional y el sistema CAD estaran corriendo para lelamente hasta el momento en que el sistema CAD alcance la productiviada y eficiencia del sistema anterior.

4) "Es necesario conocer de programación para hacer uso de el CAD"

Los programas de aplicación son enfocados a usuarios sin experiencia previa en computación. Los programas de CAD no requieren de programación alguna, a menos que se pretenda personalizar alguna sección de este o modificar la programación original del mismo.

5) "No se puede hacer ingenieria en una PC"

Originalmente las PC no podían desarrollar funciones complejas de dibujo, modelado y análisis de ingeniería, pero ahora que se han desarrollado al grado de ser comparadas en funcionamiento con algunas workstations del tipo "low-end", es posible desempeñar todas estas funciones de manera bastante aceptable.

6) "Las PCs pueden hacer todo lo que hacenlas workstations o mainframes"

Un gran número de paquetes originalmente escritos para mainframe y workstations, han sido transferidos a versiones de PC, por lo que pueden realizar la mayoría de las funciones que se relaizan en los programas originales, sin embargo, estas funciones tomaran mayor tiempo que los equipos de mayor tamaño.

7) " El análisis por computadora da resultados infalibles"

Los resultados que la computadora genera son usualmente tomados como correctos por la forma tan elegante, colorida y organizada en que son presentados, sin embargo ellos son tan buenos como los datos de entrada hayan sido especificados y como los resultados sean interpretados.

#### 8) "El CAD mejorara el trabajo del diseñador"

El sistema CAD es como una lupa, si el sistema de diseño que tenia originalmente la empresa era bueno, el CAD aumentara sus beneficios, pero si el sistema anterior era deficiente, entonces el CAD solo empeorara y enfatizara las fallas del mismo.

#### 9) "CAD es invariablemente más rápido que el método manual"

En algunos casos, tomando el tiempo total para hacer una modificación en una base de datos de un dibujo complejo hasta el momento de obtener en la impresión final, toma más tiempo que el método manual en donde el mismo dibujo es modificado y representa la única fuente de datos del diseño. Las ventajas del sistema CAD se presentan en la facilidad de trazo de líneas y en la facilidad de recuperación y aplicación de información estandarizada, sin embargo agrega una disciplina más en el manejo, actualización y administración de la base de datos de la computadora. Una regla muy importante que debe ser mantenida vigente a través de toda la vida útil del sistema es la que establece que las impresiones generadas por sistema CAD son una representación de lo que se encuentra archivado en la base de datos del CAD, y por ninguna razón un dibujo modificado manualmente puede ser considerado como oficial hasta que la modificación mostrada en ese dibujo se introduzca en la base de datos, se valide y se obtenga una impresión oficial completamente generada por el sistema. Esta regla mantendrá la integridad, la validez y confiabilidad de los datos contenidos en el sistema y de el sistema CAD en sí mismo.

## 2.4) FUNDAMENTOS DE LOS SISTEMAS C.A.D

### 2.4.1) Definición de C.A.D.

C.A.D. es el acrónimo de Diseño Auxiliado por Computadora (Computer Aided Design), que puede ser definido como la aplicación de recursos de hardware o equipo de cómputo y software o programas gráficos especializados, al auxilio de las funciones de diseño como el dibujo y el modelado por sólidos de diversas disciplinas como la arquitectura y la ingeniería en sus diferentes ramas, mediante el uso de las ventajas de la computación gráfica.

La aplicación de la computación gráfica tiene una gran variedad de aplicaciones, pero un paquete de C.A.D., como parte de una área muy concreta de la computación gráfica, generalmente se encuentra enfocado a dos o tres aplicaciones específicas, ya sean estas el modelado y el dibujo automatizado, o bien, el modelado y el análisis de diseño, etc.

Como todo sistema de cómputo, un sistema de CAD, se encuentra compuesto por dos conjuntos de elementos básicos, ya mencionados anteriormente, que son los elementos de Hardware o equipo y los elementos de software o programas.

Existen otras actividades de la ingeniería que también son auxiliadas por la computadora; como se mencionó anteriormente, el análisis de ingeniería es otra de las áreas donde la computadora es de gran utilidad. El análisis de Ingeniería Auxiliado por Computadora (CAE) utiliza los recursos de la computadora y de programas que ocupan

el método de Análisis por Elemento Finito para simular condiciones físicas a las que sera sometido el diseño durante su vida útil. Debido a que los métodos de análisis se llevan a cabo mediante planteamientos gráficos y su análisis se lleva a cabo mediante la solución algebraica de sistemas de ecuaciones que relacionan las condiciones físicas (condiciones de frontera) y las características de material y geometría del diseño, el uso de la computadora en los procesos iterativos de solución de estos sistemas de ecuaciones, es verdaderamente útil y eficiente. Sin embargo, aun cuando los medios gráficos en que se muestran los resultados de este análisis son muy simples, se requiere de su correcta interpretación para poder aplicar en forma correcta estas herramientas.

Otra de las actividades de ingeniería en que la computadora auxilia, es la manufactura en procesos de arranque de viruta. La Manufactura Auxiliada por Computadora es la aplicación de la computadora y programas a la planeación, simulación de maquinado, generación de código intermedio y control de máquinas-herramientas en el momento de la fabricación de piezas. Este concepto, CAM, es el fundamento de los sistemas flexibles de manufactura y parte de un concepto más amplio llamado Manufactura Integrada por Computadora (CIM), que se explicara en el siguiente capítulo.

#### 2.4.2) Descripción del Equipo comunmente aplicado en C.A.D.(I)

"Hardware" es el equipo que compone al sistema, y con el cual, se introduce la información, se procesa y es posible almacenar o bien producir copias (hardcopies) en medios visuales o magnéticos. Este equipo puede ser dividido en varios subconjuntos de acuerdo a su función:

- \* dispositivos de entrada: medios de introducción de la información
- \* unidades de procesamiento
- \* accesorios de especialización: coprocesadores, tarjetas gráficas, etc.
- \* dispositivos de salida: de visualización, de reproducción y transferencia
- \* dispositivos de almacenamiento: discos duros, cintas magnéticas y discos opticos

Aunque este trabajo no persigue enfocarse demasiado al aspecto de la computación, si es necesario describir claramente algunos aspectos relevantes referentes a los recursos de equipo y programas requeridos en una "estación de trabajo" para la aplicación específica del Diseño Auxiliado por Computadora en la Ingeniería.

El concepto de "estación de trabajo", debiera entenderse en este trabajo, como el conjunto de elementos del sistema de cómputo de software y hardware, reunidos en un sitio para llevar a cabo las funciones que auxiliaran las labores de diseño en la ingeniería. No debiera confundirse con la subdivisión de equipo de cómputo llamada comercialmente "workstation", y que más adelante se describira como parte constitutiva de una estación de trabajo.

La configuración básica de un sistema de cómputo aplicado al Diseño Auxiliado por Computadora esta compuesto del mismo grupo de elementos que consta en términos generales cualquier tipo de equipo de cómputo para otras aplicaciones, sin embargo sus capacidades y funciones son mucho más amplias y especializadas que, por ejemplo las de un equipo de cómputo de uso administrativo. Lo anterior se explica en el siguiente gráfico que muestra la diferentes alternativas en cada conjunto de elementos mencionados en la definición de hardware, hecha en parrafos anteriores:



Elementos de una Estación de Trabajo

#### 2.4.2.1) Unidades Centrales de Proceso o CPU

El CPU es definido como el módulo fundamental de una computadora, donde se llevan a cabo las funciones de procesamiento, generación de información resultante de ese procesamiento y algunas funciones de administración de los recursos propios de la computadora. Las características de este módulo fundamental son en gran parte las que determinan la capacidad de la computadora. Entre los parámetros más usuales que determinan la capacidad de la computadora se encuentran:

- \* Su velocidad de procesamiento, ya sea esta, dada en ciclos de reloj por segundo y su tamaño de palabra (número de bits que forman un byte = paquete de información procesada), o por la cantidad de instrucciones y de operaciones de "punto flotante" ejecutadas por segundo.

- \* La cantidad de información temporal o volátil (RAM = Random Access Memory) que pueda almacenar mientras esta encendida la máquina, que podrá contener los programas de aplicación y de activación de sus dispositivos, así como los archivos particulares con que trabaja el usuario durante el lapso de trabajo.

- \* La capacidad para manejar varios procesos simultáneamente (multiprocesos) o de dar servicio a uno (monopuesto) o varios usuarios (multiusuario) a la vez, en aplicaciones distintas o semejantes.

Estos parámetros que complementados por otros como la adaptación a diferentes sistemas operativos, la capacidad de enlazarse y transferir información a otras computadoras o periféricos mediante la conexión a una red, la variedad de periféricos que puede manejar a un mismo tiempo, la capacidad de representación de procesos en tiempo real, etc., determinan el tamaño y potencial de una computadora.

Debido a este número de parámetros, es frecuente escuchar un número considerable de clasificaciones de computadoras como supercomputadoras (SPC), computadoras (mainframes), superminis (SPM), minis, workstations (WSTN), sistemas

personales (PS), computadoras personales remotas (PC RT), computadoras personales aumentadas (PC AT), computadoras personales de capacidad extra (PC XT), etc.; sin embargo podemos resumir diciendo que existen básicamente tres tipos básicos de computadoras de acuerdo a su cantidad y velocidad de manejo de la información, que son: microcomputadoras, minicomputadoras y mainframes (2).

### Microcomputadoras:

Como ya se ha mencionado en el capítulo anterior, el desarrollo de las microcomputadoras ha cambiado radicalmente el uso y la aplicación de la computación a áreas que se consideraban relegadas a los beneficios de esta tecnología por los altos costos de operación ò su poca adaptabilidad a necesidades muy concretas. Originalmente, las microcomputadoras se caracterizaban por tener procesadores de 4 a 8 bits, con 64 a 256 kilobytes (kb) de memoria RAM sin embargo con el rápido crecimiento de los circuitos integrados y microprocesadores, empezaron a surgir los microprocesadores de 8, 16 y ahora de 32 bits (Intel 80386, Motorola 68800) para microcomputadoras. La cantidad de memoria temporal como podemos llamar a la memoria RAM, incremento su capacidad de 60 y 256, a 512 y 640 kbytes. Aún más, actualmente con las llamadas tarjetas de expansión ò bien con módulos de memoria (SIMMs: Single In line Memory Modules) agregables a lo bancos de la tarjeta principal, es posible aumentar esta capacidad de memoria de 1,2,4, a 16 Megabytes en computadoras como las Vectra HP, IBM PS/2 modelo 80 y las Compaq 386. (Cabe aclarar que estas máquinas, y más aún las nuevas versiones con procesador 80486, son consideradas el umbral entre las microcomputadoras y las minis, pues aunque aún manejan sistemas operativos monotarea para microcomputadoras, sus procesadores son de 32 bits y los sistemas operativos UNIX, XENIX están ganando mercado rápidamente en ambas modalidades de computadoras). A continuación se presentan las configuraciones promedio de los tipos generales de microcomputadoras:

Microcomputadora común (PC XT) maneja procesadores de 16 bits (Intel 8086, Zilog Z8000, Motorola 68000, con una memoria RAM del rango de los 512, expandible a 640 kbytes, velocidad de reloj de 8 MHz, y discos rígidos de 10 a 40 Mbytes.

Una computadora más sofisticada (PC AT), maneja procesadores de 16 ò 32 bits (Intel 80286 y 80386), memoria RAM de 640kb a 2Mb, velocidad de reloj de 12 a 33 MHz, y discos rígidos de 20 a 300 Mbytes.

Si agregamos a estos equipos el uso de un dispositivo accesorio, que más adelante se describirá, llamado "coprocesador numérico ò matemático", especialmente dedicado a realizar la gran cantidad de operaciones matemáticas realizadas en una aplicación de CAD, se puede mejorar la rapidez de respuesta del equipo hasta en un 60%, con respecto a la velocidad original del equipo específico del que se trate.

Las microcomputadoras suelen tener una velocidad de procesamiento entre 1 y los 5 MIPS (millones de instrucciones por segundo), sin embargo, en esta clase de equipo, no es muy común utilizar este tipo de unidades para medir su desempeño.

La mayoría de estos sistemas trabajan bajo un sistema operativo sencillo que por lo regular es MS-DOS (Microsoft Disk Operative System) en las máquinas compatibles con IBM, y otras, las menos, con otros sistemas operativos como por ejemplo Macintosh. La particularidad de este sistema operativo, como más adelante se vera, es que tiene la limitación de ser monotarea, y no tiene la capacidad de compartir recursos en forma bidireccional (entradas y salidas de información) con otros equipos, por sí sola.

Otra característica común al género de las microcomputadoras es que incorporan información externa a sus sistemas por medio de un "floppy disk", diskette de 360 a 1200 kbytes generalmente, lo que permite, cuando menos entre las máquinas compatibles, (que son aquellas que pueden operar bajo un mismo software), una gran relación de intercambio de información.

Los sistemas CAD que operan con esta plataforma de equipo son considerados sistemas altamente optimizados en el uso de las capacidades limitadas de la microcomputadora para aplicaciones de CAD. Sin embargo es necesario recalcar que las microcomputadoras llamadas "High-end" (HePC's), que conjuntan a las máquinas con procesadores centrales Intel 80386, 80386SX y 80486, han incorporado características interesantes a sus configuraciones, que antes solo se veían en equipos más grandes; tal es el caso de la aplicación de la llamada "memoria virtual" a los procesos con alto requerimiento de memoria de rápido acceso. La "memoria virtual" es un método que intercambia automáticamente porciones de un programa extenso, entre la memoria central y el disco de almacenamiento. Esta, es una memoria de acceso rápido que continuamente tiene cambio en la naturaleza de su contenido, de acuerdo a lo que la corrida del programa requiere o mantiene en memoria.

Para concluir, se puede establecer que con la tecnología actual, los requerimientos mínimos de una plataforma inicial para una aplicación de CAD, pueden basarse en el uso de una microcomputadora con las siguientes características iniciales:

una memoria RAM de 640kb

procesador de 16 bits

velocidad de 12 Mhz,

disco duro de 20Mb

tarjeta y monitor gráficos

preferentemente compatible

coprocesador matemático recomendable (para algunos programas como Autocad es indispensable).

Aunque algunos paquetes de CADD ya comienzan liberar versiones con requerimientos mínimos basados en microcomputadoras, pero más sofisticados, existen aun paquetes de muy buena calidad que admiten la configuración mínima que se acaba de establecer, y que permite iniciar la introducción del modelado, análisis lineales sencillos, dibujo automatizado y posiblemente también la generación de programas y código de control numérico, con un riesgo en la inversión baja. más adelante, en el análisis de mercado se proporcionaran listas de programas y sus configuraciones mínimas, en las áreas de CADD, CAD/CAM y CAE.

### Configuraciones (3)

#### IBM PS/2, modelos 50Z

Procesador 80286

Velocidad 10 MHZ

RAM 1 MB expandible a 16 MB

Drive diskette 3.5" de 1.44MB

Tarjeta y monitor VGA

**Entradas y salidas por microcanal**

HD 30 a 60 MB

Sistema Operativo: MS DOS 3.X, OS/2

**IBM PS/2, modelos 55 SX**

Procesador 80386 SX

Velocidad 16 MHZ

RAM 2 MB expandible a 16 MB

Drive diskette 3.5" de 1.44MB

Tarjeta y monitor VGA

Entradas y salidas por microcanal

HD 30 a 60 MB

Sistema Operativo: MS DOS 3.X, OS/2

**IBM PS/2, modelos 70**

Procesador 80386

Velocidad 20 y 25 MHZ

RAM 1 ò 2 MB expandible a 16 MB

Drive diskette 3.5" de 1.44MB

Tarjeta y monitor VGA

Entradas y salidas por microcanal

HD 60 a 120 MB

Sistema Operativo: MS DOS 3.X, OS/2

**Hewlett Packard**

**HP QS/16/20**

Procesador 80386

Velocidad 8 a 16 MHZ

RAM 1 MB expandible 16 MB

1 Drive p/diskette de 5.25" 360 KB a 1.2 MB

ò 3.5" 1.44 MB

Tarjeta y monitor VGA

HD 40 MB

Sistema Operativo: MS DOS 3.X, OS/2, XENIX

**HP RS/20/33**

Procesador 80386

Velocidad 8 a 20 MHZ ò 33 MHZ

RAM 2 MB expandible 16 MB

1 Drive p/diskette de 5.25" 360 KB a 1.2 MB

ò 3.5" 1.44 MB  
Tarjeta y monitor VGA  
HD 40 a 310 MB  
Sistema Operativo: MS DOS 3.2, OS/2, XENIX

### Compaq

#### DeskPro's 386

Procesador 386 ò 386 SX  
Velocidad 16, 20, 25 ò 33MHZ  
RAM 1,2 ò 4 MB expandible a 13, 16 ò 100 MB  
1 Drive p/diskette 5.25" 1.2MB  
ò 3.5" 1.44 MB  
Tarjeta y monitor VGA  
HD 40 a 650 MB  
Sistema Operativo: MS DOS 3.3, OS/2, UNIX

### Sun Microsystems

#### Sun 386i/150

Procesador 80386  
Velocidad 20 MHZ  
RAM 4 a 16 MB  
1 Drive p/diskette 3.5" 1.44MB  
HD 91 A 327 MB  
Sistema Operativo: MS DOS 3.3, Sun OS, UNIX

#### Sun 386i/250

Procesador 80386  
Velocidad 25 MHZ  
RAM 8 a 16 MB  
1 Drive p/diskette 3.5" 1.44MB  
HD 91 A 327 MB  
Sistema Operativo: MS DOS 3.3, Sun OS, UNIX

Como se puede observar en algunas configuraciones, en especial en las de Compaq, las capacidades estándar de los equipos sobrepasan por mucho las características de las microcomputadoras y alcanzan las capacidades de las "workstations", aunque con algunos problemas de eficiencia en el direccionamiento de la información gráfica.

**Minicomputadoras (4):**

La mayoría de las minicomputadoras poseen procesadores de 32 bits, aunque inicialmente comenzaron con 16 bits, esto ha permitido desde un principio enfocar su función a tareas muy especializadas de CAD como lo son el modelado y el análisis, pero sacrificando sus aplicaciones de multiusuario a la modalidad de monopuesto. La poderosa memoria RAM de 4 a 16Mb permite manejar las extensas representaciones tridimensionales que los sistemas CAD más completo desarrollan. La alta capacidad de sus discos duros que están en el rango de 100 a 300Mb permiten almacenar paquetes completos de dibujo, modelado, análisis de ingeniería. Por otro lado, es tal la rapidez de procesamiento de información que las unidades de medición de esta capacidad se representan en MIPS (Millones de instrucciones ejecutadas por segundo); el rango de operación promedio es de 5 a 10 MIPS. La gran mayoría de estas máquinas poseen lo que se denomina una "memoria virtual", debido a la considerable extensión de los programas que se manejan, y para no saturar la memoria RAM con rutinas de procesamiento exclusivamente, que limitan la cantidad de información a procesar, una parte de la totalidad de la memoria se destina a alojar secuencialmente partes del programa ejecutándose, de manera que el programa no reside en su totalidad en la memoria RAM, sino que conforme avanza el proceso, se intercambian partes del programa entre el disco rígido y la memoria virtual. Dentro de esta categoría podemos mencionar máquinas que normalmente se incorporan como estaciones de trabajo de CAD a los departamentos de ingeniería, entre las se encuentran: las series MicroVax de Digital, series HP Apollo 9000 de Hewlett Packard, series Cyber 910 de Control Data, series IBM 400. Este tipo de máquinas o sus familias homologas precedentes, se encontraban aplicadas a atender las tareas administrativas de las empresas, en sistemas multiusuario y multitarea. Pero al comenzar a extender sus aplicaciones al área de ingeniería, fueron incapaces de atender simultáneamente los intensos procesos administrativos junto con las aplicaciones de CAD, fue así como empezaron a surgir los sistemas "monopuesto". A medida que la electrónica fue avanzando, la reducción de los costos y tamaños de los equipos, y el aumento de sus capacidades, permitieron la aparición de los sistemas "standalone" (autónomos), aplicando la capacidad de una sola "mini" a una sola estación de trabajo, y dando por consecuencia el posterior nacimiento a las "workstation", equipos que se encuentran altamente especializados en las intensas tareas de procesamiento en cálculos de análisis de ingeniería y de representación gráfica. El surgimiento de los conceptos de "operaciones de punto flotante: FLOPS", y de tarjetas especializadas de procesamiento gráfico (memorias intermedias gráficas de "bit-maps"), marcaron el surgimiento de un equipo de cómputo especializado para las tareas de la ingeniería. Y aunque la tendencia sigue siendo a descentralizar los procesos de cómputo con sistemas "standalone" o "workstation", también existe una marcada tendencia a enlazar estas entre sí, mediante redes, para compartir recursos periféricos y de información.

Tres de las principales diferencias entre las microcomputadoras y las workstations, son, la primera, la ya mencionada capacidad de multiproceso que tienen estas últimas, en segundo término, la mayor velocidad de procesamiento de las "workstations" (1 a 5 MIPS vs. 3 a 50 MIPS), y por último, la capacidad especializada que tienen las workstations para el proceso y manipulación de la información gráfica, que se ve reflejada en las diferencias existentes en características como la resolución, velocidad de reestablecimiento de las imágenes (3 segs. en PC's en promedio vs. 1 seg. en WS) y la amplia gama de tonalidades desplegadas (16 colores de una paleta de 256 en PC's vs. 256 de una paleta de 16 millones en WS's).

Mientras que en las microcomputadoras existe solo un procesador central que realiza todos los procesos de cálculo y después controla la representación gráfica mediante el manejo de la tarjeta gráfica, en las workstations, existe un procesador central y además un procesador gráfico con memoria específicamente dedicada al manejo de la representación gráfica, almacenado esta información en "buffers" o almacenadores

intermedios que contienen el mapa de bits (bitmap) del estado de cada "pixel" (punto luminoso elemental de una pantalla gráfica). Esto permite liberar al procesador central de la intensa labor de transformaciones matemáticas que implica una aparentemente simple representación tridimensional de la manipulación de un cuerpo en el espacio.

A continuación se presentan, de manera muy generalizada y global, las características más sobresalientes en las configuraciones de equipo basadas en plataformas de minicomputadoras y las llamadas "workstations", de algunos de los proveedores más importantes en nuestro mercado, en la fecha citada :

### Configuraciones: (Ene 1991)

#### Apollo-Hewlett Packard

##### HP9000 Modelos 400t y 425t

Procesador MC68030 y MC68040

Velocidad 50 MHZ con 12 MIPS y 25 MHZ con 20 MIPS

Desempeño 0.5 MFLOPS Y 3.5 MFLOPS

RAM 8 a 32 MB y de 8 a 64 MB

4 a 16 bit-planos de memoria gráfica

Generador Gráfico 270,000 vectores 3D/sec

Monitor 1280x1024 pixels

HD 200 MB

Sistema Operativo: HP-UX, Domain/OS

##### HP9000 Modelos 400a y 433s

Procesador MC68030 y MC68040

Velocidad 50 MHZ con 12 MIPS y 33 MHZ con 26 MIPS

Desempeño 0.5 MFLOPS y 4.5 MFLOPS

RAM 8 a 128 MB

4 a 16 bit-planos de memoria gráfica

Generador Gráfico 270,000 vectores 3D/sec

Monitor 1280x1024 pixels

HD 330 a 600 MB

Sistema Operativo: HP-UX, Domain/OS

#### Digital Equipment Corp.

##### DECstación 2100

Procesador R2000/R2010

Velocidad 12.5 MHZ 10 MIPS

Desempeño 2.7 MFLPOS (simple precisión) 1.2 MFLOPS (doble precisión)

Monitor 1024x824 pixels

RAM 8 a 24 MB

8 bit-planes de memoria gràfica 246 colores de 16.7 millones

HD 104 a 332 MB

Sistema Operativo : UNIX/ULTRIX-32

**DECstation 3100**

Procesador R2000/R2010

Velocidad 16.67 MHZ 14 MIPS

Desempeño 3.7 MFLOPS (simple precisiòn)1.6 MFLOPS (doble precisiòn)

Monitor 1024x824 pixels

RAM 8 a 24 MB

8 bit-planes de memoria gràfica 246 colores de 16.7 millones

HD 104 a 332 MB

Sistema Operativo : UNIX/ULTRIX-32

**DECstation 5000**

Procesador R3000/R3010

Velocidad 25 MHZ 24 MIPS

Desempeño 3.7 MFLOPS (doble precisiòn)

Monitor 1280x1024 pixels

Generador gràfico: 130,000 a 400,000 vectores 2D/sec  
35,000 a 400,000 vectores 3D/sec

RAM 8 a 24 MB

8 bit-planes de memoria gràfica 246 colores de 16.7 millones

HD 332 MB a 1 GB

Sistema Operativo : UNIX/ULTRIX-32

**IBM**

**AS/400 B10**

Procesador RISC System 6000 IBM 9404

RAM 4 a 8 MB

HD 630 a 945 MB

Monitor 5080

**AS/400 B20**

Procesador RISC System 6000 IBM 9404

RAM 4 a 16 MB

HD 630 a 945 MB

---

Monitor 5080

RS/6000

Procesador RISC System 6000 IBM 9404

Control Data Corp.

Cyber 910-300

Procesador MC68020

Velocidad 10 MHZ

RAM 4 MB expandible 16 MB

Memoria Virtual 64 MB

4 bit-planes de memoria gráfica

Monitor 1024x1024 pixels

HD 185 MB

Sistema Operativo: UNIX System V

Cyber 910-500

Procesador RISC 32 bits

Velocidad 12.5 MHZ 10 MIPS

RAM 8 MB expandible a 16 MB

Memoria Virtual 64 MB

8 a 24 bit-planes de memoria gráfica

Monitor 1280x1024 pixels

HD 182 MB

Sistema Operativo: UNIX System V

Intergraph:

Serie 2000

Interpro (una pantalla)

Interact (dos pantallas)

Procesador RISC 32 bits

Velocidad 12.5 MIPS

RAM 16 MB expandible a 64 MB

Generador gráfico 360,000 vectores 2D/seg. 100,000 vectores 3D/seg.

8 bit-planes de memoria gráfica 246 colores de 16.7 millones

Monitor 1184x884 pixels

HD 200 MB expandible a 2.9 GB

1 Drive p/diskette 3.5" 1.44MB

Sistema Operativo:CLIX, UNIX System V

**Serie 3000****Interpro (una pantalla)****Interact (dos pantallas)**

Procesador RISC 32 bits

Velocidad 10 a 14 MIPS

RAM 16 MB expandible a 80 MB

Generador gráfico 360,000 vectores 2D/seg. 100,000 vectores 3D/seg.

8 bit-planes de memoria gráfica 246 colores de 16.7 millones

Monitor 1184x884 pixels

HD 200 MB expandible 2.9 GB

1 Drive p/diskette 3.5" 1.44MB

Sistema Operativo:CLIX, UNIX System V

**Mainframes:**

Los sistemas multiusuario-multitarea son aquellos a los que es posible conectar un número alto de terminales o puestos de trabajo. Con tamaños de palabra de 64 bits en adelante, larga capacidad de memoria, procesamiento, procesadores que requieren condiciones ambientales especiales, soportan varios dispositivos de entrada y salida, poseen procesamiento de acción simultánea (ciclos de reloj compartidos por varias aplicaciones e usuarios). Son capaces de soportar la ejecución de un promedio de 20 a treinta aplicaciones administrativas y de diseño. Su procesamiento generalmente se lleva a cabo en lotes, sin la posibilidad de interrupciones interactivas durante el procesamiento de la información. Generalmente en las áreas de ingeniería son utilizadas como centros de conexión con minicomputadoras, para que estas últimas puedan aprovechar el acceso a las grandes bases de datos contenidas en las mainframe y además se tenga la alternativa de transferir lotes de altas cantidades de procesamiento continuo, como problemas de ingeniería de un número considerable de iteraciones de aproximación. Sus unidades de almacenamiento son por lo general unidades de cinta y pueden acceder información mediante diskettes de 8", discos ópticos o conectados remotamente con otros equipos via "modem" por medios telefónicos. Su costo es excesivamente alto.

**2.4.2.2) Diferencias de aplicación de PC's y WS Mercado y tendencias (5):**

En años pasados las aplicaciones de CAD/CAM han sido mayormente instaladas en plataformas de hardware basadas en minicomputadoras de 32 bits, sin embargo, el fuerte desarrollo en últimos años de los microcomputadores o PC's, ha dominado segmentos de mercado considerables; sobre todo en el caso de los usuarios principiantes que buscan que, con pequeñas inversiones iniciales, se crezca y justifique sanamente la introducción de nuevas tecnologías en la manufactura y el diseño.

Anteriormente existían ciertas características que solo se atribuían a minicomputadoras y workstations, como:

- memoria ò disco virtual :  
capacidad para habilitar memoria adicional en la ejecución de programas que requieren más memoria de la que dispone el sistema originalmente.
- memoria central de alta velocidad ò memoria cache:  
sector de la memoria que almacena las partes más utilizadas de un programa, para que siempre se encuentren residentes y sean de acceso instantáneo.
- capacidad de interconexión en redes locales y remotas.

Sin embargo, el rápido desarrollo de las microcomputadoras, ha ido adoptando estos atributos, dejándolos de hacer exclusivos a las workstations. Estos hechos han ido desvaneciendo poco a poco las fronteras entre las PC's y las workstations; más aún, entre los precios de cada plataforma, existe ya muy poco margen de diferencia en la inversión requerida.

Esto ha provocado que la evaluación de plataformas para correr aplicaciones de auxilio a la ingeniería, haya tenido que eliminar ciertas características como parámetros de decisión para la selección de uno u otro equipo. De hecho, la estandarización de capacidades, que ha jugado un papel muy importante en el mercado de los últimos años, ha sido el principal factor para ello, por lo que ahora, es necesario acudir a detalles más profundos de las configuraciones existentes y las capacidades requeridas para correr una aplicación específica.

De hecho, todos los expertos en el campo de la computación están de acuerdo en que existe un punto en que el indicador "precio/desempeño", principal parámetro de selección entre las workstations y las PC's, es el mismo en algunos casos y se encuentra compartido por ambos equipos en ocasiones en que los desarrollos de procesadores para PC's son más recientes que aquellos par workstations, sin embargo este es un fenómeno que aparece y desaparece dependiendo de los adelantos en el desarrollo de mejoras para cada plataforma. Lo que hace depender una decisión de adquisición de equipo en aspectos tales como aplicación específica del equipo y futuras necesidades de crecimiento del sistema.

**El Parámetro "Price/Performance" (Precio/Desempeño), su desarrollo y consideraciones (6).**

EL parámetro Precio/Desempeño es un término aritmético que relaciona con frecuencia el número de instrucciones por segundo que el procesador principal puede ejecutar y el costo del equipo en su modalidad básica (sin discos duros de gran capacidad, ni tarjetas de aceleración ò incremento de capacidad en memoria).

Estudios de mercado muestran que en 1985 el desempeño promedio de una máquina Mainframe era de 3 MIPS (3 millones de instrucciones por segundo) cuando en costo por MIP era de 250,000 USD, esto es que el factor precio/desempeño es de 250,000 USD/MIP. Hacia 1990 el factor precio/desempeño en estaciones de trabajo "workstations" era de 350USD/MIP (en máquinas HP Apollo serie 9000 plataforma básica de 12 MIPS, 16 MB RAM, 400 MB en disco Duro). En el caso de las PC's, el término de MIP no es muy frecuente pero también es posible determinarlo.

Las PC's están ganando mercado que poseían minicomputadoras y workstations.

El mercado de CAD/CAE/CAM alguna vez dominado por los llamados proveedores de sistemas "llave en mano" (turnkey systems), ahora más que nunca, refuerzan e inician alianzas y sociedades con empresas de desarrollo de software, para recapturar el mercado que han perdido, mediante la introducción de programas que puedan correr en ambientes más heterogéneos y de arquitecturas abiertas. De aquí nacen alianzas como la de la "Open Systems Foundation" que entre sus miembros cuenta a HP, IBM y DEC que han acordado basar todos sus nuevos desarrollos en arquitecturas abiertas, en su mayoría basadas en UNIX como sistema operativo básico común y que contienen sistema operativo DOS como parte del sistema.

De acuerdo a una encuesta realizada por un medio especializado de estudios de mercado en el área de CAD/CAE/CAM, Daratech Inc., de más de 350 empresas grandes entrevistadas, que alguna vez fueron usuarios de sistemas en plataformas mainframes y workstations IBM, Prime, Intergraph y McDonell Douglas, se encuentran usando CAD en 46% en equipos PC. Dentro de ese porcentaje 24% usa Autocad.

En una encuesta realizada por la revista Fortune, entre 500 usuarios de sistemas CAD basados en PC, se reveló, que el 72% de ellos se encontraban realmente satisfechos con sus sistemas, y poco más de la mitad dijeron que estas plataformas habían detenido la adquisición de sistemas basados en mainframe y workstation. Alrededor del 52% de los entrevistados tenían planeado extender sus capacidades de CAD con equipo PC.

Estos hechos hacen preguntarse ¿que es lo que hace tan atractivos los sistemas basados en PC, para aplicaciones CAD?. Algunas de las razones más frecuentes se presentan a continuación:

- - La independencia de las PC's de los sistemas centralizados mainframes y workstations utilizadas para trabajo de cómputo más intenso.
- - Una más amplia variedad de software existente para PC's que para workstations, y de mayor disponibilidad con distribuidores locales.
- - Lo relativamente barato del software para PC's.
- - Las PC's permiten a las empresas ganar experiencia con la mínima inversión, junto con el cambio de las mentalidades y de procedimientos de trabajo con problemas mínimos.
- - La adopción general, por parte de los fabricantes de equipo PC, de estándares apropiados, ha permitido la flexibilidad en el crecimiento de sistemas en ambientes heterogéneos (con equipo intercomunicado de diferentes firmas).

Sin embargo, las desventajas que una PC presenta ante ciertas aplicaciones son también considerables. Aunque una PC puede aumentar sus capacidades de memoria RAM y de representación gráfica, mediante dispositivos accesorios que más adelante se verán, la cantidad de memoria que pueden direccionar y la cantidad de información que pueden procesar, están limitadas por el sistema operativo que manejan y la estructura en que están conformadas, donde el procesador central lleva a cabo las funciones de cálculo y de representación gráfica. Estas características hacen a las PC's excesivamente lentas para aplicaciones de cálculo intenso y de representación gráfica muy detallada. Aún así, con estas restricciones algunas PC's con procesadores 386, llamadas "High-end", como la Compaq 386 y 486 y la PS/2 Modelo 80, llegan a alcanzar el desempeño de workstations del tipo llamado "Low-end", de proveedores como DEC, Apollo y Sun Microsystems.

Otra de las desventajas que presentan las PC's, es su incapacidad para establecer comunicación bidireccional en una red. Dada su origen de sistemas independientes "stand alone", siempre fueron pensadas sin la capacidad de acceder múltiples bases de

datos en otros nodos de una red. Mientras que una minicomputadora ò una workstation si es capaz de compartir bidireccionalmente los recursos de informaciòn de otros nodos.

Existen muchas opiniones encontradas, acerca de la conveniencia ò desventaja de utilizar sistemas basados en microcomputadora ò en workstation para iniciar un proyecto de implantaciòn de alguna disciplina de la ingenieria auxiliada por computadora.

Las características fundamentales que se evalúan para determinar si una plataforma es adecuada ò no, son principalmente:

- \* La capacidad de MEMORIA para soportar grandes bases de datos
- \* Tiempo de respuesta aceptable dado por la VELOCIDAD de procesamiento
- \* Facilidad de COMUNICACION con otros equipos y posibilidad de EXPANSION a otras configuraciones más completas ya sean de manera aislada ò en conexiòn en redes ocupando una base de datos y recursos periféricos comunes.

Esto se corrobora al tomar en cuenta que los proveedores de equipo aseguran que los usuarios piden cada vez más velocidad de procesamiento, capacidades de multiusuario y mayor capacidad de representaciòn gráfica en los equipos que adquieren.

El actual mercado (7) de PC's de alto rendimiento (High End PC's = HePC's, con rendimientos promedio de 3 a 4 MIPS y procesadores de 32 bits) y de workstations (WS) aplicados a CAD/CAE/CAM se encuentra dominado por procesadores característicos. Actualmente el 85% de las plataformas se basan en procesadores Intel 80286, 80386, 80386SX y 80486, y solo el 1% de ellas poseen procesadores Motorola 88000, SPARC Sun Microsystems y otros. Sin embargo, se espera que para 1993 este panorama cambie drásticamente. Según International Data Corp. (IDC), investigadora del mercado de cómputo, se espera que los procesadores Intel solo tengan 50% de las plataformas de cómputo para ingeniería, mientras que las arquitecturas RISC (Reduced Instruction Set Commands), Motorola 88000 y otros) ganaran el 20% del mercado. Esto significa en términos de beneficio para el usuario, que las máquinas tendrán promedios de desempeño de los 15 MIPS, ofreciendo sistemas gráficos en 3 dimensiones y opciones abiertas para conexiòn en red, ya sea Ethernet, Token Ring ò Fibra Óptica.

Basadas en estas plataformas de procesador se solucionan los problemas de velocidad de procesamiento y de interconexiòn que se planteaban como inconvenientes de la aplicaciòn de PC's a las intensas tareas de ingeniería. Sin embargo, la adolescencia de características "multiusuario" aún se presentan como cierto problema, pero este tiene que ser resuelto vía los sistemas operativos, que sustituyan al DOS (Disk Operative System), y que brinden la posibilidad a las HePC's de compartir recursos de informaciòn en otros nodos de una red, (funciòn que propiamente no debía llamarse de "multiusuario").

Los esfuerzos hechos a este respecto, muestran los rápidos desarrollos y migraciones a sistemas operativos UNIX y OS/2. La descripciòn y características de estos sistemas operativos se tratarán más adelante, donde se habla acerca del software para CAD. Sin embargo a continuaciòn se muestran los crecimientos en el mercado, esperados en cada plataforma/sistema operativo existentes en la primera tercera parte de la década de los 90's.

Todas las mejoras que se están haciendo a las HePC's, sumadas a la apariciòn de las computadoras con procesador 80486, hacen que estas ya no sean consideradas como

PC's, sino que ya caigan en la categoría de WS. Por lo que la gráfica que a continuación se presenta, donde se estima la cantidad de instalaciones que se harán de 1989 a 1992 entre PC's basadas en Unix y las WS, muestra una considerable caída en el rubro de PC's hacia 1992, por la misma razón.(c2wsvsipc)

### 2.4.2.3) Dispositivos de entrada (8)

Los dispositivos de entrada son medios físicos por los cuales a la computadora se le puede introducir la información, los datos o comandos a ser procesados por el CPU. El dispositivo de entrada más común en un equipo de cómputo de aplicación general, es el teclado.

Los dispositivos de entrada típicos en una "estación de trabajo" para CAD son:

- 1) Mouse
- 2) Tableta Digitalizadora
- 3) Lapiz Optico
- 4) Joystick
- 5) Tableta de Funciones
- 6) Diales
- 7) Thumbwheels
- 8) Trackballs
- 9) Scanner

#### 1) MOUSE o RATON

Este dispositivo de entrada gráfica, es uno de los dispositivos más populares dentro de los que funcionan bajo el principio "potenciométrico" (mouse, thumbwheels, trackballs, joystick y diales), que constan de un par de potenciómetros, cuyos valores de resistencia se relacionan directamente a los puntos coordenados de un plano, en la mayoría de los casos de pantalla donde se visualizan las geometrías; de acuerdo al modo en que se accionan estos potenciómetros, ya sea por medio de esferas, palanca o discos, es el tipo de dispositivo del que se trata. En el caso de el "raton", una pequeña esfera gira con el contacto de la superficie donde desliza el "raton", y se encuentra contenida dentro de una pequeña caja o concha, que generalmente se diseña con la forma de la cavidad formada por la palma de la mano y contiene en la parte superior los botones de pulsación de posiciones y/o funciones, y aloja la esfera, los potenciómetros y los primeros circuitos de conversión de la información.

Existe otro tipo de mouse que funciona por medios ópticos, pero que sin embargo requiere de una malla especial en la superficie que recorre, para poder distinguir los movimientos que realiza.

Los principales proveedores de este tipo de dispositivos de entrada son:

- Microsoft
- Logitech
- Mouse Systems

## Summagraphics

## Numonics

Las principales características a identificar y evaluar en estos dispositivos son la resolución, la programación de sus teclas o pulsadores, el tipo de conexión, ya sea serial o de "bus" (tarjeta agregada a la computadora en una de sus ranuras libres, para conectar el dispositivo periférico sin ocupar los puertos de la configuración original del equipo).



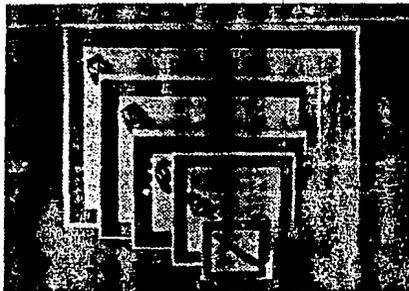
La "resolución" del dispositivo se le llama al tamaño del movimiento menor detectable por el aparato, y es medido generalmente en puntos o líneas por pulgadas, siendo de los 100 a los 1000 por pulgada.

## 2) TABLETA DIGITALIZADORA:

Es un tablero que contiene el área de trabajo y los menús, funciones o comandos que contiene el paquete de diseño. El área de trabajo está directa y proporcionalmente alineada con el área de visualización de la pantalla. Para su manejo tiene provisto un dispositivo similar a un apuntador o lápiz, que permite determinar las geometrías en el área de trabajo o bien seleccionar las funciones y comandos del paquete. Esta relación entre el digitalizador y la tableta se hace de manera electromagnética o electrostática, por lo que permite sobreponer a la tableta algunos planos o textos, para ser digitalizados por medio del seguimiento con el lápiz o apuntador. Es uno de los dispositivos de entrada más versátiles y funcionales que hay.

Los tamaños de las tabletas digitalizadoras varían desde los tamaños "A" hasta el "E", en sistema americano, o desde el "A4" al "2xA0", en sistema internacional. Se conecta al computador generalmente en forma serial.

Una de los parámetros más importantes para su selección es la determinación de su "resolución", que es la capacidad de reconocer el movimiento del apuntador en puntos contiguos, generalmente está entre 200 ppi (puntos por pulgada) a 1000 ppi. Los proveedores más importantes de este tipo de dispositivos son:



Tabletas Digitalizadoras

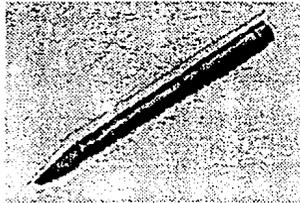
GTCO  
HIPAD  
Kurta  
Numonics tablet  
Summagraphics  
Calcomp

**Parámetros importantes:**

Resolución, exactitud ( 0.025 a 0.035 pulgadas), área activa (desde 5" x 5" a 24"x36"), tipo de transductor: cursor ó pluma.

**3) LAPIZ OPTICO ó LIGHT PEN**

Este dispositivo tipo "lapiz" que posee un sensor fotoeléctrico que interactua con la pantalla del computador. La luz del extremo del lapiz es detectada por la pantalla y localizada en el plano coordenado en uso. Este tipo de dispositivos es cada vez menos usado por la incomodidad que presenta al operador estar señalando siempre a la pantalla.



Lápiz óptico

**4) JOYSTICK**

Este dispositivo de principio "potenciométrico", tiene una palanca vertical que pivota en uno de sus extremos y que puede ser empujada en cualquier dirección actuando directamente sobre los potenciómetros. Este dispositivo fue muy popular con la aparición de los primeros video-juegos, pero para las aplicaciones profesionales de CAD, esta cayendo poco a poco en desuso.

**5) TABLETA DE FUNCIONES (PFK: Programmable Function Keyboard)**

Es un teclado adicional al que contiene la configuración estándar de una computadora, que contiene funciones específicas de uso inmediato en el paquete utilizado, y cuyas teclas pueden ser programadas de acuerdo al paquete de CAD y a la necesidad del usuario. Solo algunos paquetes de CAD para workstation y minis, poseen los comandos de reconocimiento y programación de tabletas de funciones extras, por lo que su uso es poco común.

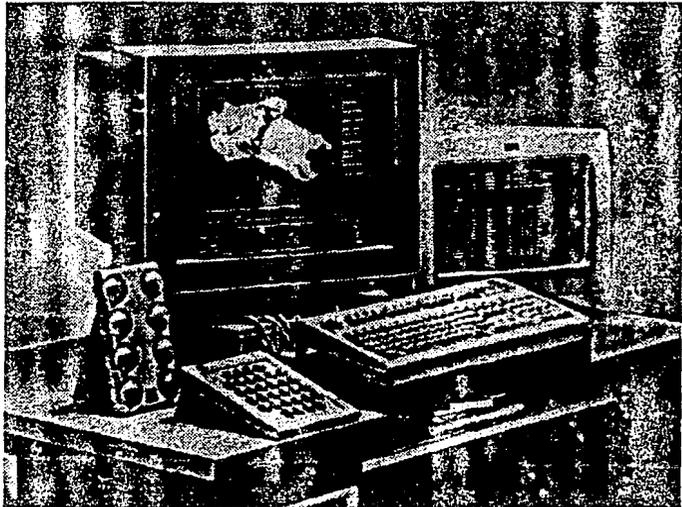
**6) DIALES:**

Este es otro de los dispositivos de entrada adicionales, basados en el principio potenciométrico; consta de una serie de perillas dispuestas sobre un pequeño tablero, cada una de ellas es un potenciómetro independiente, que alimenta los valores deseados de ciertas funciones de manipulación de pantalla o de los objetos como el acercamiento deseado, la rotación en diferentes ejes de la pieza, la traslación en diferentes direcciones, etc.

Estos dispositivos son utilizados especialmente en sistemas de "tiempo real", donde la respuesta gráfica es inmediata, por ello solamente es posible encontrarla en configuraciones de equipo muy caro y sofisticado.

**7) THUMBWHEELS o DISCOS:**

Sobre una pequeña base se encuentran insertos en forma perpendicular a esta 2 o tres discos, que girándolos, representan el movimiento en cada uno de los ejes manejados en el paquete de CAD, Estos discos accionan los correspondientes potenciómetros que controlan los valores coordenados del sistema. Este dispositivo es poco común debido a su poca flexibilidad e incomodidad al manejar el movimiento simultaneo en todos los ejes.



Estación de Trabajo con diales, PFK, teclado y ratón

**8) TRACKBALLS**

Este dispositivo es un "mouse" invertido y de base fija, donde el operador acciona directamente la esfera que regula los potenciómetros de este tipo de dispositivos. Fue muy utilizado con la aparición de los video-juegos al igual que el joystick.

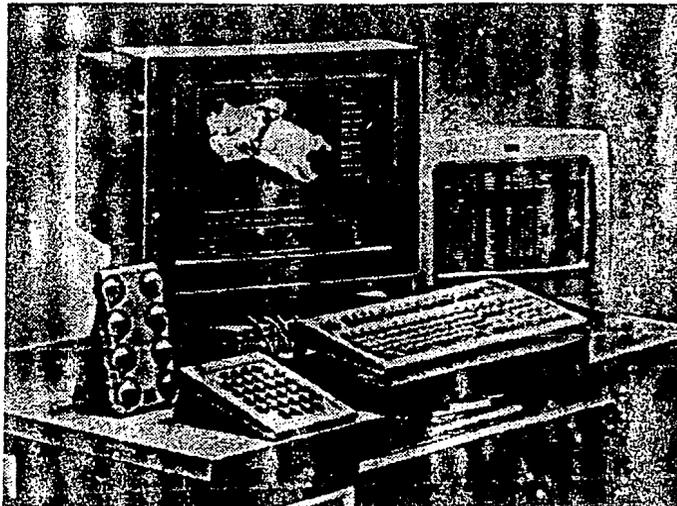
**6) DIALES:**

Este es otro de los dispositivos de entrada adicionales, basados en el principio potenciométrico; consta de una serie de perillas dispuestas sobre un pequeño tablero, cada una de ellas es un potenciómetro independiente, que alimenta los valores deseados de ciertas funciones de manipulación de pantalla ó de los objetos como el acercamiento deseado, la rotación en diferentes ejes de la pieza, la traslación en diferentes direcciones, etc.

Estos dispositivos son utilizados especialmente en sistemas de "tiempo real", donde la respuesta gráfica es inmediata, por ello solamente es posible encontrarla en configuraciones de equipo muy caro y sofisticado.

**7) THUMBWHEELS ó DISCOS:**

Sobre una pequeña base se encuentran insertos en forma perpendicular a esta 2 ó tres discos, que girándolos, representan el movimiento en cada uno de los ejes manejados en el paquete de CAD, Estos discos accionan los correspondientes potenciómetros que controlan los valores coordenados del sistema. Este dispositivo es poco común debido a su poca flexibilidad e incomodidad al manejar el movimiento simultaneo en todos los ejes.



Estación de Trabajo con diales, PFK, teclado y ratón

**8) TRACKBALLS**

Este dispositivo es un "mouse" invertido y de base fija, donde el operador acciona directamente la esfera que regula los potenciómetros de este tipo de dispositivos. Fue muy utilizado con la aparición de los video-juegos al igual que el joystick.

**9) SCANNERS:**

Los "scanners" o "escudriñadores" son dispositivos ópticos que convierten las imágenes que se tienen en papel o cualquier otro medio gráfico plano, en archivos de información con los formatos que un paquete gráfico o de CAD pueden representar en las pantallas o reproducir en cualquier otro dispositivo de salida. A este proceso se el llama "digitalización de imágenes".

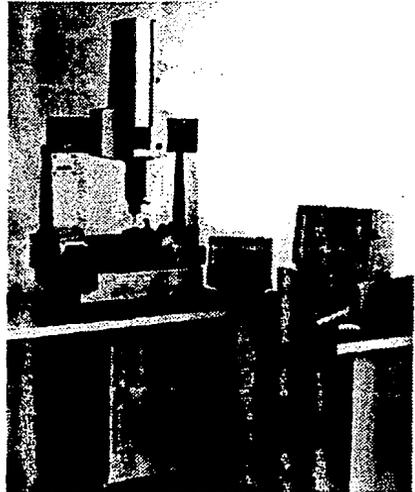
El objetivo que persigue esta "digitalización" es el de aprovechar los planos e información gráfica ya existente, para archivarla en forma más eficiente en una base de datos computarizada, o bien, para modificarla, creando nuevas revisiones de la información sin necesidad rehacer lo ya hecho con anterioridad.

Existen una gran variedad de dispositivos que convierten los dibujos e información gráfica, ya existente, a formatos electrónicos de computación. La gran mayoría de estos "scanners" convierten las imágenes a formatos de información "raster". El formato "raster" es una descripción de las imágenes renglon a renglon, que se hace mediante el barrido completo del documento, determinando los puntos oscuros y claros del gráfico, de manera semejante al "bitmap" en las tarjetas gráficas de las workstations.

Sin embargo, los programas de CAD, solo procesan información en formatos "vectoriales". El formato "vectorial" describe las imágenes por medio una secuencia de puntos que determinan vectores que forman el gráfico.

La dificultad de convertir del formato "raster" al "vectorial", es lo que ha hecho que la tecnología del scanner sea aún poco utilizada por su ineficiencia en la reproducción. La mayoría de las imágenes reproducidas por un "scanner", generalmente, tienen que ser posteriormente editadas para lograr una reproducción al 100%.

El tipo de "scanners" descritos son scanners 2D, esto quiere decir, que solo pueden leer información que se encuentre en dibujos, planos u hojas de papel, pero no pueden captar niveles, ni declives, ni curvaturas, en un eje perpendicular al que se encuentra plasmada la imagen. Existen otro tipo de digitalizadores que se les conoce con el nombre de "scanners tridimensionales" o "digitalizadores 3D". Estos son, en su manera más simple de describir, "máquinas de medición por coordenadas computarizadas" (CMM), que por medio de palpadores y diferentes métodos de barrido y palpación de un cuerpo sólido, digitalizan las coordenadas de las superficies que forman al objeto escudriñado, para



Digitalizadora Tridimensional

formar por medio de algoritmos de interpolación, el modelo matemático que lo describe en una representación gráfica por computadora.

Existen dos aplicaciones principales de la unión de los sistemas de CAD y CMM, una de ellas es la verificación dimensional de objetos mediante el uso de plantillas generadas por la base de datos de diseño del objeto, que se utiliza para crear una rutina de inspección en el software de la máquina de coordenadas, la importación al sistema CMM de la base de datos de la geometría se hace por de IGES u otro traductor neutral de base de datos CAD; cabe mencionar que cada vez más paquetes de CAD estan incluyendo dentro de sus modulos opcionales un modulo de inspección que ya incluye las interfaces para diferentes máquinas de coordenadas, con estos modulos es posible crear rutinas de inspección en base a una geometría creada en el modulo de diseño del paquete, con estas rutinas el operador se dedica a medir en una secuencia predefinida en la rutina obteniendo las medidas que son procesadas para generar las medias y desviaciones estándar que seran mostradas sobre la plantilla o en un tabulado lateral. La otra aplicación es la llamada "ingeniería inversa", con la máquina de coordenadas se generan las bases de datos de puntos geométricos que formarán siluetas en forma de secciones del objeto escudriñado, posteriormente estas siluetas y puntos geométricos seran exportados al sistema de CAD que procesara la información y recreara la geometría en 3D del objeto escudriñado: evidentemente el procedimiento completo implica muchos más detalles que los que se exponen aquí.

#### 2.4.2.4) Dispositivos de salida

Los dispositivos de salida son aquellos que producen las imágenes visibles al usuario, del gráfico que se esta manipulando. Estas imágenes se pueden obtener en medios temporales, como las pantallas del computador o en medios físicos permanentes (Hardcopy) como papel o película transparente, por medio de gráficas dores (trazadores o plotters) e impresoras (printers).

### a) MONITORES Y TARJETAS GRAFICAS

Los dispositivos de salida temporal se encuentran formados por dos elementos de hardware básicos, los monitores o pantallas y las tarjetas gráficas, que son las que transforman las ordenes de la computadora a señales que manipulan y administran los elementos de representación del monitor.

Los monitores son los dispositivos de salida por las cuales interactúan de forma más dinámica el usuario y la computadora, ya que en ella de despliegan tanto las imágenes o modelos manipulados, las opciones de manejo y transformación de estas, los mensajes de error y las alternativas de solución para el usuario. En los monitores es donde son apreciables los términos de "amigabilidad" de los sistemas "interactivos" y de "cordialidad de las interfaces" (forma de presentar al usuario las opciones, comandos y rutinas de un programa), para establecer un dialogo através del uso del programa en la creación y representación de objetos. Para ello, la computadora traduce las imágenes desplegadas en pantalla en modelos matemáticos que almacena en su memoria. En cualquier momento, el usuario puede indicar a la computadora, mediante las instrucciones o menús que se despliegan en pantalla, que recupere y muestre las imágenes que tiene almacenadas en memoria, ya sea para seguir trabajado con ellas o bien para obtener una copia permanente en algun medio físico de impresión.

La gran mayoría de estos sistemas interactivos ocupan uno de los tres tipos de monitores:

- escudriñado raster

- refresco de vectores
- tubo de almacenamiento
- plasma



Estos tres tipos de monitores funcionan en base al tubo de rayos catódicos (CRT), sin embargo sus funcionamientos difieren de tal manera, que cada una tiene ventajas y desventajas diferentes por lo que tienen distintas aplicaciones.

A continuación se hace una breve descripción de cada tipo de monitor:

#### Monitor de Escudriñado Raster :

Este tipo de pantalla produce las imágenes por medio de una matriz de puntos de iluminación llamados "pixels". Estos pixels son el resultado del choque de un haz de electrones sobre la pantalla recubierta de fósforo, al igual que en las televisiones convencionales. Este haz de electrones "barre" toda la pantalla desde el fondo hasta la parte superior de la misma a frecuencias de 50 a 60 Hz, y de acuerdo a una señal predeterminada por la computadora el haz se intensifica o disminuye de acuerdo a la información que contiene la computadora en memoria. Esto supone que en la memoria debe existir cuando menos un bit por pixel (en el caso de monitores monocromáticos), para determinar su estado más primitivo de encendido o apagado; a esta relación entre los bits de memoria y el estado de cada pixel de la pantalla, se le denomina "bit-map". Esto implica, que para un monitor monocromático de resolución de 1024 x 768 pixels, se requiera de una memoria de  $1024 \times 768 = 786,432$  bits en memoria RAM.

De hecho, el número de colores es controlado por circuitos llamados "bit-planes" (planos de memoria). Por ejemplo, una pantalla con 4 "bit-planes" tendrá 24 o 16 tonalidades de color, independientemente de su resolución. Existen algunos monitores en el mercado, de los llamados "high-end", lo mejor de lo mejor, que tienen hasta 24 bit-planes, es decir 224 o 16 millones de colores. Sin embargo, para ahorrar memoria, se ponen a selección del usuario paletas de tonalidades, donde un pequeño conjunto de tonos, son seleccionados y realmente retenidos en memoria volátil.

La calidad de imagen de estas monitores depende por tanto, en el número de pixels que posea, por lo que la "resolución" que será en número de pixels que contendrán los renglones y columnas (por ejemplo 640 x 480), respectivamente, en su matriz de iluminación, será un indicador del tipo de imágenes que se podrán obtener en dichas monitores, pero a su vez, será directamente proporcional a la cantidad de memoria temporal requerida para retener tales representaciones, así como del tiempo necesario de proceso para producir las mismas. A este tiempo se le llama "velocidad de redibujo" (drawing speed) y depende como se dijo anteriormente de la cantidad de información y de la

velocidad de transmisión de esta a la pantalla; por ejemplo una pantalla de 640 x 480 píxels con 8 bits de control por color y con una velocidad de transmisión de 9600 bits/seg., tardara alrededor de 5 minutos en redibujarse por completo. Afortunadamente los algoritmos y sistemas de aceleración de estos dispositivos tienden rápidamente a reducir estos tiempos.

Las ventajas que presenta este tipo de pantalla son variadas:

- + posibilidad de borrar selectivamente sectores de la pantalla sin necesidad de redibujarla por completo.
- + mayor rango de colores desplegados simultáneamente.
- + capacidad, aunque limitada, para realizar animación.

Las resoluciones van de los 640 x 350 a los 1280 x 1024 píxels en el mejor de los casos, en monitores de "alta resolución".

#### **Monitor de Refresco de Vectores:**

Los monitores de "vector- refresh" o también llamados "random scan", basan su funcionamiento en la concentración del haz de electrones a los trazos de específicos que forman la imagen en la pantalla. Este funcionamiento es similar al que se aplica en las imágenes de los osciloscopios. Se le llama de "vector" puesto que la memoria de la computadora solo retiene los puntos final e inicial de la imagen, creando un verdadero vector tanto en memoria como en pantalla. El término "refresh" describe la función del haz de electrones que recorre los trazos de la pantalla, a una determinada frecuencia, para que todos ellos se mantengan a la misma intensidad de iluminación.

Las principales ventajas de este tipo de monitor son:

- + borrado selectivo de elementos
- + brillo y contraste de los elementos excelente
- + posibilidad de realizar animación de gran realismo

Sin embargo los presenta inconvenientes como el parpadeo de las imágenes cuando existen muchos elementos gráficos en pantalla, debido a que las frecuencias de barrido llagan a disminuir hasta los 30 Hz. Por otro lado, su costo aún es muy alto en el mercado.

#### **Monitor de Tubo de Almacenamiento:**

Este tipo de monitores nacieron como una adaptación de los monitores CRT originales de TV, para las primeras aplicaciones de la computación gráfica.

Este tipo de monitores producen las imágenes por medio de un haz constante de electrones en toda la pantalla de fósforo, lo que elimina la necesidad de determinar frecuencias de refresco de la imagen, pues siempre se encuentra presente. Sin embargo, esta característica presenta muchas desventajas:

- + No permite borrar selectivamente, cualquier modificación a las imágenes, la pantalla completa, tiene que ser regenerada.

+ El colorido del monitor es limitado, su brillo y contraste no son adecuados para las aplicaciones de computación gráfica .

+ Imposibilita la animación

Aunque estos monitores han sido objeto de muchos esfuerzos de optimización, emulando los monitores "vector refresh", con rayos de baja energía, la edición de imágenes antes de ser presentadas en pantalla, sus limitantes lo hacen poco popular en los ambientes CAD.

A continuación se listan algunos de los monitores más conocidos en el mercado junto con sus dimensiones:

MONITOR	ancho pulg.	alto pulg.
Compaq Internal	6.550	4.550
Compaq Plasma	8.125	5.000
Hitachi HM-4115	10.500	7.750
Hitachi Super Scan	13.750	10.125
IBM Color	9.550	6.600
IBM Enhanced	10.000	7.250
IBM Monochrome	8.250	5.750
IBM PS/2 8513	8.000	5.625
IBM PS/2 8514	11.000	7.875
Mitsubishi C3479	13.000	6.860
Mitsubishi C8652	12.000	9.000
Mitsubishi C8918LP	13.000	10.500
NEC Monochrome	8.250	5.875
NEC Multisync	9.750	7.250
Princeton HX-12E	8.500	6.100
Toshiba Laptop	8.938	5.563
Zenith ZCM-1490	9.750	7.125

**Tarjetas Gráficas (9):**

La tarjeta gráfica se encarga de llevar a cabo el siguiente proceso para conseguir el desplegado de imágenes en pantalla.

- Al recibir una orden gráfica , la tarjeta convierte la información matemática de "primitivas gráficas" en comandos parametrizados.

- El controlador gráfico recibe estos comandos para definir la imagen resultante en forma digital y asignarla a la memoria correspondientes a los pixels.

- El generador de barrido rastrea la memoria de pixels y transforma la información contenida en ella en la señal eléctrica que actúa sobre el cañón de electrones que bombardea la pantalla de fósforo.

Para modificar la imagen es necesario modificar los bits almacenados en la memoria de pixels.

Es posible apreciar que la tarjeta gráfica cumple dos funciones básicas, que son actualización de la memoria y regeneración de la pantalla.

Hasta este punto también es posible distinguir que las características principales de una tarjeta son:

- el nivel de resolución
- la rapidez de dibujo y modificación del mismo y
- la capacidad cromática

Los niveles de resolución (en plataformas PC), están dadas en el mercado en la forma siguiente:

- 1) media : 640 x 480 pixels
- 2) media alta: 800 x 600 pixels
- 3) alta resolución : 1024 x 768 pixels
- 4) muy alta resolución : 1280 x 1024 a 1600 x 1280 pixels

Por su puesto, las resoluciones más altas son las óptimas para el trabajo de CAD, ya que reduce el fenómeno llamado de "aliasing" o "escalonamiento" aparente de las líneas inclinadas que cruzan varias hileras de pixels. Por otro lado, las tarjetas de alta y muy alta resolución mejoran en gran forma las técnicas de barrido de imagen, operando con barridos "interlacing" o de barrido cruzado de líneas pares e impares por separado.

Sin embargo, los costos de estas tarjetas, son quizá los obstáculos más frecuentes para adaptarlas a sistemas iniciales de CAD.

La rapidez de redibujo de la tarjeta, es quizá, uno de los parámetros de los que depende en gran parte la productividad de un sistema gráfico de esta naturaleza. La rapidez de una tarjeta depende de la existencia de los siguientes elementos:

- procesador gráfico
- controlador gráfico
- generador de barrido
- sistema BIOS (Basic Input-Output System)
- memorias RAM y ROM

Estos elementos se encuentran siempre en las tarjetas de alta y muy alta resolución, sin embargo en todos los demás casos, se carece de procesador y controlador gráficos, por lo que las tareas que estos desempeñan se tienen que llevar a cabo en el procesador central de la computadora, distrayendo capacidad de este para realizar funciones que solo añaden tan solo al modo de la representación de las imágenes en pantalla como funciones de "zoom" o acercamientos, "pan" o desplazamiento, "redraw" o regeneración de la imagen, etc, que son transformaciones intensas que no afectan la naturaleza del modelo matemático que ha definido el usuario, y que es el centro de su trabajo.

Las unidades que se tienen para medir esta característica son:

Megapixels/seg

No. vectores/seg

No. triángulos sombreados/seg (Gouraud/seg)

La capacidad cromática dependerá en gran medida de la cantidad de memoria o bit-planes que posea la tarjeta, y de las paletas de color seleccionables para desplegar un número determinado de colores de manera simultánea. Las posibilidades de desplegado de color que normalmente se encuentran en el mercado son:

- 16 colores simultáneos de una paleta de 256
- 16 colores simultáneos de una paleta de 4096
- 256 colores simultáneos de una paleta de 262,144

- 256 colores simultaneos de una paleta de 16.7 millones

Gracias a todo lo anterior es posible resumir las características más importantes que en una tarjeta gráfica se deben identificar para su adecuada selección:

- Nivel de resolución : media, media alta, alta muy alta
- Rapidez de redibujo
- No. de colores simultaneos soportados: 16 de 4096, 256 de 262, 256 de 16.7M
- Compatibilidad con el monitor enlazado
- Apego recomendable a algun estándar gráfico: CGA,EGA,VGA,MDA,Hercules.

#### Estándares Gráficos:

Debido a la explosión de tarjetas y software que empezaron a surgir en el mercado, se iniciaron los problemas al tratar de combinar estas tarjetas y estos programas gráficos para que trabajasen juntos de manera adecuada. De hecho se hizo imperiosa la necesidad de comenzar a normalizar y estandarizar ciertos parámetros que tanto fabricantes de hardware como creadores de software respetarian para poder garantizar al usuario la apropiada comunicación y funcionamiento del subsistema gráfico en el sistema de cómputo instalado. Esto impulsaron los esfuerzos hacia el establecimiento, por una parte, de una interfase gráfica estándar entre el software de aplicación gráfica y las tarjetas, en segundo lugar, a la definición de un conjunto básico y común de entidades y funciones gráficas, y en último término, la adopción de ciertas configuraciones típicas en la fabricación de las tarjetas.

Dentro del aspecto del software y el conjunto de "primitivas" básicas de programación para aplicación gráfica, surgieron y fueron adoptados como estándares gráficos, en 1982, las soluciones VDI (Virtual Device Interface), GKS (Graphic Kernel System). En 1985 la NCGA (National Computer Graphics Association) propuso un nuevo estándar llamado PHIGS ( Programmers Hierarchical Interactive Graphics Standard), sin embargo todos estos estándares no han presentado toda la aceptación y versatilidad que se esperaba para manejar tanto las dos dimensiones como la tercera dimensión y el modelado por sólidos. Los últimos esfuerzos de estandarización han lanzado estándares como HALO, que parece tener buena aceptación.

Por el lado de la configuración de las tarjetas, se pueden enunciar 6 de aquellos modelos, cuya estructura básica ha servido como verdadera referencia para muchos otros fabricantes de hardware y en especial de tarjetas gráficas. Estos estándares son:

MDA (Monochrome Display Adapter): Aplicable al desplegado solo alfanumérico

HGC (Hercules Graphics Card): Monocromático con desplegados gráficos y resoluciones original de 720x348 píxels.

CGA (Color Graphics Adapter): Primer posibilidad de aplicación de color

resolución de texto: 25 líneas x 80 columnas

resolución gráfica: 320x200 píxels, 4 colores

EGA (Enhanced Graphics Adapter): El estándar más aceptado, adaptable a

monitores monocromáticos, de color y de

color mejorado, con los siguientes

avances:

resolución: 640x350

16 colores de 64 posibles

PDA (Professional Graphics Adapter): EGA para necesidades especializadas

de resolución mayor y mayor capacidad

crómica:

resolución: 640 x 480

256 colores de 4096 posibles

adaptación de los estándares VDI y GKS

VGA (Video Graphics Adapter): La versión más comercial de la tarjeta PDA.

Plataforma estándar de los nuevos equipos

con procesadores 80286 y 386.

El estándar VGA es el penúltimo aceptado hasta ahora como tal. Para las resoluciones alta y muy alta aún se han determinado el estándar SuperVGA para las tarjetas gráficas.

A continuación se presenta un breve cuadro de la principales tarjetas de alta y muy alta resolución existentes en el mercado:

FABRICANTE	MODELO	RESOLUCION	COLORES	ESTANDAR	EQUIPO
COMPAQ	COMPAQ 1024	1024x768	16/16.7M		80286
HEWLETT PACKARD	IGC 10	1024x768	16,256/25M	TIGA/	XT,AT
	IGC 20	1280x1024	16,256/16.7M	DGIS	XT,AT
IBM	8514 A	1024x768	16,256/25M	GKS	PS/2 50,80
NEC	MVA 1024-16	1024x768	16/4096	PGL/	XT,AT
	MVA 1024-256	1024x768	16/16.7M	DGIS	XT,AT
ORCHID	PRODESIGNER+	1024x768	16		XT,AT
	DESIGNER 800	1024x768	16		XT,AT
VERTICOM	MX-16/AT	1024x768	16,256/16.7M	VDV/GKS	XT,AT

Existen otras tarjetas de media y alta resolución que no se listan este trabajo.

Generalmente las tarjetas gráficas ya se encuentran incluidas en un equipo de cómputo de marca y modelo específico para aplicación de CAD, de ahí que mucha gente no centra su atención aislada tan solo a las características de una tarjeta gráfica, sino al desempeño del sistema completo: CPU, rapidez, capacidad en memoria, y conexión a dispositivos periféricos como los que hemos estado estudiando.

Sin embargo, algunas veces cuando en proyectos de introducción de tecnología, se inicia con plataformas básicas de cómputo (PC's), con capacidades gráficas limitadas generalmente a 640 x 350 ò 480 pixels, se requiere de ir desarrollando u optimizando estas plataformas básicas a configuraciones más completas y eficientes en sus capacidades gráficas; esto sucede normalmente cuando el proyecto de implantación de alguna tecnología auxiliada por computadora, entra en etapas de madurez.

Es por eso que a veces la tarjeta gráfica se considera como un dispositivo accesorio, cuando esta, reemplaza a la tarjeta original del sistema de cómputo, para hacerlo más eficiente y productivo.

Los sistemas de workstation generalmente poseen subsistemas gráficos de 1024 x 1024 pixels, (se pueden distinguir algunas de estas configuraciones en el listado de equipo de cómputo de workstation de este trabajo).

Cuando se inicia con plataformas básicas de equipo de cómputo, ò PC's, es posible mejorar su desempeño gráfico por medio de la adaptación de algun tipo de tarjeta gráfica, como las listadas anteriormente; esto supone tan solo una inversión extra cuando menos de 1,400 USD, pero que aumenta las capacidades de transformación gráfica s de 50 a 70 veces por segundo, comparadas con el desempeño de los subsistemas gráficos basados en el estándar EGA.

Generalmente estas tarjetas se encuentran equipadas con grandes cantidades extras de RAM (VRAM: Video RAM), que se adicionan a la memoria original del equipo. Esta memoria, en tarjetas para PC's, es de 1 Megabyte, que les permite almacenar alrededor de 200,000 vectores CAD. Estas tarjetas son de alta resolución (1024 x 740 pixels); tarjetas de muy alta resolución (1280 x 1024 pixels) son algo problemáticas para su adaptación a PC's, puesto que las frecuencias originales de barrido de muchos equipos son de 22 kHz, y la de las tarjetas de muy alta resolución son de 50kHz, lo que muchas veces requiere de la adición de un monitor más. Además muchos programas de aplicaciones no gráficas como hojas de cálculo, procesadores de palabras y bases de datos no tienen "drivers" para tarjetas de muy alta resolución.

### **B) GRAFICADORES (10):**

Los gráficos son dispositivos de salida en medios permanentes como papel y película transparente.

Existen varios tipos básicos de gráficos ò "plotters":

- de plumas planas (flatbed)
- de plumas y rodillo (drum or roll)
- electrostáticos

#### **Graficadores de plumas**

En el caso de los gráficos de plumas, todos ellos son accionados por servomotores, que controlan el movimiento de las plumas en ambos ejes X-Y mientras que el papel se encuentra estatico, en el caso del gráfico dor de "cama" (flatbed) ò plano; ò bien controlan las plumas sobre uno de los ejes y sobre el otro eje el movimiento del papel.

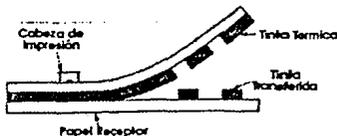
Los plotters de plumas son los dispositivos de salida permanente, más usados en aplicaciones de CAD. Las razones que les favorecen son su facilidad de uso y de mantenimiento, su exactitud es aceptable para trabajos de precisión (del orden de 0.005" a 0.010" o bien alrededor del 0.2% en la dirección del trazo), y pueden manejar varios tipos de tamaño en sus impresiones. El medio sobre el cual trabajan puede ser desde papel "bond", papel "albanene", hasta "mylar" (película poliéster), lo que lo hace poco caro en el consumo de insumos, además de sus precios descendentes en el mercado.

Sin embargo, el problema más grave de los graficadores de plumas son la falta de rapidez suficiente para completar impresiones. La velocidad de transmisión de datos de la computadora al dispositivo, la velocidad de procesamiento de la información del "plotter" para darle salida y la velocidad de ejecución de los trazos ( que se encuentra entre las 3 y 32 pulgadas por segundo), son factores que influyen fuertemente en la rapidez de impresión, pero que han ido mejorando con velocidades de transmisión más altas, generalmente del orden de los 9600 baudios, con el uso de procesadores de 32 bits, que han incrementado la velocidad de procesamiento del plotter en 250%, y con algoritmos de selección de plumas y de orden de trazado optimizado. Sin embargo, la característica que los hace lentos es el hecho de su trazo línea a línea (formatos vectoriales), que es parte inherente a su naturaleza de plotters de pluma.



La exactitud de un plotter es de los parámetros más importantes a considerar al momento de comparar el desempeño de estos dispositivos.

#### Graficador de Transferencia Térmica



La exactitud de este tipo de plotters varía de acuerdo a la velocidad de trazo, la manera en que se encuentre sostenido el papel, ya sea por medio mecánicos o electromagnéticos, al tipo y grosor del papel utilizado y al estado de las plumas con que se trabaja.

Otro de los parámetros más importantes a considerar en la selección de un plotter, es la resolución del mismo.

La resolución de este tipo de plotters está dada en milésimas de pulgada, sus valores promedio se encuentran entre 0.005" y 0.0005", y se determina por medio de dos modalidades:

- la resolución mecánica, que es el movimiento más pequeño que puede realizar el plotter en cualquiera de sus ejes, y que depende directamente de la calidad de sus servomotores.
- la resolución direccionable, que es controlada por el software, y que es el menor movimiento posible que el puede ser ordenado al gráfico por para que ejecute. Generalmente este parámetro debe ser igual o menor a la resolución mecánica del dispositivo, dependiendo de la exactitud de los servomotores del mismo.

El tercer y último parámetro importante a considerar en la selección de un plotter es la llamada "repetibilidad", que será un indicador auxiliar al evaluar la exactitud del

plotter. La repetibilidad de un plotter es la capacidad que tiene este para pasar por los mismo puntos donde ya ha pasado una vez, esto implica que al trazar varias líneas sobrepuestas, no debe existir descentramiento notable entre ellas, aunque sus grosores sean diferentes. La repetibilidad se encuentra medida también en milisimas de pulgada y el rango en que se encuentra es de 0.003" a 0.010", dependiendo si se hace un cambio de pluma o no.

Un aspecto importante, en el que es necesario poner especial atención, para obtener alta calidad uniforme en estas gráficas, es la combinación entre papel, plumas y velocidad de trazado; los proveedores del equipo tienen recomendaciones muy especiales acerca de estas variables, por lo que es muy recomendable tomarlas muy en cuenta para obtener reproducciones adecuadas.

El costo de estos graficadores oscila entre los 3,000 y 16,000 USD, dependiendo de su tamaño y complejidad. Algunos de los proveedores más importantes de este tipo de dispositivos de salida son:

Hewlett Packard  
Houston Instrument  
Calcomp  
IBM  
Numonics  
Western Graphtec

### Gráficos electrostáticos

Tanto los graficadores/impresoras electrostáticos estuvieron limitados durante mucho tiempo a la reproducción de imágenes en blanco y negro solamente. Durante mucho tiempo los plotters de plumas superaron a los electrostáticos tanto en resolución como en color, pero poco a poco los graficadores electrostáticos han sido mejorados hasta el punto de despalzar a los gráficos de plumas en algunas aplicaciones.

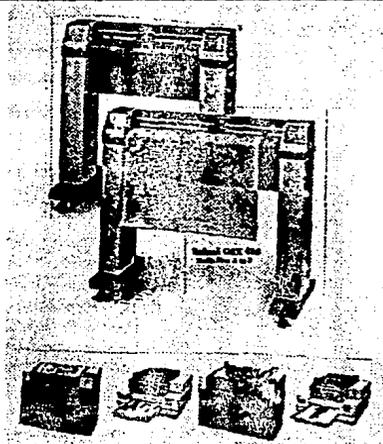
El primer gráfico electrostático de color salió al mercado en 1982; a partir de este graficador comenzaron a surgir varias versiones de gráficos electrostáticos de color, que a diferencia de los gráficos de plumas podían imprimir hasta 1024 colores distintos. Sin embargo, estos gráficos requieren de mucho más memoria para funcionar, puesto que convierten la información de los paquetes de CAD, en formatos "vectoriales" a conjuntos de puntos para formar líneas, es decir, ocupan formato "raster" para imprimir las imágenes.

Existen dos tipos de graficadores electrostáticos, de multipaso y de paso sencillo. Los graficadores de multipaso, producen la impresión de un color diferente en varias pasadas por las cabezas cargadas electrostáticamente y distintos "toners", mientras que los graficadores de paso sencillo, imprimen todos los colores requeridos simultáneamente. La diferencia en rapidez de impresión y costo entre ambos tipos, es considerable, ya que a mayor capacidad en color y resolución, requieren de mayor memoria intermedia, lo que supone mayor cantidad de procesadores en el dispositivo de salida.

La resolución de este tipo de graficadores esta determinada en puntos por pulgada lineal (ppi ó dpi), y se encuentra generalmente en el rango de los 200 a 400 ppi. Sin embargo, la resolución no es el unico factor que afecta la calidad de la reproducción, el espaciamento entre lineas es el parámetro que afecta más la calidad de las imágenes obtenidas.

La exactitud de estos graficadores se encuentra oscilando alrededor de 0.0003", en promedio.

Muchas veces se confunde el término de graficador con el de impresor, sobre todo en el caso de los graficadores electrostaticos donde los principios de funcionamiento son muy parecidos, pero es necesario aclarar que la principal diferencia estriba en que el formato "vectorial" original que manejan los graficadores, les permite aceptar escalamientos de las imágenes seleccionadas en la computadora para su reproducción, mientras que en las impresoras no es posible determinar la escala exacta a la que se desean obtener las reproducciones requeridas. Los graficadores electrostaticos realizan sus reproducciones en formatos raster (series de puntos), pero que fueron obtenidos de una conversión interna del graficador, apartir del formato vectorial obtenido de la computadora.



El tipo de papel que debe ser utilizado es muy especial, y a veces difiere hasta para la marca de plotter al que vaya a ser aplicado. Este aspecto es muy delicado y por ello costoso.

El costo de un graficador electrostatico generalmente es 10 veces mayor al de uno de plumas; sus precios oscilan entre los 14,000 y 60,000 USD segun su salida monocromatica ó de color, el número de pasos para la reproducción y la resolución. Los tamaños son generalmente para formatos D y E, los tamaños menores no son muy comerciales debido a lo caro de los componentes que no los hacen costeables.

Algunos de los proveedores más importantes de este tipo de graficadores son:

Versatec

RasterGraphics

Se puede concluir acerca de los graficadores, mencionando que para su selección es necesario determinar el tipo de reproducción requerida, su calidad, precisión deseada y tiempo requerido para obtener una impresión completa, este criterio sera valioso para evaluar las características más importantes ya descritas:

- exactitud
- resolución
- repetitibilidad
- tamaños de reproducción
- velocidad
- cantidad de colores

- buffers (cantidad de memoria intermedia)
- inversión inicial
- mantenimiento
- costo y disponibilidad de los insumos (consumibles)

**C) IMPRESORAS:**

Las impresoras son dispositivos de salida tipo "raster" (barrido), que inicialmente no tenían capacidades gráfica s, es decir, solo podían reproducir información alfanumérica (letras y números), estas dos características exigían que la transmisión de información fuese lo más ágil posible, por lo que las conexiones paralelas se hicieron las más comunes para conectarlas a las computadoras. Uno de los inconvenientes de estas características para la aplicación de CAD, es que las imágenes, generalmente, no son escalables. Existen 4 tipos de impresoras:

- de impacto
- electrostáticas
- de inyección de tinta
- térmicas
- laser



**Impresoras de impacto**

Las impresoras de impacto, marcan el papel por la presión de pequeñas cabezas que forman una matriz de puntos (dot-matrix) para formar las imágenes. Para imprimir colores ocupan cintas de bandas múltiples de color, como las máquinas de escribir convencionales, sin embargo están imposibilitadas de dar diferentes tonalidades y mucho menos de hacer desvanecidos ni sombreados. Por ello una reproducción con impresoras de impacto son consideradas de baja calidad. Estas impresoras son adecuadas para uso de reproducciones rápidas en altos volúmenes a bajo costo, como lo pueden ser los listados de materiales, programas de producción, requerimientos u ordenes de trabajo.

**Impresoras electrostáticas**

Las impresoras electrostáticas funcionan bajo el mismo principio de las fotocopiadoras, donde un grupo de electrodos cargan una serie de puntos sobre un papel dieléctrico, este papel pasa através de un aplicador de "toner". Estas impresoras están en posibilidad de reproducir medios tonos, pero solo en blanco y negro. Son muy voluminosas, caras y de intenso mantenimiento. Recientemente fueron desarrolladas las impresoras electrostáticas a color de alta resolución pero también son excesivamente caras.

**Impresoras de inyección**

Las impresoras de inyección de tinta, producen imagen por la expulsión de tinta por medio de boquillas sobre papel de transparencia. Mientras los impulsos a la impresora sean continuos la inyección de tinta sera continua, aunque los inyectores están en

posibilidad de formar matrices de puntos, por lo que se puede considerar a este tipo de impresoras como de media a alta resolución; y aunque los formatos que usualmente manejan son pequeños (una y dos cartas) la calidad y rapidez de reproducción son aceptables, debido a que dependiendo del tipo de cartuchos que contenga la impresora, es posible hacer la combinación de colores y la obtención de medios tonos, desvanecimientos y sombreados de buena calidad.

#### Impresoras térmicas

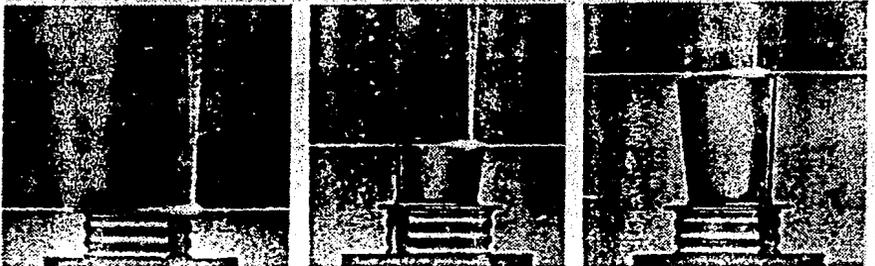
Las impresoras térmicas usan alambres calientes para producir la pigmentación de películas enceradas especiales. Para lograr la reproducción de color, la película pasa tres veces por las cabezas térmicas, una por cada color primario

#### Impresoras laser:

Las impresoras laser han tenido un crecimiento muy rápido en el mercado, reflejo inmediato del éxito que ha obtenido su proceso electrofotográfico de reproducción, comparable al de las mejores fotocopiadoras. La reducción de partes móviles la hacen altamente confiable, reduciendo su mantenimiento al reemplazo del cartucho de tóner y revisiones menores. Los precios en que se encuentran las han hecho tener un gran alcance entre los usuarios de impresoras de impacto, estos se encuentran en el rango de los 1,500 a los 8,500 USD, dependiendo de las resoluciones que van desde 200 a los 600 dpi, y dependiendo también de las velocidades de impresión de 2 a 18 paginas por minuto. Sin embargo, estas máquinas con su reproducción en blanco y negro, aún se encuentra lejos de dominar el mercado de impresiones para ingeniería que nos atañen.

### D) Modeladores (11)

Existen diferentes tipos de modeladores de tres dimensiones, estos consisten en diferentes métodos para generar pequeños modelos de diferentes materiales como polímero fotosensible, plástico o de cera, según sea el método de el modelador, que a partir de una base de datos de CAD se genera. Estos sistemas utilizan bases de datos 3D cuyas geometrías son procesadas para obtener pequeñas rebanadas transversales horizontales que son transferidas al sistema modelador en secuencia desde el fondo del objeto representado hasta la parte más alta del mismo. La mayoría de los sistemas consisten de un depósito donde se encuentra el material a solidificar o aglutinar (por ejemplo polímero líquido). En la parte superior del recipiente al mismo nivel de la superficie del material a solidificar se encuentra una plataforma móvil que desciende el mismo número de veces como número de secciones se han hecho del modelo, en la parte



superior del aparato modelador se encuentran los emisores o el emisor de rayos UV o laser que actúan como de esta manera como los elementos polimerizadores o formadores del material, estos van solidificando pequeñas plataformas equivalentes a las secciones transversales transferidas al sistema por el módulo del CAD (procesadores para estereolitografía) que secciona la geometría en rebanadas, de esta manera al irse apilando una a una las secciones se va formando el modelo.

El costo de estos sistemas va desde 95,000 USD hasta 500,000 USD dependiendo del máximo tamaño de la pieza modelable y de la rapidez de modelado.

Algunos de los proveedores de estos sistemas aparecen a continuación:

**Proveedor: Cubital America Inc.**

Warren, MI

313 754 7557

Sistema: Solider 5600

Material: Fotopolímero

Modelador: Lámpara Ultravioleta

Proceso: Curado sólido de piso

**Proveedor: DTM Corp.**

Austin, TX

512 339 2922

Sistema: SLS Model 125

Material: Wax, PVC, Policarbonato

Modelador: Láser y calentadores infrarrojos

Proceso: Sinterizado selectivo por láser

**Proveedor: Helisys**

Torrance, CA

213 782 1949

Sistema: LOM-1015 , 2030

Material: Plástico, Papel

Modelador: Láser

Proceso: Manufactura por laminado de objetos

**Proveedor: Light Sculpting Inc.**

Milwaukee, WI

414 964 9860

Sistema: LSI - 0609MA, 1115MA

Material: Polimero sensible al UV

Modelador: Lamparas fluorescentes UV

Proceso: Fotosolidficacion

**Proveedor: Quadrax Laser Technology**

Portsmouth, RI

401 683 6600

Sistema: Laser Modeling System Mark 1000

Material: Fotopolimero

Modelador: Laser de iones de argon

Proceso: Modelado por Laser

**Proveedor: Stratasys Inc.**

Minneapolis, MI

612 941 5607

Sistema: 3D Modeler

Material: Wax, Filamento de nylon

Modelador: Laser de Iones de Argon

Proceso: Modelado por deposición fundida

**Proveedor: 3D Systems Inc.**

Valencia, CA

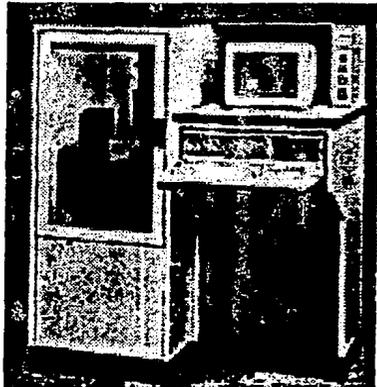
805 2157 1200

Sistema: SLA 190/250/500

Material: Fotopolimero

Modelador: Laser de Iones de Argon, Helio-Cadmio

Proceso: Estereolitografia



Máquina modeladora de estereolitografia

### 2.4.2.5) UNIDADES DE ALMACENAMIENTO Y TRANSFERENCIA

Los datos que son introducidos a la computadora, se almacenan inicialmente, solo en la memoria RAM, (de caracter temporal,) mientras que la computadora se encuentra encendida. Para poder recuperar esta información en otra sesión de trabajo, es necesario guardarla en medios magnéticos u ópticos, que permitan leer, modificar y volver a almacenar la información. Las formas más usuales de encontrar estos medios magnéticos son:

- disco flexible ò floppy
- disco duro ò rigido
- cinta magnetica

Los discos flexibles ò floppy's, son el medio de almacenamiento y respaldo más popular en plataformas de equipo PC . Para este tipo de equipo se encuentran las siguientes combinaciones de capacidad y tamaño de diskettes comerciales:

#### Capacidad

Tamaño	Doble Densidad	Alta Densidad
5 1/4"	360kb	1.2Mb
3 1/2"	760kb	1.44Mb

Quando la cantidad de información no es muy elevada, la información se puede almacenar en discos flexibles, aunque su tiempo de acceso en la recuperación de la información es mayor que el tiempo de acceso al disco rigido. Por eso, cuando se tiene la posibilidad de contar con un disco rigido, es preferible y en la mayoría de las veces, en aplicaciones de CAD, ya indispensable para el almacenamiento de archivos y programas.

Los discos rigidos se encuentran en rangos de capacidad de los 20 Mb a los 300 Mb, y la mayoría de las PC's tienen la capacidad de aceptar más de un disco duro en su configuración, por lo que su capacidad de almacenamiento es considerablemente poderosa para algunas aplicaciones de dibujo, modelado y análisis no complejos. Estos discos son, en su mayoría dispositivos fijos, y aunque existen algunos que son removibles, estos son excesivamente caros.

La práctica común es utilizar los discos rigidos como recursos primarios de almacenamiento y los discos flexibles como medios de respaldo de la información del disco duro, ò como medios de transmisión de archivos entre equipos que no se encuentran conectados a una red.

A estos dos tipos de dispositivos de almacenamiento se les conoce como "medios magnéticos de acceso aleatorio ò random", puesto que pueden recuperar rapidamente cualquier parte de la información que contienen sin importar la secuencia ò cronología de grabación de los archivos.

Las cintas magnéticas se conocen como "medios de almacenamiento secuencial", debido a que el tiempo de recuperación de una información específica, depende en gran medida de la ubicación que esta tenga en la longitud de la cinta que se tiene que desenrollar para accederla. Por ello es frecuente encontrarla como medio masivo de

respaldo de grandes cantidades de información contenida en discos duros ò en equipos con gran capacidad de memoria. Las capacidades promedio de esta cintas, actualmente se encuentran en el promedio de los 2 Gb (Gigabytes, mil millones de bytes).

A continuación se presenta un cuadro con las aplicaciones más frecuentes de cada tipo de medio de almacenamiento:(1)

	FLOPPY	HD	MT	CD-ROM	WORM	CDMO	DAT
Almacenamiento de archivos	X	X	X		X	X	X
Intercambio entre redes	X	X	X			X	X
Respaldo de programas grandes		X	X		X	X	X
Distribución de software	X	X	X	X		X	
Respaldo general	X	X	X	X			

FLOPPY = Disco Flexible

HD = Disco Duro

MT = Cinta Magnética

CD-ROM = Disco Compacto solo Lectura

WORM = Disco Óptico Una Escritura Muchas Lecturas

CDMO = Disco Magneto Óptico

DAT = Cinta Audio Digital

#### 2.4.2.6) ACCESORIOS

Existen otros dispositivos que aunque no son indispensables en la configuración básica de una microcomputadora de uso general, si ayudan considerablemente al mejoramiento del desempeño de la misma para aplicaciones de ingeniería; y en muchos casos se consideran como requerimientos obligatorios de hardware para aplicaciones de modelado gráfico y análisis. Algunos de estos dispositivos auxiliares ò accesorios son:

- - coprocesadores
- - tarjetas de expansión de memoria ò circuitos de expansion
- - tarjetas de funciones gráficas

#### Coprocesadores

Los coprocesadores matemáticos son pequeños "chips" que auxilian, con "procesamiento en paralelo", a la unidad lógica aritmética de la computadora, a realizar las intensas tareas de operaciones y transformaciones numéricas. La facilidad para realizar las llamadas "operaciones de punto flotante", (operaciones basadas en la manipulación de las cantidades numéricas en base diez; que lleva a la aplicación de las reglas de logaritmos, reduciendo la mayoría de las operaciones requeridas a sumas y restas), agiliza de manera considerable el tiempo de procesamiento de imágenes y de procesos de cálculo intenso para el análisis de fenómenos físicos modelados

matemáticamente. A continuación se presentan dos ejemplos de operación del principio de "punto flotante":

Multiplicación:

$$(9.735)(10.538) =$$

$$\text{Log}(9.735) = 0.9883, \text{Log}(10.538) = 1.0228$$

por lo tanto expresado en forma de logaritmos

$$(10^{0.9883})(10^{1.0228}) =$$

y aplicando las reglas de logaritmo para la multiplicación

$$10^{(0.9883 + 1.0228)} =$$

$$(10^{2.0111}) =$$

usando la función inversa, es decir el antilogaritmo

$$\text{A} \text{Log}(10^{2.0111}) =$$

$$102.5874$$

Exponenciación:

$$7.5^{(2.3)} = 102.9535$$

$$\text{Log } 7.5 = 0.8751$$

Representando la base en logaritmo se tiene:

$$10^{(0.8751)(2.3)}$$

Asimismo los exponentes se pueden descomponer en sus logaritmos equivalentes:

$$\text{Log } 0.8751 = -0.058, \text{Log } 2.3 = 0.3617$$

$$10^{(10^{-0.058})(10^{0.3617})}$$

Llegando hasta la representación más simple de la operación:

$$10^{(10^{-0.058 + 0.3617})}$$

En donde se llega a una representación de fácil conversión:

$$10^{(10^{0.3038})}$$

Aplicando el antilogaritmo al exponente

$$\text{A} \text{Log } 0.3038 = 2.0126$$

Obteniendo otra expresión que se puede reducir de la misma manera:

$$10^{(2.0126)}$$

$$A_{\text{Log } 2.0126} = 102.9535$$

La mayoría de las microcomputadoras contienen un alojamiento especial para la colocación optativa del coprocesador, cuyo tipo depende directamente del tipo del procesador de la unidad central de proceso. Esto quiere decir, tanto el tamaño de palabra como la velocidad de reloj tendrán que ser compatibles. Esto se logra comúnmente mediante la colocación del coprocesador correspondiente a la misma familia y marca del procesador central. Por ejemplo en caso de los procesadores Intel 80386, 80286 y 80387, existen los correspondientes coprocesadores 80387, 80287 y 80387; en el caso de los procesadores Motorola y otros, se da la misma analogía.

### Tarjetas de Expansión de Memoria

Las tarjetas de expansión de memoria RAM, son accesorios que como se observó en las configuraciones comerciales previamente presentadas, brindan la posibilidad de aumentar la capacidad de retención temporal de la computadora, para correr aplicaciones que requieren de gran cantidad de memoria por la diversidad de rutinas que necesitan ser corridas simultáneamente o de archivos de datos de gran tamaño que requieren ser accedidos. La gran mayoría de las microcomputadoras y de workstations poseen "slots" o ranuras para adaptar estas tarjetas de expansión sin mayor problema. La capacidad de las tarjetas se encuentra comercialmente en múltiplos de 64 kb, 256 Kb, 1 MByte o 4 MBytes, por lo que es necesario instalar más de una tarjeta cuando se requiere aumentar considerablemente la capacidad de memoria RAM de una computadora.

### Tarjetas de Funciones Gráficas:

La función, estructura y tipos de tarjetas gráficas ya han sido mencionadas en el apartado dedicado a los dispositivos de salida temporal como los monitores. Solo cabe señalar que estas tarjetas, son casi siempre clasificadas como accesorios, cuando no se encuentran consideradas por el proveedor del equipo, como parte de la configuración original; caso que se da frecuentemente en plataformas de PC's, pero no en workstations, donde las tarjetas son parte inherente a la naturaleza del tipo de equipo para aplicaciones gráficas.

Muchas son las ventajas que un paquete de C.A.D. ofrece sobre los métodos tradicionales de diseño, análisis, simulación, optimización y dibujo de ingeniería, que ya han sido mencionados en el subcapítulo anterior. Estas ventajas son proporcionadas gracias a la creación de nuevas metodologías y formas de trabajo generadas por estandarización de rutinas y algoritmos de construcción geométrica, basados en principios de geometría descriptiva; nuevas metodologías de trabajo en el modelado de objetos mediante el uso de elementos tridimensionales más reales y comunes a los conceptos de diseño, como lo son las esferas, los cubos, los prismas, los paralelepípedos, los conos, ocupando la lógica de adición, sustracción e intersección "Booleanas" de la teoría de conjuntos, como podrían ser la creación de líneas paralelas, perpendiculares, determinación de puntos de tangencia, ajuste de trazos, la creación de challanes, redondeamiento de aristas, el relleno de áreas con texturas o simbología estándar de

materiales, por mencionar solo algunos así también, la utilización de arreglos auxiliares como la activación de coordenadas, despliegue de mallas, los acercamientos, movimientos de pantalla sin afectar escalas, la aplicación de colores, el uso de niveles de construcción, hacen del dibujo auxiliado por computadora una herramienta sumamente poderosa, que mejora significativamente el proceso de diseño, el permite ir personalizando su aplicación a las necesidades específicas del proceso de diseño en cuestión. Sin embargo hay que señalar que es necesario conocer todas las características del equipo, los programas que se cuenta para poder aprovechar toda la potencialidad de un sistema C.A.D.

### 2.4.3) Definición y clasificación de Software disponible para C.A.D.

Software es el conjunto de programas que permiten el acceso a los recursos de hardware, que controlan el tránsito de información que accesa al sistema, que transforman y procesan los datos introducidos y que eficientan algunas de las funciones anteriores.

El software que maneja un sistema de cómputo también puede ser dividido de acuerdo a las funciones mencionadas en:

#### \* Sistemas Operativos

- \* Lenguajes de programación
- \* Ambientes o Programas multitarea
- \* Programas de Aplicación
- \* Utilerías: administradores de archivos, vacunas antivirus
- \* Programas de Comunicación (Protocolos)

Todos estos tipos de programas están relacionados en mayor o menor forma con un sistema CAD. Un programa de CAD es un programa de aplicación. El sistema operativo es el conjunto de comandos que administran los archivos y manejan los recursos de entrada, salida y procesamiento del equipo de cómputo. En algunos programas de CAD los lenguajes de programación son utilizados para adecuar algunas rutinas de trabajo a las necesidades específicas del usuario.

El software para CAD es formado por programas de aplicación orientados al dibujo auxiliado por computadora, modelado y algunas veces se incluye dentro del término también al análisis, CAE.

#### 2.4.3.1) Clasificación de los paquetes (12)

Existen diferentes criterios de clasificación de los programas de diseño y dibujo auxiliado por computadora, estos son principalmente:

##### - Por área de Aplicación:

- Dibujo General
- Dibujo y diseño Arquitectónico
- Dibujo y diseño Mecánico
- Dibujo y diseño de Circuitos impresos
- Dibujo y diseño de Redes de Tubería

- Dibujo y diseño para el diseño gráfico
- Análisis de mecanismos
- Análisis de esfuerzos
- Análisis de circuitos eléctricos
- Análisis de moldeo
- Análisis de transferencia de calor
- Análisis cartográfico y otros

Los paquetes de dibujo general contienen funciones básicas en los programas gráficos tales como creación de entidades geométricas sencillas como líneas, puntos y arcos, copiado, traslado y manipulación de pantalla, tales como acercamientos, desplegado del sistema coordenado y malla auxiliar ortogonal, poseen librerías de simbología reducida y en el mejor de los casos estas librerías son desarrolladas por terceros (third party); en el caso de los paquetes denominados "Low-End", estos paquetes no tienen lenguaje de personalización propio para adecuarlo a las necesidades específicas del usuario, el caso contrario a los denominados "High-End", en los cuales la versatilidad de sus lenguajes de programación los hacen susceptibles a la adecuación a las necesidades de diferentes usuarios. Este último grupo de programas son llamados de "arquitectura abierta", pues dan oportunidad al usuario de hacer modificaciones en la estructura básica del programa y a la complementación de algunas funciones especializadas con utilerías desarrolladas por terceros para aplicaciones específicas como pueden ser de arquitectura, de diseño de sistemas eléctricos, de diseño de sistemas neumáticos, de pailería o trabajo con lamina, etc.

En el caso de los paquetes con aplicación específica como de diseño mecánico, de diseño arquitectónico, etc, se distinguen de los demás por ciertas funciones específicas requeridas para llevar a cabo tareas del área específica como son el caso librerías de muebles sanitarios o perspectivas con puntos de fuga en el caso de los paquetes de arquitectura, en el caso de los paquetes de diseño mecánico las vistas ortogonales incluyendo las vistas isométricas y axonométricas, así como la obtención de los atributos de centros de gravedad, masa y volumen o construcción de geometrías especializadas como hélices para la representación de cuerdas de tornillos. Hablando de los sistemas de diseño gráfico, se pueden mencionar las funciones de modulación de luz (iluminación), generación de patrones de texturizado, funciones como copiado, cortado y pegado que ahora están siendo extrapoladas a otros programas de aplicación pero que nacieron en los sistemas de diseño gráfico.

Los paquetes de análisis consisten generalmente de un módulo de aplicación general que puede ser complementado por varios módulos opcionales de análisis en áreas específicas como transferencia de calor, mecanismos, fluidos, electromagnetismo o flujo en el moldeo de plástico; normalmente este módulo básico incluye las funciones de pre-proceso, que es el modelado y definición de la malla de elementos finitos en que se fragmentará el espécimen de análisis; de proceso, que incluye por lo general el análisis estático lineal con varios métodos de aproximación o modelos matemáticos de solución de los sistemas matriciales que se crean al momento de especificar las condiciones de frontera del análisis y el número de nodos y sus interrelaciones generadas por la vecindad de los elementos finitos definidos en el pre-proceso; y de post-proceso que contiene diferentes opciones de presentación de los resultados obtenidos durante el proceso, en este espacio se presentan algunas de las opciones que los paquetes de análisis proveen para representar las soluciones de manera que el ingeniero pueda interpretarlas adecuadamente.

- Por Función:

- Dibujo 2D
- Dibujo 2y1/2D
- Dibujo y diseño 3D con wireframe
- Diseño con Modeladores 3D de superficies y de sólidos
- Análisis

Estos tipos de programas CAD fueron descritos previamente en el inciso del proceso de diseño de ingeniería.

- Por alcance :

- 2D Low Cost, Low End: MathCad, EasyCad, DesignCad, MacDraw, MiniCad
- 3D High End, High End: Autocad, Cadkey, Microstatidn, VersaCad
- Análisis 2D
- Análisis 3D

Low End	High End
<ul style="list-style-type: none"> <li>* Pocas opciones de construcción geométrica</li> <li>* Pocos modelos de texturizado estándares ò definibles</li> <li>* Limitado número de "layers"</li> <li>* Uso limitado de comandos inmediatos</li> <li>* Escasa ò nula ayuda en línea</li> <li>* Escasas funciones de verificación de atributos geométricos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Multiples opciones de construcción geométrica</li> <li>Varias opciones de texturizado</li> <li>Amplio número de "layers"</li> <li>Comandos inmediatos y creación de macros asignables a teclas.</li> <li>Ayuda en línea</li> <li>Funciones especializadas para el chequeo de diferentes atributos geométricos.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>* Definición de ventanas y vista auxiliares ambigua</li> <li>* Poca variedad de utilerías por terceros</li> <li>* Poca ò nula Intercambiabilidad de información con otros paquetes de CAD ò traductores neutrales.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Diferentes opciones de definición de ventanas y vistas auxiliares</li> <li>Gran variedad de utilerías y librerías creadas por terceros</li> <li>Intercambiabilidad considerable de información gráfica con otros paquetes CAD y traductores neutrales tales como DXF, IGES y HPGL</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>* Pocos controladores de dispositivos periféricos de entrada y salida mas importantes del mercado.</li> <li>* Creación de entidades simples Lineas, puntos y arcos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Presentes la mayoría de los controladores de los periféricos</li> <li>Creación de entidades complejas Ademas conicas, plilineas, splines</li> </ul>

Algunas de las diferencias entre paquetes "Low-End" y "High-End" se muestran en el cuadro anterior.

Es necesario tomar en cuenta estas clasificaciones para tomar la decisión adecuada al momento de seleccionar el paquete de diseño requerido, ya que de ello dependerá el monto de la inversión, el tipo de capacidades y alcance que se obtendrá con cierto tipo de paquete, y sobre todo, las perspectivas de crecimiento y desarrollo de las capacidades de diseño y dibujo auxiliadas por computadora.

En las figuras adjuntas es posible identificar las principales firmas de desarrollo y comercialización de software para CAD que representan los tipos específicos de programas clasificados de acuerdo a los criterios establecidos anteriormente.

Lenguajes Neutrales ò Traductores

Cada paquete de CAD posee un lenguaje de representación gráfica propio, que en muchos de los casos no es común a los lenguajes gráficos de otros programas. Ante esta situación la transferencia de información gráfica entre diferentes paquetes de CAD es en la mayoría de las ocasiones infructuosa y frustrante. Por ello en los paquetes de CAD más importantes, se encuentra incluida al menos una utilidad de transferencia de información gráfica por medio de un lenguaje gráfico neutral que puede ser DXF (Data Interchange Format), IGES (Initial Graphic Exchange Standard), HPGL (Hewlett Packard Graphic Language), TIFF (Tagged Information File Format), etc. Estos formatos reconocidos en el mercado como estándares de comunicación para transferencia de información gráfica y por ello son considerados como lenguajes gráficos neutrales. Los archivos gráficos que son convertidos a estos formatos neutrales consisten de listados editables en código ASCII con nomenclaturas estándar de las entidades y sus atributos como posiciones geométricas, colores, tipo y espesor de línea, plumillas, etc., que forman parte de un archivo con alguna geometría construida en un sistema CAD y que se desea transferir, ya sea, a otro paquete de CAD, a un paquete de análisis o a un paquete de CAM. Algunas veces en el caso en que la transferencia de información gráfica se requiere hacer hacia un sistema de análisis de ingeniería o de manufactura auxiliada por computadora, estos últimos poseen ciertas interfaces, en forma de utilerías, ya preestablecidas para aceptar información de una lista reducida de los paquetes más importantes de CAD, sin necesidad de utilizar estos lenguajes de traducción, sin embargo, esta opción tiene dos inconvenientes; el primero es que a veces la lista de paquetes no es tan extensa como se deseara y algunas aplicaciones de CAD quedan fuera de la posibilidad de enlazarse con estas aplicaciones de análisis o manufactura; el segundo inconveniente es el que se presenta al darse una actualización que modifique drásticamente una aplicación de CAD cuya nueva versión no pueda ser transferida exitosamente a las aplicaciones de CAE o CAM con las utilerías de transferencia para la versión anterior del paquete de CAD actualizado.

La existencia de los formatos neutrales de información gráfica reducen las posibilidades de que se presenten las dos situaciones descritas anteriormente, sin embargo se debe recalcar que el uso de los traductores de formatos neutrales como DXF o IGES, no resuelven todos los problemas de transferencia, ni tampoco logran transferencias completamente transparentes al 100% para el usuario, es decir no siempre se obtienen las geometrías transferidas, y aquellas que se transfieren no conservan todos atributos iguales, estos es que los colores pueden cambiar, los tipos de línea pueden ser no respetados, así como las posiciones tanto en los sistemas como coordenados como en los niveles o layers pueden cambiar de la versión original a la versión transferida a otra aplicación de CAD, de CAE o de CAM.

Apartir de la presencia de estos problemas, se nació en el mercado la tercera alternativa de transferencia, esta es el uso de programas de transferencia creados por terceros, especializados en la transferencia única y exclusiva de un sistema a otro, esto es, existen empresas de software como la anteriormente llamada OCTAL, que se dedican a crear utilerías de transferencia especializadas de un sistema CAD como pudiese ser Profesional Designer de Computervision versión 5 a otro sistema CAD que pudiese ser Cadkey versión 6. Estas empresas garantizan la transferencia de información al 100%, sin embargo el inconveniente que se vuelve a presentar es el de las incertidumbre existentes ante la actualizaciones en los paquetes CAD que son fuente o destino de la información gráfica que se transfiere: esto significa que se existe cada vez que alguno de los paquetes de CAD enter los que se necesite transferir información fuera objeto de una actualización habría la posibilidad de requerir otra versión también del programa de transferencia de información.

Podemos concluir que hasta el momento no existe un sistema 100% efectivo y eficiente de transferencia de información entre aplicaciones de sistemas CAD, CAE o CAM. De

este fenómeno se puede entender porque existen las preferencias entre algunos usuarios de buscar proveedores y clientes con los mismos sistemas de CAD para la efectiva transferencia electrónica de información gráfica, o bien también existe otro grupo de usuarios que prefieren los sistemas integrados verticalmente, es decir que brindan los módulos opcionales para instalar las diferentes aplicaciones de modelado, dibujo, análisis y/o manufactura, basados en el mismo sistema base. Dentro de este tipo de programas se pueden encontrar firmas como Computervision, Intergraph, I-DEAS de SDRC, Unigraphics y ProEngineer de McDonnell Douglas y ESD respectivamente.

### 2.4.3.2) Generalidades y aspectos característicos de todo sistema C.A.D.

Existen una serie de elementos que caracterizan a los que son comunes a la mayoría de los paquetes enfocados a la aplicación del dibujo y diseño auxiliado por computadora.

#### Interfaces, interactividad y amigabilidad.

Las interfaces son definidas como la manera en que el sistema interactúa con el usuario por medio de pantallas y mensajes que establecen un diálogo entre el usuario y el sistema. Las interfaces incluyen el modo en que los menús se presentan al usuario mostrando las diferentes opciones para llevar a cabo una operación o varias. Las opciones más comunes para la presentación de los menús de opciones son:

- - icons: las funciones son representadas por pequeños símbolos.
- - popmenús: al seleccionar un menú o función una ventana aparece repentinamente, mostrando las opciones siguientes.
- - pulldown menús: seleccionando una función o menú de una barra superior de funciones o menús, el siguiente conjunto de opciones descienden en columna.
- - sidebar menú: los menús y opciones se encuentran en una área lateral o al fondo de la pantalla que cambia a las siguientes opciones a medida que se avanza en la jerarquía de menús.

Otra característica de los paquetes actuales es la llamada capacidad de ser "interactivo y amigable" con el usuario.

Este concepto está definido por la existencia de mensajes que van dirigiendo al usuario a la selección más adecuada de los comandos que llevarán a cabo una tarea específica; de hecho el usuario establece un diálogo con el programa respondiendo de manera sencilla a preguntas concretas que el programa formula a medida que el usuario sigue seleccionando comandos de los menús.

Por otro lado el concepto de "amigabilidad" se encuentra definido por ciertas características del programa que facilitan su uso y aseguran la integridad del trabajo y los procedimientos que el usuario sigue. Dentro de estas características se encuentran las opciones default o por omisión que son definibles por el usuario ya sea en una etapa previa al uso de la aplicación o durante la misma; otra de estas características es la opción de seleccionar la presencia de la operación de respaldo o "Backup" de información a intervalos de tiempo definidos; otra de ellas es la opción del "Undo" que regenera el estado de la geometría en pantalla hasta antes de la aplicación de un comando o de una serie de comandos ejecutados consecutivamente. La opción conocida en algunos paquetes como "Show" o "Verify" muestra las propiedades de las entidades que se encuentran dibujadas y desplegadas en pantalla, tales como tipo de geometría, longitud, color, espesor de línea, área, etc. La opción "Help" o de "Ayuda en línea" proporciona al usuario la oportunidad de aprender más sobre comandos del programa o encontrar la manera efectiva de llevar a cabo una tarea específica sin tener que consultar el manual del paquete. Algunos paquetes incluyen un "tutorial en línea", que es un subprograma

dentro del programa principal de aplicación que muestra la utilización de funciones básicas del paquete por medio de sesiones cortas que pueden o no incluir ejercicios guiados para el usuario.

Algunos programas poseen opciones de selección de entidades o "mascarillas" muy útiles, esto es, cuando es necesario manipular o editar más de una entidad se requiere de hacer una selección múltiple que puede ser llevada a cabo de diferentes maneras: por medio de una ventana, por medio de un polígono, por medio de selección secuenciada o bien por medio de lo que se llaman "mascarillas", estas consisten en el listado de diferentes atributos como son tipo de entidad, color, tipo de línea, nivel de trazado o grupo al que pertenece; esta característica permite que la operación de selección sea muy ágil y versátil.

Por último, una de las características más amigables que los sistemas de CADD poseen es la selección de puntos geométricos de control o "keypoints" de las entidades mostradas en la pantalla; estos puntos son extremos, puntos de medios, centros de arcos, intersección de dos entidades o puntos a lo largo de una entidad.

Algunos sistemas que se autollaman "inteligentes", despliegan un mensaje con el tipo de punto que se está tocando con el cursor, facilitando con esto la selección de la entidad en el punto deseado.

Es bueno señalar que la mayoría de los paquetes de CAD permiten personalizar el uso del ratón asignando funciones específicas a cada uno de los botones, lo cual incrementa su nivel de amigabilidad de la aplicación.

Los paquetes gráficos, en general, están formados por menús y submenús muy característicos y que pueden ser descritos en forma general como a continuación se hace:

#### Funciones principales:

Se puede decir que los paquetes de CAD cuentan con un conjunto de funciones básicas que son:

- - Creación
- - Edición
- - Verificación
- - Manipulación de Pantalla y Herramientas auxiliares
- - Controles y parámetros del sistema
- - Manejo y administración de archivos
- - Otras funciones

#### - Creación :

Las opciones de creación son básicamente el repertorio de entidades primitivas que el paquete de CAD tiene y que puede combinar para obtener una geometría compuesta siguiendo las reglas clásicas del trazo geométrico y la geometría descriptiva.

Una "entidad" es todo elemento gráfico que se encuentra en la base de datos y que puede ser desplegado en pantalla en cualquier momento de acuerdo a los "atributos" que el caracterizan.

Primitivas son aquellos elementos gráficos básicos del sistema de dibujo o diseño que unidos entre sí y/o editados dan como resultado geometrías completas o entidades compuestas como "strings" o polilíneas. Estas primitivas o entidades simples son típicamente en un sistema de dos dimensiones o tres dimensiones en "wireframe":

Puntos, líneas, círculos o arcos que son los de modelos matemáticos más simples, además de las cónicas como parábolas, elipses e hipérbolas, curvas polinómicas (cúbicas) y curvas irregulares de Bezier.

En el caso de los sistemas de modelado por sólidos o superficies las primitivas son:

Prisma o paralelepípedo, esfera, cilindro, cono, toroide, superficies regladas, de revolución, esculpidas, de transición

### - Edición:

Las funciones de edición se caracterizan por modificar las entidades ya existentes ya sea en su geometría, posición o atributos. Las funciones más comunes en todo paquete CAD son:

- + Ajustes: La extensión de líneas es ajustada a la intersección con otras
- + Redondeos y Chafletes: Ajuste de esquinas a la presencia de radios y achaflanados determinados por el usuario
- + Segmentar: Dado una línea recta o curva determinadas es posible segmentarlas en "n" partes iguales de manera automática, creando "n" entidades independientes de igual longitud.
- + Copiar: Duplicación de una geometría ya existente.
- + Rotar: Movimiento de una geometría en un arco de dimensión definida por el usuario.
- + Escalar: Reducción o aumento del tamaño de una geometría en un factor que puede ser constante o no en todas direcciones.
- + Drag: Función que permite modificar la longitud o el ancho de una geometría de manera "dinámica", arrastrando el mouse al mismo tiempo que se presiona uno de los botones del mismo.
- + Espejos: Función que utiliza un eje de simetría definido por el usuario para establecer la nueva posición simétrica a la original ya sea copiando o trasladándola.
- + Arreglos: Función que forma copias de una geometría en colocándolas uniformemente separadas manera rectilínea o circular, de acuerdo a las instrucciones que el usuario define en cuanto a la separación y número de copias.
- + Secciones: Función que permite hacer secciones transversales de cuerpos tridimensionales definiendo el plano y la distancia que define la sección.
- + Agrupar: Función que reúne varias entidades bajo un solo identificador o grupo facilitando la manipulación o edición de este grupo de entidades.

+ **Cambio de Atributos:** Funciones que permiten modificar los atributos de una o varias entidades como color, espesor de línea, tipo de línea, pluma de gráfica ción, nivel o "layer" de trazado.

#### - Verificación y cálculo

Esta función despliega los atributos geométricos y no geométricos como tipo de entidad, color, nivel, longitud, puntos de control.

Cálculo de atributos asociados a objetos: distancias, áreas, momentos de inercia, volúmenes, masas, centros de masa

#### - Manipulación de Pantalla y Herramientas auxiliares:

Las funciones que se encuentran comprendidas en este grupo manipulan la imagen que se encuentra en la pantalla sin afectar o modificar la geometría de los objetos que se muestran en ella. Estas funciones son:

+ **Zoom:** acercamiento o alejamiento de la vista que muestra la pantalla.

+ **Pan:** Desplazamiento horizontal, vertical o combinado de la vista de la pantalla.

+ **Redibujo: (Redraw, Refresh)** Retrazado de las entidades que se encuentran en la pantalla.

Las herramientas que ayudan a la construcción precisa de las entidades y su administración:

+ **Vistas:** En paquetes con capacidad de 3D es posible que se generen automáticamente las 8 vistas básicas ortogonales y otras más definidas por el usuario.

+ **Niveles o layers:** Los niveles son como un conjunto de acetatos que se superponen unos a otros a y en donde el usuario define las entidades que serán trazadas o asignadas a niveles específicos, que pueden ser mostrados o no en la imagen que la pantalla despliega.

+ **Malla:** Serie de puntos uniformemente separados en todos los ejes a una distancia definida por el usuario, que sirven como guía para la ubicación de las entidades a dibujar. Estos puntos no forman parte del dibujo, ni tampoco son representados en la base de datos como entidades "punto".

+ **Snap:** En complemento a la malla el snap hace que la selección de cualquier posición de la pantalla de enganche en forma discreta al punto más cercano de la malla, lo que facilita la alineación de entidades o la uniformidad del tamaño de entidades.

+ **Multiventana:** Esta función permite dividir la pantalla en varias secciones o ventanas en las cuales el usuario define la vista que quiere ver y que se puede manejar en una manera independiente con la ayuda de las funciones de zoom, pan y redibujo. La manipulación de pantalla es independiente, pero la representación de la geometría es interdependiente con las otras vistas, esto quiere decir que cualquier cambio de geometría que se haga en cualquier ventana será reflejada también en las otras ventanas.

+ **Ejes:** Cuando se manejan paquetes de tres dimensiones reales, la existencia de las 8 vistas básicas ortogonales hace necesaria la identificación de las mismas por medio de la representación de los ejes coordenados; estos ejes coordenados aparecen como

herramientas auxiliares en la misma ventana o puerto donde se trabajara definiendo la nueva geometría, sin ser tampoco parte de las entidades de la geometría definida por el usuario, por lo tanto no son editables ni modificables.

+ Coordenadas: La mayoría de los paquetes de CAD ofrecen la característica de un sistema coordenado que bien puede ser absoluto o relativo a un origen relativo definido por el usuario.

- Controles y parámetros:

Existen varios parámetros y controles que pueden ser establecidos de la manera más conveniente para el usuario de acuerdo a la aplicación y convenciones de dibujo acostumbradas. Entre estos parámetros se encuentran:

- \* Colores      \* Tipografía      \* Tamaño de Caracteres
- \* Exactitud de cálculo de representación   \* Unidades de trabajo
- \* Unidades de acotación   \* Tipos de línea   \* Espesores de línea
- \* Automáticos: autosave o backup, atributos y defaults.

Mas adelante se indicara que el adecuado uso de estos parámetros y su estandarización brindarán un conjunto de ventajas notables sobre las costumbres y convenciones del dibujo manual.

- Manejo y administración de archivos:

Los programas de CAD poseen elementos básicos de administración de archivos. Generalmente sus archivos se encuentran divididos en archivos de partes, dibujos o ensambles, archivos de patrones, archivos de personalización del sistema como macros o archivos de programación, archivos de gráfica o fuera de línea como son los archivos HPGL, archivos de transferencia entre paquetes gráficos como aquellos generados en traductores IGES o DXF.

Naturaleza: Dibujos, Partes o Grupos, Librerías de Patrones

Salvar, Modificar, Abandonar, Digitalizar, Plottear,

Actualizar a nueva versión, Transferencia y Comunicación(in,out)

- Otras Funciones :

Los paquetes de CAD poseen menús o módulos que permiten detallar y dimensionar las geometrías generadas en los módulos de creación o diseño. Las funciones que incluyen estos menús o módulos son:

- \* Dimensionamiento de acuerdo a los estándares ANSI o ISO.
- \* Representación de Tolerancias y dimensionado geométrico..
- \* Aplicación de Simbología de Materiales.
- \* Textos

- Otras capacidades:

- \* Personalización del sistema: Macros, Programación de estructuras abiertas.

Los paquetes denominados "High End" se caracterizan por tener 2sistemas abiertos", esto quiere decir que el sistema que originalmente se adquiere al momento de su compra en solo una plataforma flexible de programación. El sistema posee las funciones y estructuras suficientes para llevar a cabo las actividades básicas de la aplicación específica a la cual se dedica el paquete de CAD, ya sea este de aplicación general, de aplicación mecánica, de aplicación electrónica o de aplicación gráfica, etc. Esto posibilita los siguientes cambios:

- \* Modificación de la presentación de pantallas como cambio de colores de las diferentes zonas de las pantallas presentadas por el programa.
- \* Modificación de los letreros de menús.
- \* Modificación o traducción de los mensajes de interacción con el usuario.
- \* Automatización de algunas funciones por medio de la grabación de secuencia de teclas en archivos llamados "Macros".
- \* Automatización y creación de rutinas especializadas de trazo, de cálculo o animación, por medio de la programación en lenguajes del propio paquete de CAD ya sea LISP, CADL, IGDS, GRIP, etc.

Estas funciones permiten adecuar el paquete de CAD a las necesidades específicas y estándares ya creados en ciertos departamentos de ingeniería; de hecho es una practica común de los departamentos de ingeniería contar con equipo de personas que se dedican a personalizar cada versión nueva que se libera del paquete de CAD que la empresa ha usado par sus actividades de diseño.

## 2.5 ) Mercado, Tendencias y Técnicas de Evaluación

### 2.5.1) Mercado:

De acuerdo a un estudio de mercado realizado por Market Intelligence Research Corp. el mercado de CAD/CAM crecera de 1989 a 1996 en 14% anual en promedio, esto es de 5,200 millones de dolares a 12,000 millones de dolares al final de ese periodo. Se estima que en 1989 el número de sistemas CAD/CAM era de 90,000 y para 1996 se incrementara a 370,000 sistemas. Se espera que el costo de equipo se reduzca de 2% a 4% anualmente en promedio, sin embargo se espera lo contrario del software, que en lugar de bajar, incrementara su costo. Por otro lado, el desarrollo de software se encontrara basado en desarrollos primordialmente para plataformas en UNIX, lo que implica que mejoraran las capacidades de comunicación en redes y las facilidad de instalación del software en cualquier estación de trabajo del mercado. Durante 1989, del total de los ingresos mundiales por sistemas CAD/CAM el 44% provinieron de Europa, el 43% de los Estados Unidos y el restante de Asia principalmente y el resto del mundo. Para 1996 se espera un fuerte auge de crecimiento de Europa acaparando el 49% de los ingresos, mientras que Estados Unidos tendra el 37% , y Asia participara con el 14% de los ingresos por venta de sistemas CAD/CAM. El uso de los sistemas CAD/CAM se reducirá notablemente para aplicaciones de defensa y militares, pero se incrementara en otras áreas como la espacial, automotriz, textil y de ingeniería civil y electrónica. (13)

Durante el periodo de 1989 a 1993 los sistemas CAD para aplicación mecánica (MCAD) migran de las plataformas de PC y mainframe a workstations, así lo muestran los siguientes datos:

Las ventas de los sistemas de CAD mecánico basados en PC, en el mundo, decrecerán de 1,056 millones de dólares a 1,032 millones de dólares, las ventas de los sistemas basados en mainframe también decrecerán, en el mundo, de 2,706 millones a 1,892 millones de dólares, mientras que las ventas de sistemas basados en workstation se incrementarán en el mundo de 2,838 millones a 5,676 millones de dólares.

Los sistemas de análisis mecánico (CAE) representarán del 9% al 15% del total de los sistemas de CAD mencionados arriba.

El mercado de CAD está dividido básicamente en 2 grupos de proveedores por el tipo de solución que ofrecen; uno de ellos es el de los proveedores de "soluciones integrales" o "sistemas llave en mano" (turnkey) que proporcionan la combinación de programa, equipo y servicio requerido para satisfacer los requerimientos del sistema CAD establecidos por el cliente; el otro grupo de proveedores está comprendido por aquellos que distribuyen los programas y/o el equipo por separado, pero en la mayoría de las veces no proveen la solución completa de adaptación entre el equipo, el programa y los requerimientos que el cliente ha establecido para el sistema de CAD.

### 2.5.1.1) Proveedores de sistemas integrales o "llave en mano"

Los proveedores de sistemas integrales acondicionan el equipo y el software para que funcionen en la forma más eficiente posible haciendo uso del 100% de los recursos y capacidades que ambos elementos pueden proporcionar al sistema CAD. En la mayoría de los casos, estas firmas compran los derechos de un software de terceros y lo personalizan de tal manera que obtenga los máximos beneficios del equipo que también, es muchas ocasiones, se obtienen de otras empresas fabricantes de equipo y de cómputo, el cual se modifica ligeramente con algunas tarjetas o circuitos integrados como pueden ser aceleradores de operaciones matemáticas o adaptadores gráficos para agilizar la representación de las imágenes, o bien interfaces especiales para la conexión de dispositivos de entrada (diales, trackballs, teclados de funciones) o salida especiales (fotoplotters, plotters electrostráticos), que son utilizados para convertir estos equipos de propósito general a un equipo especializado para realizar funciones gráficas como las requeridas por un sistema CAD. Sin embargo esto limita las posibilidades del sistema a ser compatible con otro equipo que no sea adquirido con la misma firma, puesto que se limita la capacidad de flexibilidad de los equipos y los programas para crear un nicho cerrado y exclusivo de mercado para la firma de CAD que integra y personaliza el sistema.

A estos proveedores de sistemas integrales se les llama también proveedores de sistemas "de llave en mano", puesto que ellos se encargan de instalar el equipo y los programas en el mismo, así como también de inicializar el sistema por completo para dejarlo listo para ser usado por el usuario.

A continuación se listan los nombres de algunos de estos proveedores: (12)

- Adra Systems
- Applicon
- Calcomp
- Calma (GE)
- Computervision

- Control Data
- Daisy
- Dassault
- Gerber Systems
- Hewlett Packard
- IBM
- Intergraph
- McDonnell Douglas
- MCS
- Mentor Graphics
- Tektronix
- Xerox

Las ventajas de acudir con este tipo de proveedores son, desde luego, la disminución de riesgos de mala instalación del equipo y los programas con la consecuente prevención de los problemas potenciales que acarrearla esta. El soporte que brindan la mayoría de estos proveedores es muy bueno, la solución de problemas es de igual forma "integral", esto quiere decir, que ellos son los responsables de resolver cualquier duda o problema no importando la índole de este, ya sea de uso del programa o manejo del equipo, reduciendo considerablemente los tiempos de implementación, de entrenamiento sobre el sistema y de los tiempos caídos del mismo, puesto que existe solo un responsable que debe conocer todas las respuestas acerca sistema completo de CAD, sus capacidades, sus limitantes y problemas más comunes entre los usuarios que poseen la misma clase de plataforma

Las desventajas, sin embargo, que tiene el hecho de adquirir un sistema completo con uno de estos proveedores son comúnmente y entre otras, el alto costo de los sistemas, que por integrar soluciones especializadas son mucho más caras que las soluciones de uso general que se pueden adquirir por separado; por otro lado, el hecho de comprar una solución tan especializada y personalizada hace obligada la compra del contrato de mantenimiento que es muy difícil contratar externamente por los riesgos de desconocimiento del sistema que otro proveedor pudiese tener, asimismo si este contrato de mantenimiento no se tomara se perdería toda oportunidad de adquirir las actualizaciones del programa del sistema a precios más bajos que el de lista, sino es que a veces sin costo alguno. Otras de las desventajas que se presentan a veces cuando se elige uno de estos proveedores, es que uno se "casa" materialmente con la firma elegida puesto que muchas veces las inversiones en el sistema son tan grandes que el hecho de considerar cambiar de software o equipo en un futuro cercano implica una serie de costos conversión quizá aún más altos que los costos iniciales del proyecto. Esto es debido principalmente a que si se decide cambiar el sistema o parte del sistema, ya sea software o equipo, entran a la contabilidad los costos de obsolescencia del anterior sistema (en caso de haber sido amortizado completamente), los costos de entrenamiento, los costos de transferencia de información y sobre todo los costos de readaptación de personal al nuevo sistema y serán considerables.

### 2.5.1.2) Proveedores de soluciones independientes

A continuación se muestra una lista de proveedores de programas y equipo cuyo mercado de soluciones independientes de esta segmentado en función de las siguientes categorías:

Por área de aplicación y función:

● CAD para Diseño Mecánico

- Autodesk
- Calcomp
- Cadkey
- Computervision
- Control Data
- Applicon
- Cadam
- Calma
- Dassault
- Gerber
- Graftek
- Hewlett Packard
- IBM
- Intergraph
- McDonnell Douglas
- Versacad
- Xerox

● CAE (Análisis) para diseño Mecánico

- Algor
- Aries
- CADAM
- HP
- IBM
- Intergraph
- MCS
- MSC
- Swanson Analysis

● CAM (Manufactura) para Diseño Mecánico

- CADAM
- Calma
- Cimlink
- Computervision
- IBM
- Intergraph

---

- McDonnell Douglas

● CAD para Diseño de Circuitos Impresos

- Cadnetix
- Calma
- Computervision
- Daisy
- Gerber
- HP
- IBM
- Intergraph
- McDonnell Douglas
- Mentor Graphics
- Summa Technologies
- Tektronix
- Xerox

● CAE para Circuitos Impresos

- Calma
- Daisy
- Gerber
- HP
- Intergraph
- MCS
- Mentor Graphics

● CAM para Circuitos Impresos

- Computervision
- Daisy
- Gerber
- IBM
- Intergraph
- Mentor Graphics

● CAD para Diseño de Circuitos Integrados

- Applicon
- Cadnetix
- Calma
- Daisy

- IBM
- Intergraph
- Mentor Graphics
- Tektronix
  
- CAE para Circuitos Integrados
  - AIDA
  - Calma
  - Daisy
  - IBM
  - Mentor Graphics
  
- CAM para Circuitos Integrados
  - Daisy
  - IBM
  - Intergraph
  
- CAD para Diseño de Arquitectura
  - Applicon
  - Autodesk
  - Computervision
  - Dassault
  - IBM
  - Intergraph
  - Cadkey Systems
  - Summa Tech.
  - Xerox
  - Versacad
  
- CAE para Arquitectura
  - Dassault
  - IBM
  - Intergraph
  - Cadkey Systems
  - Xerox
  
- CAD para Ingeniería Civil y Diseño de Plantas
  - Autodesk
  - Calcomp

- Calma
- Computervision
- Dassault
- IBM
- Intergraph
- Mc Donnell Douglas

- CAE para Ingeniería Civil y Diseño de Plantas

- Calcomp
- Calma
- Computervision
- IBM
- Intergraph
- MCS

- CAD para Cartografía

- Algor
- Autodesk
- Calcomp
- Calma
- Computervision
- Dassault
- IBM
- Intergraph
- McDonnell Douglas
- Xerox

- CAD para Documentación Técnica

- Applicon
- Computervision
- Dassault
- Gerber Systems
- HP
- IBM
- Intergraph
- Mentor Graphics

- Educativa

- Autodesk

- Dassault
- HP
- Versacad

Existen algunos paquetes que debido a su naturaleza y estructura son aplicables a más de un área, como puede ser un paquete de análisis de esfuerzos en materiales puede ser aplicado lo mismo para un proyecto mecánico como para un proyecto de ingeniería civil, o bien un programa de diseño y análisis de elementos de transferencia de calor, puede ser aplicable a un proyecto mecánico o de diseño de plantas.

**Por Equipo de Aplicación:**

● **Mainframe IBM**

- Cadam
- Computervision
- IBM
- McDonnell Douglas
- MCS
- MSC
- Swanson Analysis

● **Equipos VAX (Digital Equipment Corp.)**

- Algor
- Applicon
- Calma
- Graftek
- Intergraph
- McDonnell Douglas
- MCS
- MSC

● **Estaciones de Trabajo: Sun, Silicon Graphics, HP**

- McDonnell Douglas
- MCS
- MSC
- Algor
- Applicon
- Calma
- Graftek
- SRDC
- Mentor Graphics

● Computadoras Personales Compatibles (PCs):

- Algor
- Aries
- Autodesk
- Cadam
- Calcomp
- Computervision
- Control Data
- Daisy
- IBM
- Intergraph
- McDonnell Douglas
- MCS
- Mentor Graphics
- Cadkey Inc.
- Swanson Analysis
- Versacad

● Computadoras Macintosh

- Ashlar
- Claris
- MacDraw
- Minicad
- Spice

Por Rango de Precio

● Sistemas entre \$50,000 y \$100,000 USD

- Applicon
- Calcomp
- Calma
- Computervision
- Control Data
- Daisy
- Gerber Systems
- Hewlett Packard
- IBM
- Intergraph
- McDonnell Douglas

- MCS
- Mentor graphics
- MSC
- Tektronix

● Sistemas entre \$20,000 y \$50,000 USD

- Applicon
- Aries
- Calcomp
- Calma
- Computervision
- Control Data
- Daisy
- Gerber Systems
- HP
- Intergraph
- McDonnell Douglas
- MCS
- Mentor graphics
- Summa Technologies
- Tektronix

● Sistemas abajo de \$20,000 USD

- Adra
- Algor
- Applicon
- Autodesk
- Calcomp
- Control Data
- Daisy
- Dassault
- HP
- IBM
- Intergraph
- McDonnell Douglas
- MCS
- Mentor Graphics
- Cadkey Inc.

- Tektronix

- Versacad

- Xerox

Los rangos de precio estimados incluyen el equipo mínimo indispensable para correr todos los módulos y capacidades del sistema ofrecido por la firma señalada, por lo que es posible considerar al menos una estación de trabajo con todos sus accesorios incluyen un graficador.

**Proveedores de software**

A continuación se presenta una lista de programas de CAD para PC con datos de sus proveedores para ser contactados: (15)

**AUTOCAD & GENERIC CADD**

Autodesk Inc.

Marina Plaza Business Ctr.

Sausalito, CA 94965

415 332 2344

**CADKEY & DATA CAD**

Cadkey Inc.

4 Griffin Road North,

Windsor, CT 06095

203 298 8888

**DESIGNCAD 2D & 3D**

American Small Business Inc.

327 S. Mill St., Pryor, OK 74361

918 825 4844

**MICROROCADAM & PROFESIONAL CADAM**

CADAM Inc.

1935 Buena Vista ST., Burbank, CA

91504, 818 841 9470

**MICROSTATION**

Intergraph Corp.

1 Adison Industrial Pk.,

Huntsville, AL 35807

205 772 2000

**PROFESIONAL DESIGNER**

Computervision Corp., Personal Systems  
Prime Division  
100 Crosby Dr., Bedford, MA 01730  
617 275 1800

**VERSACAD & EASYCAD**

Versacad Corp.  
2124 Miami St., Huntington Beach,  
CA 92648  
714 960 7720

A continuación se presenta una lista de proveedores de programas de CAE con sus datos para ser contactados:(16)

**Algor Interactive Systems-**

Essex House L1  
Essex Square  
Pittsburg, PA 15206

**Hewlett Packard**

Design Systems Group  
3404 E. Harmony Rd.  
Fort Collins, CO 80525

**MacNeal- Schwendler Corp.**

815 Colorado Blvd.  
Los Angeles, CA 90041  
Swanson Analysis Systems Inc.  
P.O. Box 65  
Houston, PA 15342

**Proveedores de equipo**

En lo que respecta a los proveedores solo de equipo, ya se han mencionado previamente en este capítulo algunos datos y nombres de fabricantes de equipo tanto de PCs, de estaciones de trabajo, como de equipo periférico. Sin embargo cabe mencionar que en el rubro de las estaciones de trabajo la segmentación de mercado esta cambiando de acuerdo a la siguiente tabla: (14)



1990	1992	Fabricante
5.0%	5.8%	IBM
5.4%	3.5%	Silicon Graphics
6.8%	7.8%	Intergraph
12.6%	9.4%	Otros
17.7%	17.4%	DEC
22.7%	28.5%	HP
29.8%	27.6%	Sun Microsystems
100.0%	100.0%	

#### Datos de Dataquest 1992 Dic.

Algunos datos de mercado presentados a continuación muestran el auge de las estaciones de trabajo que siguen siendo el medio más eficiente para la aplicación de sistemas CAD:

En Europa Occidental, el consumo de workstations creció de 1.1 billones de dolares en 1988 a 2.5 billones en 1992. En el Japón se vendieron 810,000 unidades en 1986 y en 1991 se vendieron 2,000,000 de unidades. En Canada, las ventas de workstations se incrementaron de 36 millones de dolares en 1986 a 83 millones de dolares en 1990. En Francia, las ventas fueron de 150 millones de dolares en 1988, de 228 millones de dolares en 1989 y de 326 millones de dolares en 1990, y asimismo se presentó un incremento de 37% en los volúmenes de venta de workstations de 1989 a 1993. En total en el mundo las ventas hechas por EUA fueron en 1986 de 1,425 millones de dolares, en 1987 de 1,860 millones de dolares y en 1991 de 2,772 millones de dolares. Otros fuentes muestran que en el mundo las ventas totales en 1989 fueron de 6,500 de millones de dolares, en 1990 de 10,100 millones de dolares y en 1993 se pronostica sera de 27,300 millones de dolares. Estos datos muestran claramente el vertiginoso mercado que representan las estaciones de trabajo aplicadas a el diseño auxiliado por computadora, así como también son reflejo directo del número creciente de instalaciones de sistemas CAD en el mundo. (17)

Apartir de estas listas es posible ir seleccionando las firmas que pertenecen a los grupos que van cubriendo los requerimientos del sistema a implementar en los rubros de aplicación, equipo, costo y función

El cuadro siguiente presenta un panorama general de los proveedores existentes en el mercado de acuerdo a las diferentes clasificaciones examinadas anteriormente. Este cuadro fue creado expresamente para la realización de este proyecto de implementación, analizando la información disponible por varios estudios de mercado, y es utilizado el capítulo de selección del sistema para CAD. EL círculo de central encierra a los mejores proveedores de cada clasificación de acuerdo a la opinión de varias fuentes como Dataquest, Daratech y otros organismos que se encargan de evaluar los sistemas que aparecen en el mercado. El uso del círculo central es de gran ayuda para seleccionar lo mejor que existe en el mercado y someterlo a posteriores evaluaciones para aplicaciones específicas.

2.5.2 ) Método de evaluación, prueba y selección de sistemas a "Benchmarking"

Una correcta y exitosa ejecución de este tipo de proyectos de implantación de sistemas de diseño auxiliado por computadora, depende en gran medida de la correcta selección del sistema con que el que trabajara. Esta etapa del proyecto se caracteriza por los siguientes puntos: (18)

- Planteamiento de las necesidades inmediatas y futuras expansiones y debe contener los siguientes puntos:
  - una lista de tareas de dibujo y/o diseño que pueden ser automatizadas inmediatamente.
  - una lista de personas y/o departamentos que pueden ser los responsables de alguna de las etapas o actividades de automatización, por ejemplo las tareas que pueden ser desempeñadas por dibujantes, diseñadores de producto, diseñadores de herramientas, ingenieros, programadores de computación e ingenieros de sistemas.
  - un programa para implementación del plan
  - un estimado preliminar (muy general) de los costos y ahorros que la automatización implicaran
- Determinación de los requerimientos indispensables y deseables en el sistema

System evaluation addresses the concept of "Must Requirements" and "Want Requirements"

**MUST REQUIREMENTS:** All systems must satisfy all of the "Must Requirements" or system does not follow further evaluation.

	COMPUTERIZATION	INTERGRAPH	I. B. M.
-1- 3 dimensional mechanical design & drafting	YES	YES	YES
-2- Good dimensional software package	YES	YES	YES
-3- Minimum 8 layers of assembly capability	YES	YES	YES
-4- Automatic nesting capability	YES	YES	NO (See note)
-5- System expandable to minimum 4 work stations	YES	YES	YES
-6- Digitizing	YES	YES	YES
-7- Able to add several cheap terminals	YES	YES	YES
-8- Full 3 dimensional tool design capability	YES	YES	YES
-9- Able to net work with customer	YES	YES	YES

● Establecimiento del plan de acopio de información

Es necesario plantear un procedimiento ordenado de adquisición de la información, puesto que no es conveniente que en etapas prematuras del proceso de selección del sistema, se haga contacto directo con los proveedores que trataran de convencer por todos los medios y en el menor tiempo posible que su sistema es el mejor, quitando tiempo muy valioso y objetividad a la evaluación. Y por otro lado será muy lamentable, tomar una decisión precipitada sin haber conocido todas las opciones existentes en el mercado, por no haber consultado fuentes de información general como revistas especializadas, índices de fabricantes, catálogos de sistemas y presentaciones en congresos y simposios.

A continuación se listan una serie de actividades que se sugieren llevar a cabo como etapa inicial de familiarización y de adquisición de información del mercado de sistemas CAD:

- Consulta de magazines y revistas generales de ingeniería como Design News, Machine Design, Mechanical Engineering, Computer World, Byte, PC Magazine, etc en números o ediciones donde se muestren evaluaciones de sistemas para CAD disponibles en el mercado, y solicitud de información adicional de los sistemas más interesantes, para recibir posteriormente los folletos, panfletos con mayores detalles de los mismos y de ser posibles programas de demostración "demos".
- Consulta publicaciones especializadas como CAD report, PC CAD, IGUG International Magazine, Daquest Market Reports, Darateck reports, Workstations Magazine.
- Consulta de índices de mercado internacionales.
- Asistencia a seminarios, simposios, congresos y presentación de nuevas versiones de programas o equipos organizadas por las firmas fabricantes o comercializadoras.

● Refinamiento de la especificación de requerimientos del sistema

Una vez que se han seleccionado un grupo reducido de 3 o 4 sistemas de CAD (programas y equipo) con la primera información obtenida se realizan las siguientes actividades:

- Se enlistan las características de cada paquete y equipo que se seleccionaron como interesantes y se utilizan para verificar o complementar los requerimientos del sistema que se plantearon en un principio.

● Primera evaluación y selección de sistemas

- Se clasifican todas estas características generales en dos grupos: las "indispensables" y las "deseables".
- Con la nueva especificación de requerimientos de sistema obtenida se califican los paquetes y equipos seleccionados, eliminando aquellos que no cumplen con requisitos "indispensables", aunque cumplan con los "deseables".
- Con los paquetes y equipos que quedan, se hace contacto con los proveedores para investigar más detalles acerca de requerimientos mínimos para su instalación, los

costos iniciales de instalación, los costos de mantenimiento, las posibilidades y costos de expansión y crecimiento del programa ò equipo. Asimismo se establece la primera cita con el proveedor para hacer pruebas directas sobre el programa ò el equipo, pruebas que se describen en el siguiente apartado

● Especificación del método de selección y pruebas sugeribles para programas de CAD: (5)

A continuación de enumeran una serie de pruebas típicas que se aplican a los sistemas de dibujo y diseño auxiliado por computadora cuando comienza la etapa de visitas de los proveedores de programas y sesiones de demostración de los mismos:

- Creación de los elementos básicos ò primitivas del sistema por los métodos de determinación de tamaño y posición manual y de valores numéricos específicos.
- Verificación de la facilidad de construcción de trazos y entidades tangentes, perpendiculares, anguladas, intersectadas.
- Verificación de la facilidad de edición de entidades existentes al ajustar su tamaño, al crear copias ò arreglos rectangulares y circulares, cambio de color, tipo y grosor de líneas.
- Verificación de facilidad del llamado de patrones ò combinación archivos
- Creación de spatrones ò símbolos de uso frecuente y su recuperación.
- Prueba de definición y aplicación de ashurados ò rayados de simbología de materiales en curvas cerradas.
- Creación y edición de textos
- Prueba del sistema de acotado: manual, semiautomático y automático.
- Prueba del sistema de determinación de tolerancias: bilaterales, unilaterales ò límites.
- Verificación del sistema de comandos inmediatos y de la creación y aplicación de macros.
- Verificación y evaluación del sistema de creación de vistas y de su presentación en pantalla,
- Verificación del sistema de definición y uso de layers ò niveles, y de las opciones para la selección de entidades como ventanas ò cercas, selección secuencial y selección por mascarillas.
- Comprobación de las funciones de cálculo y verificación de atributos: distancia entre puntos, entre distancias cálculo de perímetros, área de superficies, momentos de inercia y si es aplicable también volumen de cuerpos.
- Creación de cortes de geometrías en 3D y definición de vistas no ortogonales. Supresión de líneas ocultas.

Estas pruebas se pueden llevar a cabo como actividades independientes sin basarse en un dibujo común, o bien, aún más recomendable se puede hacer sobre un dibujo de ingeniería típico que debe ser un caso preseleccionado y representativo del trabajo que se pretende automatizar.

- Ponderación de la importancia de los requerimientos caracterizados evaluación y selección final. (18)

Una vez que se han sometido a prueba cada uno de los sistemas que reunieron los requerimientos indispensables de la especificación del sistema deseado para implantar, se utilizara el sistema de "ponderación" de "Kepner-Tregoe", que se describe a continuación:

- Elabórese un cuadro con una lista del lado izquierdo con todas las características numeradas en la última especificación de sistema requerido elaborada.
- Asígnese en una columna adyacente a la lista la importancia que cada una de las características tiene para el sistema que se requiere, en una escala de 1 (poco importante) al 5 (extremadamente importante).
- En el renglón superior coloquense cada uno de los sistemas seleccionados de tal manera que les corresponda una columna a cada uno.

**WANT REQUIREMENTS:** From the "Want Requirements" evaluations ComputerVision and Intergraph are in need of further evaluation.

1. Without considering specific system, assigned a "Importance factor" defines to how important it is to do our applications (scale 1-10).
2. Rated each system with "alternative factor" defines to how well it will satisfy our requirements (scale 1-10).
3. Multiply the "Importance factor" and "alternative factor".
4. Total the entire score.

	IMPORTANCE FACTOR	COMPUTERVISION			INTERGRAPH		
		ALT. FACTOR		SCORE	ALT. FACTOR		SCORE
1. Technology update	7	6	16 Bit. 3 Dim	42	9	32 Bit. 3 Dim	63
2. After service	9	9	Very Good	81	9	Very Good	81
3. Software availability	6	9	Best	54	7	Good	42
4. Third party software adoptability	6	3	Limited for V-2	18	8	Very Good	48
5. Technical support	7	7	Good	49	6	Fair	42
6. User's group	7	7	Local National	49	7	Local National	49
7. Training	8	8	Good local training center	64	7	Good	56
8. Instructional publication	6	8	Best	48	7	Very Good	42

Método de Evaluación por Ponderación

- Evalúese de acuerdo a la experiencia obtenida en las entrevistas y sesiones de prueba con los proveedores, que tan bien cada uno de los sistemas (programas o equipo) satisfacen cada una de las características listadas en la primera columna, con una escala del 1 (mal) al 5 (excelente).
- Multiplíquense los factores de importancia con los factores de satisfacción de cada característica y cada opción del sistema.
- Obténganse los totales para cada opción y selecciónese la opción con resultado más alto.

Para poder llevar a cabo una evaluación objetiva es necesario pedir la opinión de todos los departamentos que se verán afectados por la implantación del sistema de CAD. Esto involucrará de tal manera a los directamente afectados, que ellos sentirán haber sido considerados para la toma de decisiones de tal manera que estarán interesados en participar en las etapas iniciales de entrenamiento e implementación del sistema, una vez que este haya sido adquirido e instalado.

A continuación se proporciona una lista de chequeo para facilitar la evaluación de las características de los sistemas en consideración:

### Creación de Dibujos:

- Velocidad de respuesta en la creación y edición de líneas, arcos y textos.
- Simplicidad de los comandos para ejecutar operaciones frecuentes.
- Velocidad en la manipulación de entidades al moneto de traslados y rotaciones.
- Facilidad de creación de símbolos.
- Tiempo requerido para recuperar un dibujo.
- Disponibilidad de símbolos estandarizados como simbología de materiales, dimensionamiento geométrico, etc.
- Velocidad en la manipulación de pantalla al ejecutar zooms o paneos.
- Asociatividad geométrica.
- Borrado selectivo de entidades.
- Capacidades de ajuste de curvas.
- Relleno automático de áreas con simbología de materiales y asurados.

Además de la caracterización de las cualidades del programa de CAD, es necesario evaluar la calidad de servicio y soporte que los proveedores del equipo, del programa o de ambos, en el caso de los proveedores de sistemas de llave en mano, pueden proporcionar. Es indispensable determinar el nivel de dominio que el distribuidor tiene acerca del sistema, así como su agilidad, prontitud y disponibilidad que tiene para resolver dudas y problemas tanto vía telefónica como en visitas de personales de agentes de servicio en la propia planta. Esto es posible de ser determinado al momento de la evaluación final, mediante la obtención de una lista de actuales clientes y usuarios del

sistema propuesto. Una entrevista con algunos de ellos, proveera de mayor objetividad ciertos aspectos del sistema y del distribuidor del mismo.

Otro aspecto que hay que evaluar muy detenidamente, es el tipo y claridad de cursos de entrenamiento y manuales de consulta del sistema. Estos deben ser lo suficientemente claros y ágiles para obtener un conocimiento y entendimiento suficiente para reducir lo mas posible la curva de aprendizaje y la solución de problemas debidos a la etapa de familiarización de los usuarios con el CAD.

En lo que respecta a los costos, se pueden mencionar las siguientes consideraciones de costo que deben ser actualizados:

- costo del programa
- costo del equipo
- costo por asiento
- costo de instalación y personalización del sistema
- costo de mantenimiento del equipo
- costo de mantenimiento del programa
- costos de operación
- costos de entrenamiento
- costo de consumibles
- costos miscelaneos e imprevistos (10% del presupuesto total)

	COMPUTERVISION	INTERGRAPH	I B M
System	Designer Y-X	VAX 11 / 730 with Interact workstation	IBM 4331 With 5080 Graphic System
Hardware with Plotter	\$ 206,282	\$ 197,000	\$ 258,000
Software	\$ 75,142	\$ 36,050	\$ 104,159
Training	Included	Included	\$ 4,650
Digitizer	Included	Included	\$ 15,000
Installation	\$ 4,000	\$ 8,000	\$ 4,000
TOTAL	\$ 285,424	\$ 241,050	\$ 383,809
Monthly Maintenance Charge	\$ 3,150	\$ 1,740	\$ 3,585
Cost Per Work Station	\$ 45,000 (Monochrome) \$ 53,000 (Color)	\$ 44,000 (Monochrome) \$ 56,000 (Color)	\$ 30,000
Cost Per Software (approx)	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 10,000
Max Work Station on System	6	4	20

Evaluación de costos de tres paquetes

**Costo por asiento:**

El "costo por asiento" es un criterio de evaluación del costo de un sistema. Este criterio consiste en tomar en cuenta el costo total que requiere para tener en funcionamiento una estación de trabajo o plaza de operación. Este criterio de evaluación del costo de sistemas es muy útil cuando se califican sistemas que pueden ser instalados en red y sistemas que requieren de un equipo autónomo (standalone) con sus propios recursos de software y de hardware para operar eficientemente. Por ejemplo, existen sistemas específicamente diseñados para correr en una red, en donde existen una o más licencias para los diferentes módulos de que puede estar comprendido el sistema de CAD. Cuando se compra una licencia de cada módulo del programa como puede ser modelado por sólidos, dibujo y detallado, y análisis, se puede decir que se ha comprado una sola licencia para toda la etapa de diseño; en vista que de que estas licencias solo pueden correr en una máquina a la vez, pueden darse los casos de poder adquirir de una a tres máquinas para asignar cada uno de los módulos a una de las máquinas respectivamente o bien compartir su uso alternativo entre las dos posibles máquinas adquiridas. Esto muestra las diferentes posibilidades de prorratear el costo de los tres módulos ya sea en una sola, dos o tres máquinas. En el caso de adquirir más licencias para dar la posibilidad de correr el mismo módulo en dos o varias máquinas a la vez, el costo total de todas las licencias se dividiría por el número de estaciones de trabajo que estuvieran en posibilidad de usarlas, más el costo del hardware requerido por cada estación o puesto de trabajo para operar el módulo requerido.

Existen otros sistemas que posibilitan el acceso simultáneo a un número limitado de máquinas al mismo programa, por lo que el costo de este programa deberá ser prorrateado entre el número de máquinas existentes capaces de utilizar dicha capacidad del programa más cada uno de los dispositivos periféricos y accesorios de cada una de las máquinas, para obtener el costo por asiento. De esta manera, la expresión matemática que definiría el costo por asiento sería la siguiente:

$$\begin{aligned} \text{Costo por Asiento} = & (\text{Costo de programa} + \text{Costo de periféricos compartidos} + \\ & + \text{Costo unidades de almacenamiento}) / \text{No. puestos} + \\ & + \text{costo de periféricos y accesorios exclusivos del puesto de trabajo} \end{aligned}$$

Por otro lado, se deben de tomar en cuenta también los ahorros anualizados, que el sistema provea y que justifiquen en gran parte el proyecto de de implantación de un sistema CAD:

- ahorros de labor de ingeniería directa
- ahorros e incremento en los ingresos debido a reducción de ciclos de diseño.
- ahorros debido a la reducción de errores en manufactura por falta de precisión en el diseño.
- ahorros en costo de evaluación de alternativas sin necesidad de fabricación de modelos en etapas iniciales de desarrollo de nuevos productos.
- ahorros por la generación de productos derivados basados en bases de datos de productos ya existentes.

La contabilización de estos ahorros serán particularmente útiles, si para la justificación del proyecto se utiliza la técnica evaluación económica de proyectos de Costo-Beneficio, que se explicará en el siguiente capítulo.

## RESÚMEN DEL CAPÍTULO Y CONCLUSIONES

- El origen del Diseño Auxiliado por Computadora es una consecuencia de los adelantos y procedimientos creados por el Control Numérico

- Este planteamiento nació estableciendo que también el proceso de diseño es un procedimiento iterativo que consiste de 6 marcadas etapas :

- 1) Identificación de la necesidad
- 2) Definición del Problema
- 3) Síntesis
- 4) Análisis y Optimización
- 5) Evaluación
- 6) Presentación

Para ello la computadora es capaz de apoyar en gran medida a tareas fundamentales que lo que era el ciclo iterativo del método prueba error y que ahora se ha convertido en el método de optimización constante :

Modelado Geométrico

Análisis de Ingeniería

Revisión del Diseño, Evaluación y Optimización

Dibujo Automatizado

### Beneficios destacables de la aplicación de CAD

- Mejoramiento de la productividad:
- Tiempos de proceso y de espera más cortos
- Respuesta ágil a cambios y actualizaciones urgentes.
- Simplificación de la documentación requerida por el desarrollo de producto.
- Incremento en el nivel de estandarización de la información
- Auxilio efectivo en la inspección de partes complejas
- Diversificación de los tipos de visualización, representación más clara de las partes diseñadas.
- C.A.D. es el acrónimo de Diseño Auxiliado por Computadora (Computer Aided Design), que puede ser definido como la aplicación de recursos de hardware ó equipo de cómputo y software ó programas especializados, al auxilio de las funciones de diseño de diversas disciplinas como pueden ser la arquitectura y la ingeniería en sus diferentes ramas, mediante el uso de las ventajas de la computación gráfica .

- Hardware:

Es el equipo que compone al sistema, y con el cual, se introduce la información, se procesa y es posible almacenar o bien producir copias (hardcopies) en medios visuales o magnéticos. Este equipo puede ser dividido en varios subconjuntos de acuerdo a su función:

- \* dispositivos de entrada: medios de introducción de la información
  - \* unidades de procesamiento
  - \* accesorios de especialización: coprocesadores, tarjetas gráficas, etc.
  - \* dispositivos de salida: de visualización, de reproducción y transferencia
  - \* dispositivos de almacenamiento: discos duros, cintas magnéticas y discos ópticos
- el rápido desarrollo de las microcomputadoras, ha ido adoptando estos atributos, dejándolos de hacer exclusivos a las workstations. Estos hechos han ido desvaneciendo poco a poco las fronteras entre las PC's y las workstations; más aún, entre los precios de cada plataforma, existe ya muy poco margen de diferencia en la inversión requerida.

### - Software:

Es el conjunto de programas que permiten el acceso a los recursos de hardware, que controlan el tránsito de información que accesa al sistema, que transforman y procesan los datos introducidos y que ejecutan algunas de las funciones anteriores.

El software que maneja un sistema de cómputo también puede ser dividido de acuerdo a las funciones mencionadas en:

- \* Sistemas Operativos
  - \* Lenguajes de programación
  - \* Ambientes o Programas multitarea
  - \* Programas de Aplicación
  - \* Utilerías: administradores de archivos, vacunas antivirus
  - \* Programas de Comunicación (Protocolos)
- Existen diferentes criterios de clasificación de los programas de diseño y dibujo auxiliado por computadora, estos son principalmente:

### - Por área de Aplicación:

- Dibujo General
- Dibujo y diseño Arquitectónico
- Dibujo y diseño Mecánico
- Dibujo y diseño de Circuitos impresos
- Dibujo y diseño de Redes de Tubería
- Dibujo y diseño para el diseño gráfico
- Análisis de mecanismos

Análisis de esfuerzos

Análisis de circuitos eléctricos

Análisis de moldeo

Análisis de transferencia de calor

Análisis cartográfico y otros

- Por Función:

Dibujo 2D

Dibujo 2y1/2D

Dibujo y diseño 3D con wireframe

Diseño con Modeladores 3D de superficies y de sólidos

Análisis de diferentes áreas

Estos tipos de programas CAD fueron descritos previamente en el inciso del proceso de diseño de ingeniería.

- Por alcance :

2D Low Cost, Low End: MathCad, EasyCad, DesignCad, MacDraw, MiniCad

3D High End, High End: Autocad, Cadkey, Microstation, VersaCad

Análisis 2D

Análisis 3D

- Se puede decir que los paquetes de CAD cuentan con un conjunto de funciones básicas que son:

- Creación

- Edición

- Verificación

- Manipulación de Pantalla y Herramientas auxiliares

- Controles y parámetros del sistema

- Manejo y administración de archivos

- Otras funciones

- El mercado de CAD está dividido básicamente en 2 grupos, uno de ellos es el de los proveedores de "soluciones integrales" o "sistemas llave en mano" (turnkey) que proporcionan la combinación de programa y equipo requerido para satisfacer los requerimientos del sistema CAD establecido por el cliente; el otro grupo de proveedores está comprendido por aquellos que distribuyen los programas y/o el equipo por separado, pero en la mayoría de las veces no proveen la solución completa de adaptación entre el equipo, el programa y los requerimientos que el cliente ha establecido para el sistema de CAD.

- Una correcta y exitosa ejecución de este tipo de proyectos de implantación de sistemas de diseño auxiliado por computadora, depende en gran medida de la correcta selección del sistema con que el que trabajará. Esta etapa del proyecto se caracteriza por los siguientes puntos:

• Planteamiento de las necesidades inmediatas y futuras expansiones

• Determinación de los requerimientos indispensables en el sistema

- Establecimiento del plan de acopio de información
- Refinamiento de la especificación de requerimientos del sistema
- Primera evaluación y selección de sistemas
- Especificación del método de selección y pruebas sugeribles para programas de CAD
- Ponderación de la importancia de los requerimientos caracterizados evaluación y selección final.



**La Manufactura Integrada  
por Computadora  
C. I. M.**

---

## CAPITULO 3

---

# MANUFACTURA INTEGRADA POR COMPUTADORA: "CIM"

---

### OBJETIVO DEL CAPITULO:

Describir el entorno al que pertenece la tecnología CAD, para poder aplicar los principios de implantación y operación.

- Plantear la relación e importancia que la tecnología CAD tiene dentro del concepto de Manufactura Integrada por Computadora (CIM).
- Definir el concepto de CIM y las tendencias de la fábrica del futuro.
- Describir la naturaleza e importancia los elementos que componen al CIM.
- Explicar la aplicación de nuevas filosofías de operación en combinación con el CIM.
- Determinar el proceso típico de implantación de un proyecto de nueva tecnología.
- Conocer los métodos de evaluación de alternativas y de administración de proyectos.

### 3.1) RELACION DEL CAD Y EL CIM E IMPORTANCIA DEL CONCEPTO CIM

---

Siendo el CAD una actividad basada primordialmente en la aplicación de la computadora a tareas del diseño en la ingeniería, este, forma parte de un concepto más amplio que es el de la "manufactura integrada por computadora" (CIM), que aplica la computadora a actividades no solo de diseño, sino de manufactura, calidad y administración de la producción. Por ello, muchos de los conceptos de implantación y justificación económica que se utilizan para evaluar e instalar los diferentes elementos (CAx = actividad auxiliada por computadora) de un sistema de manufactura integrada por computadora en una empresa, son directamente aplicables y transferibles a la implantación de un sistema de diseño auxiliado por computadora. De hecho, la base de datos que se crea en la etapa de diseño, por el sistema CAD, es factor central del proceso de creación y manufactura de un producto a través de la empresa.

El concepto de CIM se vuelve importante en la medida que los procesos productivos y de ingeniería se empiezan a tornar más concurrentes al extenderse el uso de información común, compartida en forma electrónica por los diferentes departamentos de la empresa. Este concepto de la fábrica del futuro empieza a transformar los métodos de trabajo de las fábricas del presente que buscan reducir sus ciclos de introducción de nuevos productos con mayor calidad y al menor costo posible en un mercado de mayor competencia internacional y creciente división del trabajo.

La importancia de este capítulo radica en entender la trascendencia que tiene la presencia de un sistema CAD

Los conceptos de evaluación, justificación económica e implantación descritos en este capítulo, serán aplicados en el capítulo del caso de estudio de este trabajo, enfocado particularmente a la implantación de un sistema de diseño auxiliado por computadora.

### 3.2) DEFINICION DEL CIM (1)

CIM es la computarización y automatización completa del proceso de manufactura desde la recepción de órdenes hasta el embarque de producto. En el sentido más amplio posible, el CIM se puede definir como la aplicación empresarial de los conceptos de "simplificación", "automatización" e "integración", que permiten agilizar los procesos de negocio de las empresas, mediante el uso combinado de técnicas, filosofías y tecnología contemporáneas.

El concepto de CIM se basa en la existencia y uso común de una misma base de datos, por parte de todos los departamentos de una empresa: ventas, ingeniería del producto, ingeniería del proceso, programación y control de la producción, compras, manufactura, control de calidad, etc. O bien en concepto descentralizado se puede decir que el CIM integra los flujos de información de varias bases de datos y los combina con la automatización de equipos (CAD, CAPP, CNC, DNC, CMM, AMH, CAQ, etc.) y procesos completos (GT, FMS, MRPII, JIT, etc.)

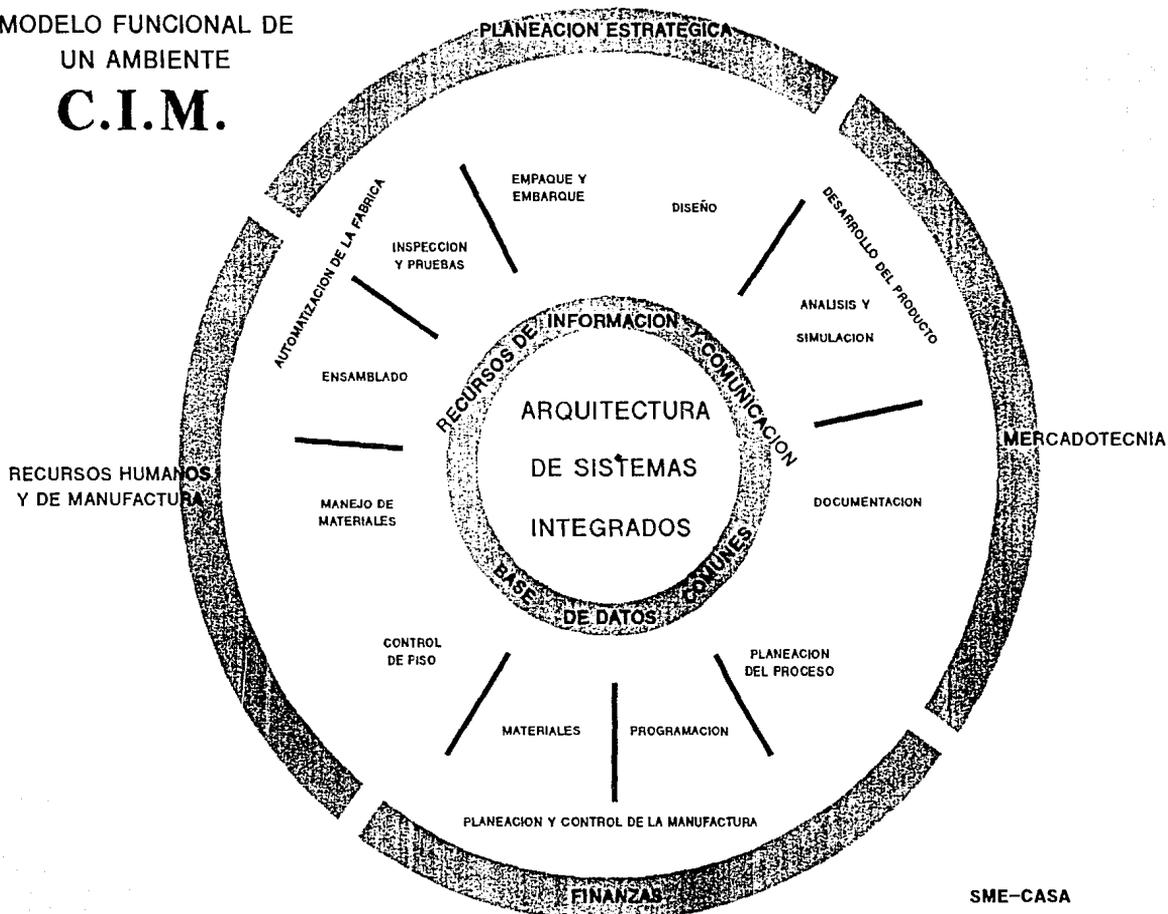
De esta manera el concepto de CIM implica, la integración del equipo productivo de la planta y los sistemas de información, administración y toma de decisiones de la empresa, por medio de computadoras; lo que implica, extender al sentido más amplio posible el término de "manufactura"; pues debe abarcar desde la solicitud del pedido, la requisición de producción, el diseño, la planeación del proceso, la programación de las máquinas, el control de la producción, el control de la calidad, hasta el embarque. El CIM automatiza el flujo de la información a través de los procesos productivos de la empresa y los enlaza posteriormente con los administrativos.

Sin embargo, para muchos esta definición es tan ambigua como la amplitud de las áreas a las que comprende. Por ello frecuentemente es tomado como un concepto "abierto" que depende mucho del enfoque que se le dé. Así mismo, debido a esta ambigüedad, se le da diversos caracteres como la de "filosofía", "tendencia", "proyecto", "proceso", "sistema", "estrategia", "actitud"; aunque todos estos enfoques se encaminan hacia la integración de la fábrica por medio de automatización por computadora.

### 3.3) OBJETIVO DEL CIM:

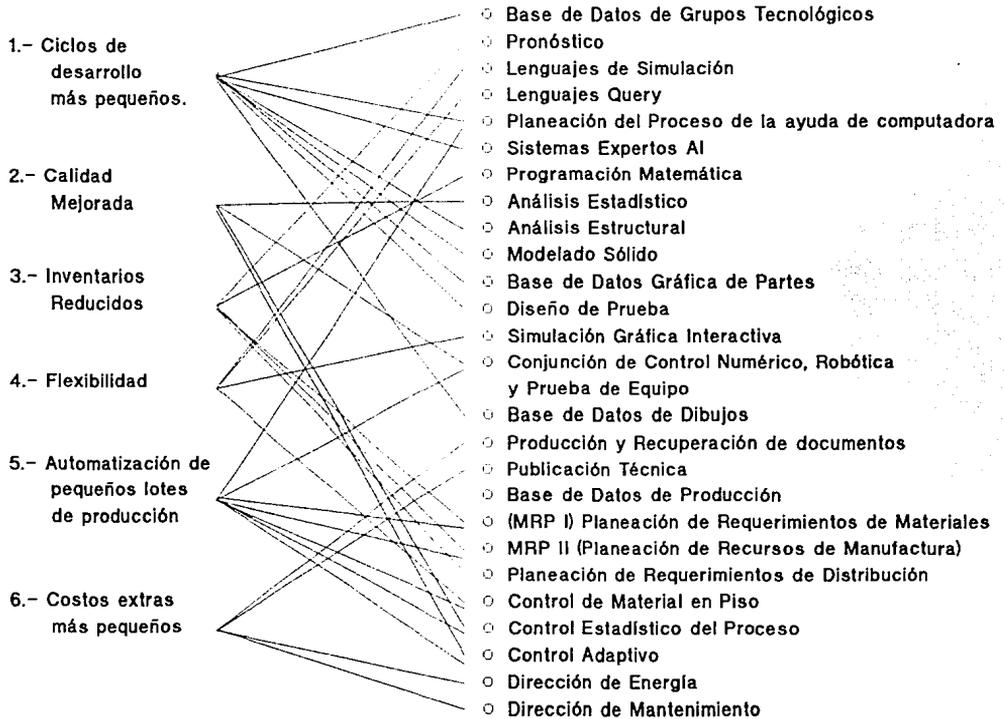
Uno de los objetivos que persigue es el de optimizar los recursos de la manufactura mediante el uso oportuno y preciso de la información. Bajo este objetivo se toma en cuenta que el desarrollo de la electrónica ha incorporado muchos de sus beneficios al área productiva, pero en forma aislada, este es el caso de las máquinas herramientas de control numérico (CNC), máquinas de medición por coordenadas (CMM), de la adaptación de muchas máquinas convencionales a la automatización por medio de los controles de lógica programable (PLC's), de sistemas de manejo y almacenaje automáticos (AS&RS y AMH), de sistemas de diseño, análisis y dibujo por computadora (CAD/CAE), de sistemas de planeación y control de la producción (CAPP), etc. Todos estos, cuando se llegan a encontrar, (rara vez en su conjunto), se hallan como las llamadas

MODELO FUNCIONAL DE  
UN AMBIENTE  
**C.I.M.**



## OBJETIVOS Y PRIORIDADES CIM

## APLICACIONES DE CIM



"Islas de Automatización", que por separado brindan grandes beneficios al proceso productivo, pero que sin embargo, poseen un alto potencial de desarrollo mediante el enlace electrónico y la intercomunicación o uso compartido de una base de datos común.

Esto hace que la piedra angular de un sistema CIM sea el transferir y compartir información entre varios departamentos, a través del proceso productivo por medios electrónicos.

Cabe señalar que el concepto de CIM sigue siendo en gran parte teórico, debido a que actualmente existen muy pocas empresas que han podido automatizar parte de sus procesos y sistematizar parte de la información que fluye a través de la empresa (General Electric, John Deere, Ingersoll Rand).

### 3.4) ESTRUCTURA, ARQUITECTURA Y ELEMENTOS

#### 3.4.1) Estructura:

Durante los años 60's y 70's la tendencia al uso de computadores centrales en aplicaciones puramente administrativas tuvo un auge preponderante, debido a los altos costos de los equipos y la escasa flexibilidad de los programás para realizar otras funciones diferentes a las rutinarias requeridas en la contabilidad, facturación o nóminas. Pero gracias a los vertiginosos desarrollos de la electrónica, la reducción de costos y aumento de las capacidades del equipo, en especial de la aparición de las PC's (Personal Computer) en los 80's, hizo posible aumentar la disponibilidad de las computadoras a las áreas técnicas y operativas, y asimismo permitió emigrar al concepto de "sistemas distribuidos". Los "sistemas distribuidos" permiten conservar la información y el control de ciertas tareas, en el área específica donde son generadas y frecuentemente requeridas, y ser compartida vía la transferencia o comunicación entre los nodos que forman parte del sistema distribuido conectados por la "red".

Este sistema distribuido de ambiente CIM se encuentra formado por tres tipos de elementos fundamentales:

- 1) Base de Datos y el Manejador
- 2) Red
- 3) Islas de Automatización

Las "Islas de Automatización" son grupos especializados de computadoras que realizan un tipo específico de operaciones, que bien pueden concretarse al procesamiento exclusivo de la información o a la ejecución de ciertas tareas mediante el uso de la misma en dispositivos de entrada y salida. Así, podemos encontrar computadoras personales, estaciones gráficas de trabajo, impresoras, graficadores, controladores programables, máquinas-herramienta de control numérico, máquinas de medición computarizadas, robots, etc., según se trate del área y función de la "isla de automatización".

La "red" (network) es el medio físico por el cual están unidos las computadoras y el equipo automatizado, y que permite la transferencia de datos entre ellos. La red de encuentra dividida en dos tipos distintos de conexión:

- 1) red principal
- 2) red de comunicación de tiempo real

La "red principal" es aquella que enlaza a todo el equipo de cómputo de departamentos como diseño, producción y calidad, que generan la información necesaria para ser

ejecutadas por equipo automatizado en piso que se encuentra enlazado por una red de "tiempo real", que auxilia al monitoreo constante de los procesos en el momento en que están ocurriendo, y que requiere de formatos mucho más especializados, debido a la convivencia de equipo aun más diverso que el de computo de la red principal. La Organización de Estándares Internacionales (ISO) define los criterios para establecimiento de sistemas de comunicación de arquitectura abierta (OSI: Open System Interconnection), que para la adecuada interrelación de equipo de diferentes fabricantes, determina el uso de cableados específicos, protocolos de envío de señales, etc., para la superación de dificultades de comunicación.

### 3.4.2) Arquitectura:

El CIM está basado en la arquitectura de un sistema de control computarizado. Esta arquitectura incluye los siguientes 5 niveles:

- Nivel 1 o Nivel de Proceso:

Este es el nivel del fondo de la pirámide. Comprende el nivel donde se encuentran las máquinas y procesos como máquinas de control numérico, máquinas de medición, robots, soldadoras, etc. Las computadoras involucradas en este nivel, son básicamente estaciones de trabajo, computadoras personales, controladores programables, controladores de máquinas, microprocesadores, que son elementos que operan en "tiempo real" a velocidades de respuesta de milisegundos a segundos.

- Nivel 2 o Nivel de Supervisión de procesos:

En este nivel se dan las órdenes a las máquinas y controladores del nivel 1 y se monitorean las acciones de los procesos. Este nivel incluye el control de los sistemas de control numérico distribuido (DNC), que es la computadora que administra, carga y descarga los programas de maquinado de las diferentes máquinas de control numérico. Micro computadoras y minicomputadoras son frecuentemente utilizadas a este nivel y las velocidades de respuesta pueden tomar de segundos a minutos.

- Nivel 3 o Nivel de grupos:

Este nivel controla varios grupos. Facilita las funciones de dirección y supervisión a corto plazo tales como programación y distribución del trabajo, control de calidad y monitoreo de costos, etc. Estas tareas pueden ser llevadas a cabo usando una minicomputadora en complemento con una base de datos. Los tiempos de procesamiento y velocidades de respuesta pueden ir de horas a días.

- Nivel 4 o Nivel de Planta:

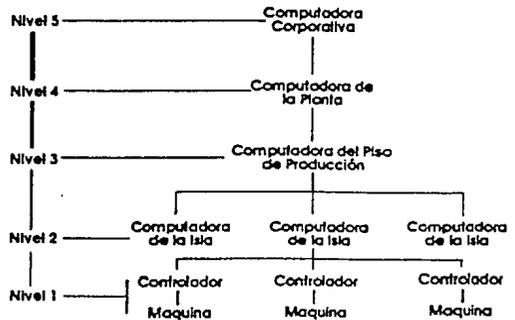
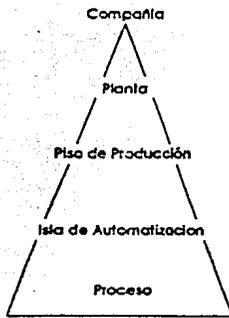
Este es un nivel medio de dirección. Minicomputadoras y superminicomputadoras son utilizadas para controlar inventarios, para planear la producción, para desempeñar tareas de CAD/CAM, planeación de procesos. EL uso de un manejador de base de datos es indispensable. El tiempo de respuesta y procesamiento de este nivel puede ir de semanas a meses.

- Nivel 5 o Nivel Compañía:

Este es un nivel de dirección alta donde mainframes son usadas para llevar a cabo actividades como pronósticos de ventas, procesamiento de ordenes de venta, manejo de cuentas, contabilidad, dirección de personal, etc. EL uso de grandes bases de datos es altamente requerido. Los tiempos de procesamiento y respuesta pueden ir de meses a años.

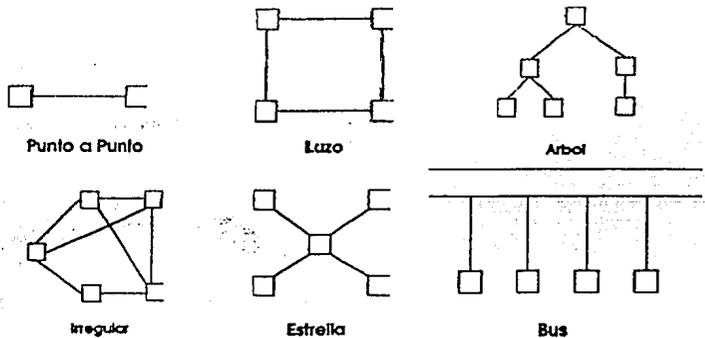
### 3.4.3) Elementos

**Redes de comunicación y configuraciones:**



## ARQUITECTURA DE UN SISTEMA CIM

La topología de las redes de comunicación de equipo de cómputo siguen ordenes jerárquicos dictados por OSI/ISO, bajo los principios encontrados en el concepto de "Redes Locales de Comunicación" (LAN: Local Area Networks). En cada uno de estos niveles jerárquicos se encuentra distintos tipo de equipos que llevan a cabo funciones tan diversas como la de almacenadores de la información, administradores de la red, actuadores o ejecutores de las ordenes, monitores del sistema, etc.. La siguiente página muestra los niveles jerárquicos y la topología de la red de CIM.



### Bases de Datos:(2)

Dejando a un lado lo que concierne a las redes y los protocolos de comunicación en las mismas, hagámonos cargo de lo que respecta al elemento quizá más importante desde el comienzo de la instalación de un sistema que facilite el manejo de la información: la base de datos. La organización de la información es un factor relevante que afecta la recuperación y la transferencia de la misma. Esta función esta asignada a la base de datos, que de acuerdo a su estructura facilitara las funciones de almacenamiento y

recuperación de información, y que asimismo se reflejara en los tiempos invertidos en la manipulación de la misma y las cantidades de espacio donde se encontrara almacenada.

Los tipos convencionales de estructura para bases de datos son:

1) Jerárquicas

2) de Red

3) Relacionales

Una gran mayoría de las aplicadas a ambientes CIM son de tipo relacional, debido a la gran cantidad de información que tiene características comunes entre si, esto es que, un campo de información puede pertenecer a más de una aplicación o uso, por lo que el arreglo matricial de la información es más poderoso que el arreglo jerárquico que se rige por niveles de una estructura tipo árbol en relaciones "n" a uno, que de relaciones "n" a "n" de una relacional; o bien aun más ordenada y eficiente en el tiempo que una base de datos de red con relaciones biunivocas, que si bien es menos redundante es más complicada por la indefinición de su estructura, lo que dificulta el almacenamiento y aun más la recuperación de la información.

Islas de Automatización:(4)

Las islas de automatización pueden dividirse en cuatro subsistemas básicos:

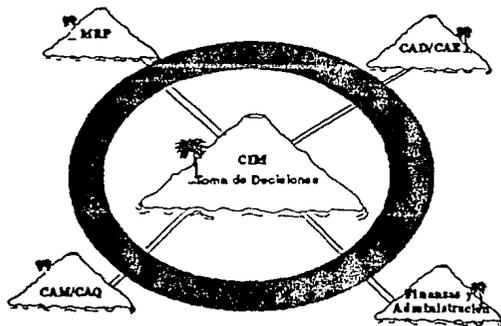
1- Ingeniería: Especificación y documentación de producto y proceso necesaria para la fabricación.

2- Planeación de la Producción: Planeación y control de la producción e inventarios.

3- Producción : Ejecutan los programas de producción según las especificaciones de proceso de ingeniería.

4- Control de Calidad: Supervisa y controla la permanencia de las características especificadas en el diseño del producto manufacturado.

**DEFINICION DE MANUFACTURA COMPUTARIZADA INTEGRADA**



Estos cuatro subsistemas se componen a su vez por diferentes tecnologías auxiliadas por computadora: CAD, CAE, CAPP, CAM, CNC, CAO. Cada una de estas tecnologías, al ser instaladas en diferentes áreas de la fábrica, son consideradas como "islas de automatización". Estas islas de automatización se enlazan entre sí por la red de comunicación, que como ya se mencionó, puede tener diferentes topologías, ya sean centralizadas o distribuidas.

La información que genera cada una de las islas puede residir en un computador central o en varios nodos de la red, "servidores", y puede ser accesada por cualquier otro nodo de la de acuerdo a un sistema de control y autorización a la información de la red. Esto forma una Base de Datos Común en la red, cuyo propósito principal es la reducción de duplicación y redundancia de información. Sin embargo, para lograr esta disponibilidad de la información al 100% es necesario un gran esfuerzo de estandarización de los formatos de la información generada por todos los nodos.

En el subsistema de ingeniería se encuentran las tecnologías de Diseño Auxiliado por Computadora (CAD), Análisis Auxiliado por Computadora (CAE) y Dibujo y Documentación Auxiliado por Computadora (CADD), que a continuación se describirán brevemente:

#### a) Diseño Auxiliado por Computadora (CAD)

El subsistema de Diseño Auxiliado por Computadora es el iniciador del flujo de información del que se alimentan los demás subsistemas del proceso de fabricación. Este subsistema genera y alimenta a la red de información, toda la información gráfica que define el diseño del producto. Se puede afirmar que del buen establecimiento de un sistema CAD depende en gran medida la flexibilidad y crecimiento en la automatización de la mayoría de los subsiguientes procesos. Por ello, es importante que al establecer las características fundamentales del sistema CAD, estas permitan estructurar secuencialmente la automatización del proceso de fabricación y que se tome muy en cuenta las capacidades de transferencia de datos que todos los subsistemas deben tener, basados en los formatos de entrada y salida que cada uno de ellos requiere.

#### b) Planeación de la Producción Auxiliada por Computadora (CAPP):

En la Planeación de la Producción Auxiliada por Computadora se genera la información necesaria para definir el proceso de fabricación en base a la información y documentación generada por el CAD. Se determinan aquí la secuencia de fabricación y los métodos: los métodos y tiempos de manufactura, las instrucciones de ensamble, los programas de control numérico se generan con sistemas de Manufactura Auxiliada por Computadora (CAM) tomando la geometría de las partes a maquinar directamente del sistema de CAD y generando las rutas de maquinado gráficamente, y los métodos de inspección. Todos estos datos deben alimentar la base de datos común que será ocupada por los subsistemas de control de la producción y calidad. La otra parte de este subsistema que es Control de Producción, ocupará las listas de materiales del diseño del producto, los recursos necesarios para la fabricación, los métodos y tiempos establecidos en la planeación, para alimentarlos al sistema de Planeación de los Recursos de Producción (MRPII) y asegurarse de proveer al piso de producción de cantidades y materiales exactos, de mantener los inventarios en las cantidades idóneas y de colocar las órdenes de compra y pedidos a tiempo con cada proveedor dependiendo de los tiempos de transporte y manufactura de cada parte y proveedor, todo esto en base los programas de producción generados por los requerimientos de ventas existentes en la base de datos común.

### c) Manufactura Auxiliada por Computadora (CAM):

Los sistemas de Manufactura Auxiliada por Computadora (CAM) se encargan de planear el plan de proceso, de generar los programas de control numérico y de simular las rutas de maquinado en tiempo real para checar las trayectorias y secuencia de cortes de material simulando las etapas de desbaste y acabado que se requieren para obtener las piezas diseñadas por el CAD.

En muchos casos es posible encontrar una clara tendencia a enlazar, en etapas iniciales de un proyecto de automatización, los procesos de CAD y de CAM. El éxito de esta integración depende en gran parte de la arquitectura del sistema CAD/CAM. Por arquitectura se entiende todo lo referente a las interfaces y estructuras de cada uno de los sistemas de CAD y de CAM, que se encontrarán en interacción intercambiando información gráfica y no gráfica. Esta arquitectura también determinará la manera en que la información se generará, en que será transmitida y la manera en que la base de datos común almacenará y administrará los datos. Esta arquitectura tendrá que evolucionar inevitablemente a medida que cualquiera de los sistemas sufra cambios, adiciones y mejoras. La elección de la arquitectura que enlazará a ambos sistemas, la base de datos y su manejo, son quizá los elementos más críticos para establecer una exitosa integración de los sistemas CAD/CAM. Esta integración es conveniente realizarla sobre un proyecto sencillo y amortización inmediata que brinde una idea de las ventajas de este concepto.

Existen ya en el mercado muchos sistemas integrados que ofrecen las ventajas de conservar formatos de intercambio compatibles entre los dos módulos de CAD y CAM.

### d) Control Numérico Directo y Control Numérico Distribuido

El control numérico directo (dnc) es confundido frecuentemente con el control numérico distribuido (dnc), sin embargo aunque los dos son derivaciones del control numérico por computadora (CNC) sus configuraciones son distintas. Ambos sistemas utilizan a la computadora como generadoras de los códigos de control numérico y almacén de los mismos, sin embargo la manera en que almacenan los archivos de estos códigos es diferente. El control numérico directo mantiene a una computadora central como la generadora, almacenadora y controladora de los programas de control numérico, y tiene conectadas en forma directa a cada una de las máquinas de control numérico, por lo que la misma computadora se encarga de decidir la asignación de los programas a la máquina específica que lo requiere. Este sistema posee el inconveniente de centralizar todas las funciones de generación de códigos, almacenamiento y administración de los archivos por lo que se requiere de una capacidad considerable en la máquina central del sistema, además se corre un alto riesgo de paralización completa de todo el sistema de maquinados llegase a "caerse" el sistema de cómputo. Ante estos inconvenientes el control numérico distribuido presenta un cambio de configuración, que aprovecha las capacidades en los rápidos desarrollos de las microcomputadoras, controladores programables (PC) y las máquinas control numérico computarizadas. Este sistema divide la configuración en varios niveles que tienen asignadas funciones específicas de generación, almacenamiento, administración y control, transmisión y supervisión de la ejecución de los programas. Esto se logra mediante la aplicación de redes que no son más que sistemas distribuidos que no dependen del funcionamiento de uno solo de sus elementos para seguir operando con cierto margen de autonomía. Dentro del sistema se puede encontrar conectada una microcomputadora que cargada con sistema de CAM (computer aided manufacture) genere los programas de rutas de maquinado y los códigos G para un grupo de máquinas específicas, como pueden ser un grupo de fresadoras, centros de maquinado o electroerosionadoras. De la misma manera puede llevar a cabo las simulaciones de maquinado en tiempo real en que se producirá el

maquinado en cuestión; dentro de la misma red, en otro nivel se puede hallar el server o almacenador de los programas generados por el CAM, en otro nivel se encontrará el controlador y administrador del sistema que se encargara de enviar a la máquina asignada al trabajo el programa en el código G requerido por el tipo de control numérico específico: torno, fresadora, centro de maquinado, máquina electroerosionadora etc.. El numero de niveles del que compone un sistema de control numérico distribuido es variable de acuerdo al numero de máquinas y complejidad de la red. La existencia de estos niveles es necesaria debida a los dos diferentes tipos de información que se manejan en sistemas de Manufactura Auxiliado por Computadora: información de tipo local e información de tipo global.

#### OPERACIONES QUE REQUIEREN INFORMACION LOCAL

- Selección de la Máquina-Herramienta
- Especificación geométrica de la herramienta
- Velocidad de trabajo
- Alimentación de material
- Cálculo de trayectorias de control numérico
- Número de pasos de maquinado
- Determinación de la eficiencia de corte

#### OPERACIONES QUE REQUIEREN INFORMACION GLOBAL

- Secuencia de operaciones
- Método de fijación de la pieza para su maquinado
- Accesibilidad de la pieza
- Direcciones de aproximación de la herramienta
- Secuencias alternativas de herramientas
- Verificación de trayectorias de control numérico
- Comparación de la parte maquinada vs. la diseñada
- Control de inventario
- Simulación y evaluación total de la fabricación.

#### e) Aseguramiento de la Calidad Auxiliada por Computadora (CAQ):

El sistema de Calidad Auxiliado por Computadora (CAQ) esta directamente vinculado a los sistemas de CAD y CAPP y el propio sistema de monitoreo de producción, formando un verdadero sistema de inspección auxiliado por computadora. De acuerdo a las especificaciones de producto y a la definición del proceso de fabricación se generan los programas de verificación y se determinan las características y procesos que se controlarán por medio de Control Estadístico de Proceso. Este sistema de CAQ generará también los reportes de calidad del proceso y el producto, y los datos obtenidos son utilizados para llevar a cabo el análisis de fallas y tomar acciones correctivas sobre el proceso o bien sobre el diseño del producto. Los equipos utilizados como instrumentos de medición como calipers, calibradores y máquinas de medición por coordenadas pueden conectados al sistema de cómputo para la recolección de los datos de comparación del producto contra el diseño; de esta manera los datos pueden procesados inmediatamente y determinar los resultados para corregir el proceso, hacer recomendaciones para el diseño, o bien corroborarlo.

#### f) Sistemas Automáticos de Manejo de Materiales (AMH)

Los sistemas automatizados de manejo de materiales son sistemas que cuentan con computadoras y robots. Los almacenes son administrados completamente por medio un programa que lleva el control de todas las recepciones de material y las salidas, controlando el flujo de material rigurosamente por el criterio de "primeras entradas,

primeras salidas" y llevando al día la existencia de partes y material por medio de un sistema bien definido de localización de celdas. Físicamente, estos almacenes están tendiendo a utilizar más los espacios verticales que los horizontales, por lo que sistemas de robots son los que se encargan de hacer la carga y descarga de contenedores en las celdas apropiadas. Una vez descargados los materiales estos se distribuyen al piso de producción por medio de vehículos guiados automáticamente (AGV), a todo este sistema de recepción, almacenamiento y descarga, que se encuentra estrechamente enlazado al sistema de MRP, se llama Sistema de Almacenamiento y Recuperación Automático (AS/RS).

## 3.5) FILOSOFÍAS, MÉTODOS y TÉCNICAS COMPLEMENTARIAS

### 3.5.1) MRP II

El sistema de Planeación de Requerimientos de Materiales (MRP) ó Planeación de Requerimientos de Manufactura (MRPII) es un elemento central de la Planeación Asistida por Computadora (CAPP). Este sistema proporciona reducción de tiempo, mayor precisión y ahorros en las siguientes actividades de planeación de recursos de manufactura:

- Establece una base de datos de componentes existentes en la cual los diseñadores pueden basarse para crear los nuevos diseños aprovechando toda la infraestructura ya creada de surtimiento y negociación para esas partes que ya existen.

- La base de datos contiene articulados los datos de tiempos de entrega para las partes compradas, estatus de compra, embarques y pedidos de cada una de las partes compradas y estatus de cada una de las partes fabricadas en planta, costos y cantidad de cada una de las partes existentes en el sistema, estructuras de los ensambles de los productos fabricados en la planta, clasificación y localización de las partes en el almacén.

- El MRP permite a los planeadores acceder la base de datos de ingeniería y actualizar las estructuras de ensamble de componentes, que en conjunción con los planes de ventas permiten hacer la planeación por adelantado de las fechas en que se deben colocar las órdenes de compras y en que las líneas de producción deben estar preparadas para iniciar la producción de los productos programados.

- Permite calcular la rotación de inventarios, la disponibilidad de herramientas, espacio en piso de producción y la asignación de recursos de personal directo de acuerdo a las horas base de manufactura del producto programado.

El uso de Código de Barras para identificación de partes y componentes es recomendable y requerido para evitar en lo posible la introducción y captura de información manual de cualquier índole, durante el proceso de control de piso. Existe una amplia gama de dispositivos de entrada, monitoreo e interfaces que permiten mantener la alimentación de los códigos de partes de una manera ágil y confiable.

El uso de este tipo de sistema ha proporcionado a las empresas que los han utilizado 10% de reducción en el tiempo de introducción de nuevos productos.

### 3.5.2) JUST IN TIME

La filosofía de "justo a tiempo", es de origen japonés y plantea una serie de principios para reducir los inventarios en almacén y los inventarios de material en proceso. La idea general de esta filosofía cambia los criterios de determinación de lotes de producción y

de niveles de material en inventario, trasladando al proveedor inmediato anterior la capacidad de manejar los inventarios de material de la manera en que asegure suministro al siguiente proceso justo en el momento que este último lo requiere, sin afectarlo por problemas de almacenamiento. Esta técnica es muy utilizada actualmente por algunas empresas y tiende a combinarse con el uso de sistemas de MRP.

### 3.5.3) GRUPOS TECNOLOGICOS

Debido a al gran cantidad de productos que puede tener una empresa en fabricación, o bien una amplia gama de componentes a ensamblar para la manufactura de varios productos, las bases de datos que contienen toda la información relacionada con estos, puede ser causa de serios problemas en su generación, almacenamiento, recuperación y transferencia, si no se cuenta con un apropiado sistema de clasificación que facilite estas operaciones mediante la aplicación de reglas generales, convenciones y normas que flexibilicen el manejo de grandes cantidades de información, a través de las diferentes áreas de la empresa.

La formación de categorías genéricas, o de conjuntos, familias y grupos de productos o componentes, posibilita la simplificación de datos que son comunes entre los mismos productos.

La formación de estas familias debe ser planteada de diversas maneras para obtener el mayor número de posibilidades de clasificación, esto permitirá seleccionar las clasificaciones más adecuadas para un tipo específico de manejo de la información, y será adaptable a un mayor número de departamentos relacionadas con esta información.

Una de las metodologías existentes para desarrollar esta clasificación, es la de formar "árboles de atributos", que bien pueden contemplar los siguientes aspectos:

#### Árboles por geometría

Figura Básica

Detalles Característicos

Dimensiones

#### Árboles por materiales componentes:

descripción

propiedades

estado natural de la materia prima

#### Árboles por similitud de procesos:

La aportación que los Grupos Tecnológicos (GT) hacen, es la tendencia formal a la estandarización y la demostración de que no hay producto estrictamente nuevo. Analizando un producto típicamente nuevo podemos encontrar que 40% de sus partes son partes ya existentes, 40% son partes modificadas de las ya existentes y que solo 20% de las partes son realmente nuevas.

La aportación que los GT hacen a los sistemas CAD es la reducción no solamente del número de piezas en la base de datos sino también de los ciclos de diseño y uso más frecuente de partes existentes para el diseño por modificación, así como también la tendencia más firme a la creación de plataformas de diseño, entendiéndose partes estandarizadas.

Las consecuencias que esto traerá a al proceso de administración de la manufactura y la producción, será una reducción considerable en los costos de implemetación de nuevos modelos, así como también la reducción en los tiempos de preparación de las líneas de producción por cambio de modelo.

El término cambio de modelo implica todas las actividades que modifican y ajustan las máquinas y procedimientos de manufactura pra fabricar un producto con diseño difernete al fabricado en el lote anterior. El factor crítico de este cambio de modelo es el "tiempo muerto por cambio de modelo" que es el tiempo tomado desde la producción de la última pieza de un lote hasta la salida del primer artículo del lote del siguiente diseño. Este tiempo incluye, cambio y ajuste de herramientas de producción, cambio y ajuste de dispositivos auxiliares de producción y de verificación de características de control, reruteo de flujo de piezas y colocación de las ayudas visuales para operadores en producción normal.

Los beneficios de la tecnología de grupos puede ser medida en términos monetarios. Alguno datos historicos de la reducción de costos que han adoptado esta técnica son presentados a continuación:(9)

Nuevos diseños de partes :	52%
Elaboración de especificaciones:	30%
Ingeniería Industrial :	60%
Espacio en Piso de Producción :	20%
Almacenamiento de materia prima:	40%
Tiempo de preparación de la línea para arranque:	69%
Tiempo de producción:	70%
Inventario en proceso:	62%
Exceso de inventarios de producto final:	82%

En la manufactura, un GT significa un grupo de máquinas dedicadas a producir por completo un grupo de piezas similares y procesos parecidos desempeñados en su totalidad por este grupo de máquinas.

### 3.5.4) Sistemas Flexibles de Manufactura (FMS)

Se denomina "Sistema Flexible de Manufactura" al sistema formado por máquinas e instalaciones técnicas, que integran los procesos de fabricación, de ensamble y control de calidad, que están enlazados entre sí por un sistema de transportación, supervisión e información, de forma que existe la posibilidad de realizar funciones diversas de fabricación correspondientes a piezas diferentes, sin necesidad de interrumpir el proceso de fabricación para preparar las máquinas para el cambio de modelo.

Estos sistemas buscan dos características específicas que brindan sus ventajas correspondientes:

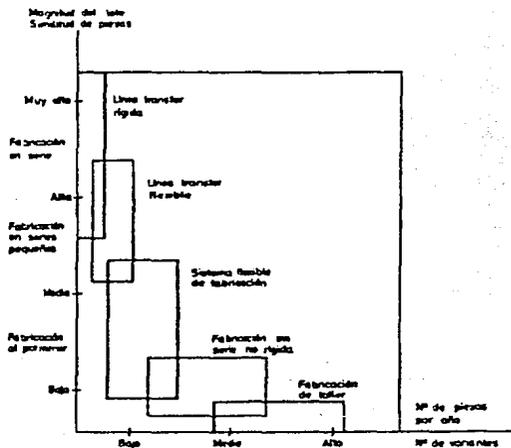
- Automatización:

La automatización de los procesos proporciona estabilidad en los niveles de producción y calidad de las partes fabricadas, estandarización de los procesos que implican costos reducidos de operación en volúmenes grandes de producción.

Sin embargo, las desventajas que la automatización acarrea son la poca flexibilidad que tienen frecuentemente los sistemas para aceptar variaciones en el proceso o

producto a fabricar. Por otro lado su operación es económicamente ventajosa solo en la producción de grandes volúmenes.

La automatización de procesos esta representada por las rígidas líneas transfer, que son líneas de producción muy especializadas a la ejecución de ciertos procesos para un rango limitado de productos muy parecidos.



#### \* Flexibilidad:

La flexibilización de los procesos permite tener la capacidad de fabricar diferentes productos con procesos similares. Sin embargo, mientras más flexible se vuelve un sistema de manufactura sus costos son más altos y existen riesgos más elevados de no tener procesos ni productos con calidad estable. Normalmente sus tiempos de respuesta son largos, por lo que no son satisfactorios para el manejo de grandes volúmenes de producción.

Los talleres de maquinado son un claro ejemplo de sistemas flexibles capaces de producir diversos tipos de piezas en cantidades reducidas o lotes pequeños.

Por ello los FMS buscan un equilibrio eficiente entre la automatización, la flexibilidad, la productividad y la optimización de los costos. En los FMS se busca el ideal de los altos grados de automatización para reducir los costos de producción y asegurar los niveles de calidad y producción, así como la flexibilidad para fabricar lotes medianos y pequeños de productos, ofreciendo familias de productos sin incrementos considerables en los costos de producción.

Cabe señalar que no todos los procesos de producción son capaces de ser automatizados, por ello los sistemas FMS son en un alto porcentaje sistemas de procesos de maquinado.

Los sistemas FMS están formados por tres niveles jerárquicos similares a aquellos ya descritos anteriormente en un sistema CIM. El primer nivel está controlado por una computadora central o server que coordina completamente todo el sistema de

computadoras que se encuentran en el siguiente nivel, esta computadora determina la asignación de trabajo a cada máquina, así como también coordina la entrega de herramientas y materiales a cada máquina para asegurar el funcionamiento continuo del sistema de producción.

En el siguiente nivel, como en los sistemas de Control Numérico Distribuido ya descritos, se encuentran las computadoras controladoras de un grupo determinado de máquinas-herramienta, ya sean estas fresadoras, centros de maquinado, electroerosionadoras, etc., estas computadoras supervisan el trabajo del grupo de máquinas a su cargo, cargan y descargan los programas de control numérico y monitorean el estado de las herramientas para hacer su reemplazo a tiempo sin sacrificar producción ni calidad. El tercer nivel esta formado por los computadores CNC de cada máquina, que ejecutan los programas cargados por las computadoras del nivel superior, además detectan errores en la ejecución de los programas y de funcionamiento de la máquina en sí.

Los sistemas FMS se caracterizan por mantener el flujo de cuatro principales elementos:

- a) Flujo de Material
- b) Flujo de Herramientas
- c) Flujo de Información
- d) Flujo de Piezas

Para asegurar el flujo libre y seguro de estos elementos a cualquier estación de maquinado del sistema, existen varias configuraciones para un FMS:

- 1) Radial
- 2) En Línea
- 3) En Bucle

### 3.5.5) Control de Calidad Total (TQC)

Es una serie de actividades que pueden ser descritas por los siguientes puntos:

- Inspección de lotes de materia prima
- Detección de piezas finales defectuosas
- Determinación de desviaciones del proceso
- Adecuar el proceso a los límites de especificación del producto
- Valorar la calidad del producto que cumple con especificaciones
- Valorar la exactitud del sistema de inspección e instrumentos
- Garantizar que la información de diseño sea consistente con la función del producto.

Para llevar a cabo estas funciones, el departamento de aseguramiento de calidad se auxilia de herramientas estadísticas de muestreo, de control estadístico del proceso y de sistemas de inspección automatizados asistidos por computadora. Los sistemas de inspección asistidos por computadora están enlazados frecuentemente a las mismas bases de datos de diseño, de donde toman las características de control señaladas para chequear el producto fabricado y obtener resultados de aceptación o rechazo de cada una de estas características.

El mérito de esta filosofía es que traslada todas estas medidas de aseguramiento de calidad a ser desempeñadas por todos los participantes del proceso de fabricación,

estableciendo una relación de proveedor-cliente entre todos los procesos y considerando que se debe satisfacer siempre al cliente. Esto implica que los proveedores de materia prima deben de contar con un sistema similar para poder asegurar la calidad de los productos o materiales que suplen.

### 3.6) CARACTERISTICAS DE LA RED CIM

Para poder lograr un efectivo enlace de información a través de la planta, es necesario tomar en cuenta los aspectos fundamentales que deben reunir cada uno de los elementos del sistema CIM:

- Libertad de transferencia entre las estaciones de trabajo del departamento de ingeniería del producto, manufactura, ingeniería industrial y otros departamentos como planeación, programación y control de la producción y control de calidad. Asimismo la información de CAD debe estar a disposición de los trabajadores del piso, control de calidad y berramentales para cualquier consulta, esto se logra comúnmente mediante las estaciones de consulta o "viewstations" que impiden la modificación de la información accesada.
- El CAD debe tener la facultad de tener comunicación de doble sentido con el código de clasificación para facilitar la actualización de la base de datos mediante la generación de nuevos modelos, y la recuperación de familias de parametrización.
- El CAD debe estar enlazado a los sistemas de control numérico distribuido, para generar los programas de CNC, mediante el uso de sistemas CAM, que permiten generar los códigos generales de las rutas de maquinado, simular los procesos de corte de material y transferirlos a los lenguajes específicos de alguna máquina en particular.
- Los sistemas de recepción de materiales, clasificación, codificación, almacenamiento y salida de materiales, deben alimentar la información directamente al sistema de MRP II, para mantenerlo siempre actualizado.
- La actualización de las listas de materiales debe ser llevada a cabo de manera directa por la simple modificación de hojas de operación y hojas de especificaciones de ingeniería.
- El sistema de control de piso debe estar conectado directamente al sistema de planeación y programación de la producción

La justificación de la transferencia electrónica de datos puede ser evidente si se toma en cuenta la eliminación de los errores humanos por transcripción manual de la información además que minimiza el uso de documentos en papel lo que reduce los riesgos de pérdida de información, malos manejos, desgaste y reposición de los mismos, tiempo de las actualizaciones y traslados de documentos, así como espacio de almacenamiento.

## 3.7) PROYECTO DE IMPLANTACION DE UN SISTEMA CIM O DE SUS ELEMENTOS (5)

Sea tantas las mejoras posibles que se pueden llevar a cabo con la automatización de los procesos y al sistematización de su información, que es necesario plantear una adecuada estrategia de implantación y más aun, una razonable justificación del proyecto.

### 3.7.1) Necesidad y Justificación del proyecto CIM:

La justificación de un sistema CIM no es de orden puramente financiero sino más bien estratégico. Los beneficios potenciales que más adelante se presentan han sido suficientemente convincentes y atractivos para empresas del área automotriz y aeronáutico en los EE.UU. y Europa, que se han adentrado en el proyecto de automatización y sistematización de gran escala.

Antes de iniciar la implantación de un proyecto de integración de la manufactura por computadora o de cualquiera de sus elementos es necesario justificar:

- la ventaja competitiva que acarreará el CIM a la empresa.
- los beneficios reales, lo más cuantitativos posibles.

Dentro de estos beneficios es posible mencionar los siguientes, que han sido, los que más frecuentemente se han presentado como beneficios reales en empresas que ya han implantado aunque sea parcialmente, este tipo de ambientes sistematizados:

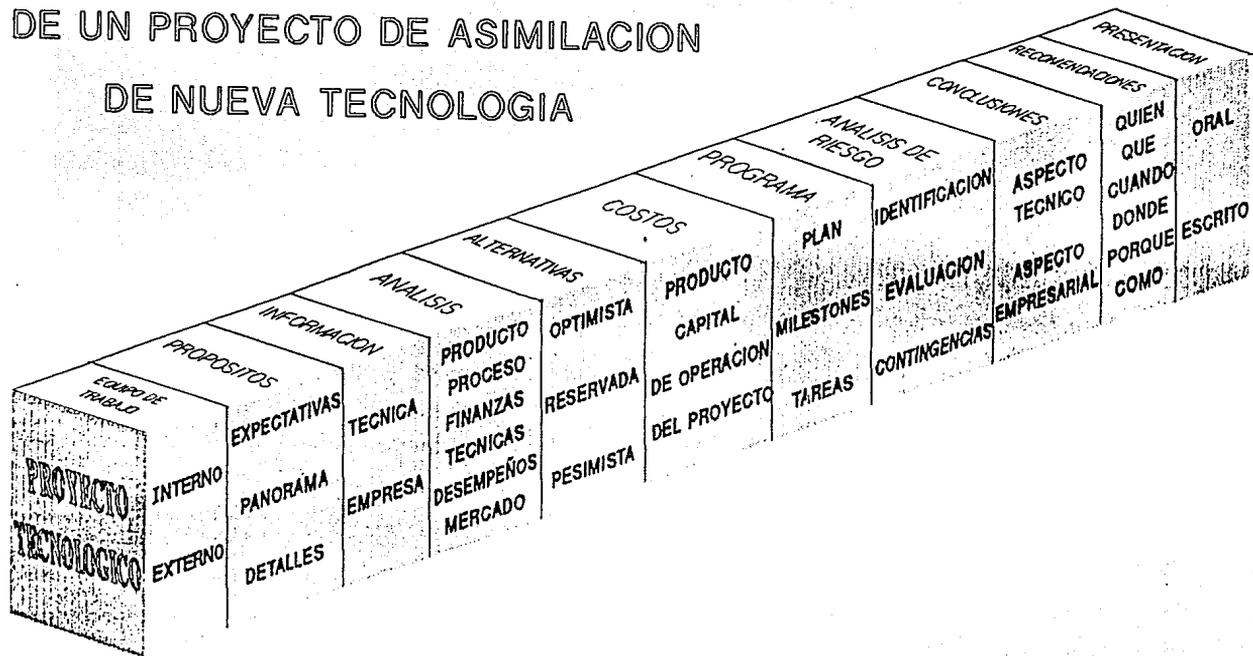
<b>BENEFICIOS REALES REPORTADOS POR EMPRESAS MONERAS EN IMPLANTACION DE AMBIENTES C.I.M.</b>	
	%
REDUCCION EN COSTOS DE PERSONAL	5-20
REDUCCION EN COSTOS DE DISEÑO	15-30
<b>AUMENTO EN LA PRODUCTIVIDAD DE INGENIERIA</b>	<b>300-3500</b>
REDUCCION EN TIEMPOS DE REACCION	30-60
REDUCCION DE MATERIAL EN PROCESO	30-60
AUMENTO DE LA PRODUCTIVIDAD GENERAL	40-70
AUMENTO EN LA PRODUCTIVIDAD DEL EQUIPO	200-300
INCREMENTO EN NIVELES DE CALIDAD	200-500

FUENTE: Manufacturing Studies Board  
of National Research Council

Es altamente recomendable que la justificación del proyecto de automatización de los procesos y la sistematización de su información conteste ampliamente las siguientes preguntas:

- ¿ Que áreas de la empresa se beneficiarían más con la tecnología CIM?
- ¿ Como se pueden cuantificar los beneficios y de que manera se pueden asegurar las reducciones en los costos de operación?

# ETAPAS EN LA JUSTIFICACION DE UN PROYECTO DE ASIMILACION DE NUEVA TECNOLOGIA



¿ Todas las tecnologías que comprende el CIM requieren de altas inversiones que reedituarán a largo plazo? ¿ Que beneficios a corto plazo se pueden esperar?

¿ De que manera se puede desarrollar un plan realista de la selección y secuencia de implantación de las tecnologías que paulatinamente encaminan hacia un ambiente CIM?

Frente a estos cuestionamientos, es posible entender que en términos generales resulta difícil justificar rigidamente contable la integración de la manufactura por medio de la computadora. Se ha dicho frecuentemente en los medios tecnológicos, que el iniciar la implantación de un sistema CIM es una convicción estratégica más que una razón económica:

" En un plazo de 10 a 20 años las empresas que sobrevivan, serán aquellas que estén totalmente automatizadas. Todas estas tendrán costos de fabricación muy similares puesto que sus procesos estarán altamente desarrollados y con altos niveles de eficiencia y productividad; por lo que los factores de competencia serán: el desarrollo de nuevos productos, los márgenes de utilidad, la cantidad de valor agregado de las manufacturas, los tiempos de entrega, la satisfacción completa de la necesidad específica del cliente y la flexibilidad en sus ciclos de producción."

Joe Harrington

Consultor en Automatización Industrial

Sin embargo esto no quiere decir que un proyecto de esta naturaleza no se pueda objetivizar a indispensables términos monetarios. Debido a la magnitud y alcance de la modernización completa de una planta industrial es difícil contemplar a primera instancia, con métodos convencionales de justificación financiera, los niveles de inversión y beneficios obtenidos por estas. Por ello es indispensable, el análisis profundo y detallado de cada una de las etapas del proyecto. Por ejemplo, los análisis costo-beneficio requeridos para la formación de cada una de las islas de automatización, arrojaran datos más objetivos de los niveles de inversión, amortización y ventajas de la primera etapa de implantación del CIM; más adelante el análisis de las ventajas de la interconexión de estos, mostrara en un alto porcentaje los beneficios restantes del sistema.

### 3.7.2) FASES Y ACTIVIDADES DE IMPLANTACION

#### 3.7.2.1) Etapa del análisis de necesidades

Pero el cuestionamiento natural en este punto es ¿ con que islas de automatización o sistemas se debe iniciar el proyecto de modernización, para reducir el riesgo de un fracaso de gran impacto económico y anímico sobre el futuro del proyecto en la planta?. Para contestar a esta pregunta se requiere desarrollar un "análisis de necesidades" que permita establecer el estado tecnológico actual de la empresa con respecto a su potencial, su competencia y el nivel tecnológico disponible en el mercado ( el estado del arte de la tecnología). Este estudio sin duda será de gran ayuda para justificar o no, todos los programas que lleven a la modernización de los procesos de producción y su administración. A continuación se describen brevemente las etapas que constituyen este proceso de análisis:

- a) **Establecimiento de un programa definido** de actividades de análisis:  
Objetivos y fases del estudio

Divulgación y determinación de los responsables por departamento

Fechas de entrega de los diagnósticos por departamento.

Análisis y determinación de prioridades estratégicas para la empresa y el proyecto.

b) Realización de sesiones de divulgación de actualización tecnológica con los representantes seleccionados de cada departamento, para la correcta evaluación del estado y potencial de sus respectivas áreas.

c) Determinación de las condiciones actuales de la empresa y condiciones deseables:

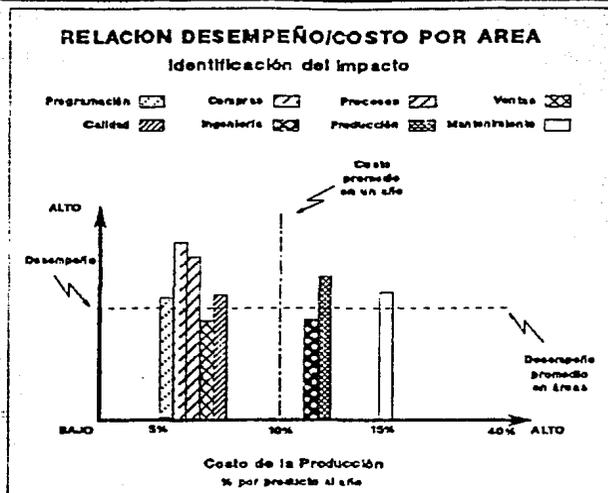
- definición clara de los aspectos generales de la empresa:
  - objetivos estratégicos de la empresa
  - el modelo funcional de la empresa:
    - diagramas de flujo
    - layouts y rutas físicas de los procesos
  - el modelo logístico de la información:
    - flujo de la información
    - formatos de entradas y salidas de la información
    - transformación de la información
    - medios de comunicación
- capacidad real y utilizada de la planta.
- determinar el estado tecnológico de cada departamento de la planta, con respecto al mercado de tecnología disponible.
- definir los niveles de eficiencia de todos los departamentos mediante indicadores "desempeño/costo".

La determinación de los niveles de desempeño se determinan mediante la reunión de tres o más diferentes medidas de eficiencia, como podrían ser: tiempos de reacción, desperdicio, nivel de servicio al siguiente departamento, promedios departamentales en las conocidas evaluaciones de desempeño, etc.; con el fin de obtener un nivel objetivo de desempeño del área estudiada. La obtención de los costos se toma del historial de costos de cada departamento, por lo menos de un año atrás a la fecha.

● Identificación del impacto desempeño/costo

Con los datos anteriores se elabora el cuadro de "desempeño/costo" de cada una de las áreas analizadas. En la figura mostrada a continuación, el eje horizontal representa los porcentajes de participación de los departamentos estudiados, en los costos totales de la empresa, y en el eje vertical se representan los niveles de desempeño. Las líneas punteadas representan el porcentaje de participación promedio en los costos de operación y el nivel promedio de desempeño de la empresa, vertical y horizontal respectivamente.

Con esta gráfica es posible detectar que áreas cuestan más a la empresa, comparado con su desenvolvimiento en el proceso de producción. Es simple apreciar que las áreas que se encuentran en cuadrante inferior derecho requieren de acciones



correctivas; esta visualización permite asegurar, que un proyecto de modernización con una ejecución adecuada, en caso de ser requerido para mejorar esta área, sea indudablemente redituable ya sea en términos de costo y/o desempeño.

- esclarecer la naturaleza de los problemas existentes en las áreas con menor coeficiente desempeño/costo en la planta
- sondear el arraigo de los sistemas automatizados de la planta y de las áreas señaladas anteriormente, si es que existen estos sistemas.

#### d) Definición de los métodos o sistemas necesarios

para mejorar o resolver los problemas detectados. Estas alternativas de solución son aquellas propuestas por los representantes de cada departamento en los estudios de estado y potencial de sus respectivas áreas.

#### e) Detectar los proyectos de mayor beneficio potencial para la planta.

#### f) Definir la forma de medición del éxito o fracaso del proyecto o proyectos.

- limitantes y alcances que tendría el proyecto.

Las respuestas a estas preguntas permitirán la definición del planteamiento de la factibilidad de un proyecto de sistematización por computadora del proceso productivo, y asimismo permitirán más adelante seleccionar de las alternativas generadas, la que más satisfaga las necesidades de la empresa.

### 3.7.2.2) Evaluación y selección de tecnologías aplicables.

A hasta este punto solo se han detectado las necesidades de la empresa y se deben haber seleccionado aquellas áreas cuyas alternativas de mejora se encaminan hacia al aspecto de modernización tecnológica, interés de este trabajo. Sin embargo, aun no se ha determinado el proceso de evaluación de la tecnología más adecuada para las áreas señaladas, ni mucho menos aun, la estrategia que se seguirá para su implantación. A continuación se describirán brevemente los aspectos más importantes que se deben de tomar en cuenta para seleccionar los productos tecnológicos más adecuados para modernizar un proceso determinado dentro de la filosofía de tendencia hacia un ambiente CIM.

#### a) Familiarización con las tecnologías existentes.

Para poder seleccionar y aplicar una tecnología dada, es necesario primero familiarizarse y conocer los aspectos más relevantes de su naturaleza, requerimientos de implantación y consecuencias de la misma.

La familiarización con las tecnologías existentes se puede hacer mediante la participación y relación con las siguientes fuentes:

Ferias, exposiciones y demostraciones

Patentes e información técnica

Agentes tecnológicos (empresas de consultoría, universidades, etc.)

Contratos de asimilación tecnológica

Desarrollos conjuntos "Joint Ventures"

#### b) Metodología de evaluación económica de proyectos de inversión tecnológica.

Para la evaluación de alternativas tecnológicas es necesario tomar la decisión basada en tres criterios básicos:

- 1) Rentabilidad: determinada por medio de las técnicas de ingeniería económica.
- 2) Analisis financiero: cuales seran los costos y como se administraran a lo largo de proyecto, determinando, tambien las fuentes de financiamiento.
- 3) Analisis de factores intangibles: aspectos legales, sindicales, ambientales,

##### b.1) Rentabilidad: Evaluación de factores tangibles y cuantificables:

La evaluación de factores tangibles y cuantificables consta básicamente de la determinación de los montos monetarios de inversión inicial, de los costos de operación y mantenimiento, de los ahorros y los rendimientos que cada una de las alternativas del proyecto podrán brindar. Una vez determinados estos valores es necesario aplicar ciertos métodos de evaluación económica que involucran el tiempo y el valor del dinero a través del tiempo, y mostrarán mediante varios índices, la factibilidad y conveniencia de cada una de las alternativas.

**b.2) Análisis financiero:**

El análisis financiero comprende básicamente el estudio de las fuentes o recursos con que cuenta la empresa para invertir en una de las alternativas del proyecto. Este estudio, más bien, responsabilidad del departamento de finanzas de la empresa determinará si los recursos monetarios se extraerán de fuentes internas a la empresa o se acudirán a alguna institución financiadora de proyectos tecnológicos en apoyo a la industria. Involucra el presupuesto de la partida del proyecto y la estrategia fiscal que se seguirá para hacer redituable el mismo.

**b.3) Evaluación de factores intangibles no cuantificables (8)**

Al implementar tecnologías complejas que tienden a automatizar procesos y desplazar a la mano de obra, la reacción del personal ante el miedo a lo desconocido, tratan de sabotear los planes de modernización de los procesos, que en muchos casos, mediante la baja de productividad, falta de interés, sabotaje directo al equipo o programas, robo, etc.

Si los trabajadores son involucrados desde el principio del proyecto, son entrenados e informados acerca de lo que la alta tecnología puede hacer por ellos y por la empresa. Asimismo, la empresa debe hacer un compromiso con ellos de que no perderán su empleo y de que por el contrario habrá oportunidades de entrenamiento, especialización y superación. Si la empresa es capaz de hacer entender a sus trabajadores que la actualización de los procesos traera beneficios a todos los elementos de la empresa, y que de ellos dependerá en gran parte el éxito de esta modernización, entonces los trabajadores deberán estar en una actitud más cooperativa.

**3.7.3) Estrategia de Implantación:**

Asimismo se plantean dos enfoques diferentes de actuación para la planeación y la ejecución de los programas de implantación de acuerdo al organigrama de la empresa:

- planeación descendente
- ejecución o construcción de los sistemas ascendente y concurrente.

**3.7.3.1) Aspectos a contemplar en la implantación:**

Debido a que el CIM no es un concepto completamente orientado al proceso de producción, ni al exclusivo manejo de la información, las empresas que han tratado de implementarlo han encontrado que es necesario enfocar la implantación del sistema desde 4 enfoques distintos:

- 1) cultural
- 2) estructural u organizacional
- 3) de procedimientos
- 4) tecnológico

De estos 4 aspectos es importante hacer hincapié en que los dos primeros acarrearán efectos intangibles y por lo tanto poco medibles como causas directas del éxito o fracaso de un proyecto de tipo tecnológico. La motivación de los directamente involucrados y

afectados por el proyecto, es quizá uno de los efectos más importantes que deben ser provocados con acciones como las siguientes :

- \* se debe llevar a cabo un programa previo de difusión y familiarización de todos los ejecutivos y operativos de la tecnología que se pretende instalar, los objetivos que persigue, los beneficios que se esperan y su participación en el proyecto. Hay que recordar que el éxito de los proyectos tecnológicos depende en gran medida de la mentalidad y actitud de cambio que posea la gente involucrada con la integración de nuevas formas de trabajo a la empresa.
- \* se deben de formar grupos de trabajo interdisciplinarios de todas las áreas productivas de la empresa.
- \* antes de determinar la selección de cualquier sistema, es necesario determinar los modelos actuales y los modelos ideales que mejorarían los flujos del proceso de fabricación y de información a los que se pretende llegar, para después definir los programas, métodos, técnicas y controles, con participación de los niveles involucrados en la puesta en marcha del proyecto (jefaturas, gerencias, direcciones).
- \* la planeación del proyecto debe contemplar las etapas de adaptación, simulación de un proyecto piloto y planes de emergencia posibles para el control de los imponderables, en áreas específicas, que integre paulatinamente a todos los procesos y departamentos, que permitan observar el funcionamiento del sistema en pequeñas áreas prototipos para ponderar los beneficios y dificultades que se presentaran en el plan a largo plazo.
- \* la implantación de un sistema integrado de manufactura requiere de un cambio profundo y a largo plazo de los procedimientos operaciones y estructura organizacional de la empresa, por lo que las acciones llevadas a cabo deberán tener propósitos determinados y deberán concurrir articulada y sincronizadamente con las diferentes etapas de crecimiento del proyecto.
- \* la notable atención que se debe prestar a los aspectos técnicos del proyecto, no debe en ningún momento descuidar aspectos tan importantes como los aspectos humanos que implican:
  - el cambio de responsabilidades y reasignación de funciones, la tensión generada por la competencia ante el temor de una disminución de personal y la adecuada motivación del personal para que se involucre en el proyecto.

### 3.7.4) Metodologías de implantación:

De una manera objetiva, se pueden plantear dos estrategias básicas alternativas, para la implantación de un ambiente CIM o sus elementos en forma independiente, si así se desea:

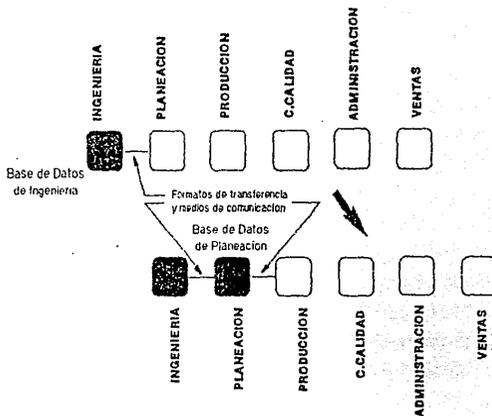
- a) Integración secuencial de islas de automatización. (Enfoque horizontal)
- b) Implantación piloto prototipo de participación simultánea de departamentos. (Enfoque vertical)

La primera intenta incorporar uno a uno en su totalidad, a cada uno de los departamentos o fases en el proceso de producción, a la sistematización de actividades y procedimientos, de tal manera que se proceda con el siguiente departamento o fase,

## ESTRATEGIAS DE IMPLANTACION DE SISTEMAS AUXILIADOS POR COMPUTADORA (TECNOLOGIAS CIM)

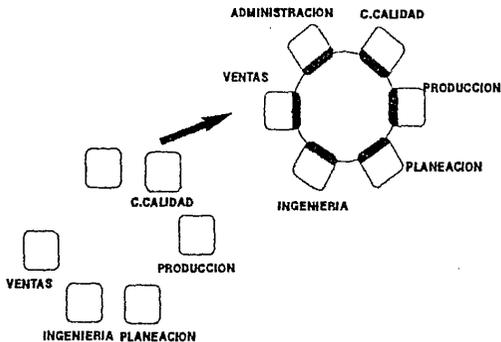
### 1) INCORPORACION SECUENCIAL COMPLETA DE DEPARTAMENTOS DE RELACION DIRECTA.

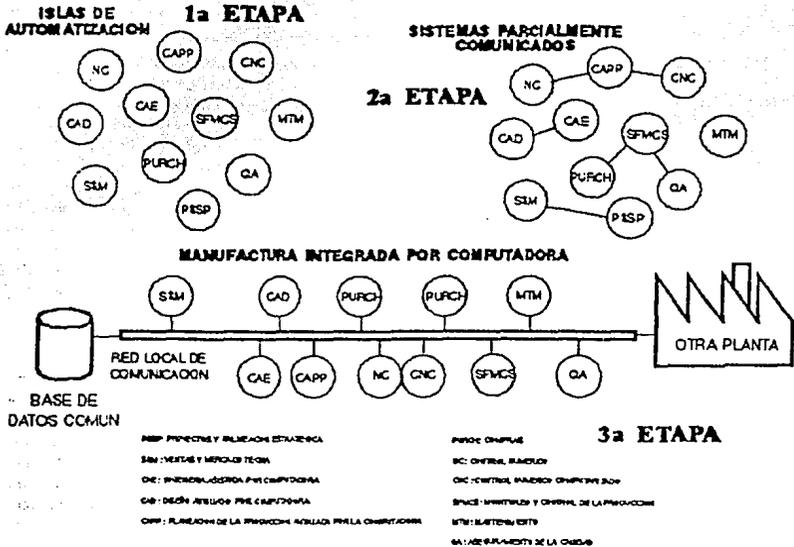
- Sistematizacion y creacion de la Base de Datos completa del departamento en incorporacion.
- Formatos de transferencia de datos ya establecidos para facilitar la comunicacion con la siguiente etapa del proceso.
- Emision de informacion que brindara las guias de organizacion de la siguiente etapa para su adecuado enlace



### 2) INTEGRACION SIMULTANEA Y PARCIAL DE LOS DEPARTAMENTOS O ISLAS DE AUTOMATIZACION EN UN PROYECTO PILOTO

- Sistematizacion simultanea e independiente de todos los departamentos o islas.
- Creacion de Base de Datos comun a todas las areas con formatos flexibles para cada aplicacion.
- Intercambio de informacion por medios discretos (via diskette).
- Enlace de la Base de Datos con todas las areas via red de comunicacion, transferencia de datos de manera continua y directa.





hasta haber resuelto todos los problemas surgidos y completado la sistematización de esa área en particular. Esta estrategia permite enfocar la atención a la mejor solución de las dificultades encontradas y también permite hacer crecer el proyecto en una forma sana y firme, sin embargo los resultados son generados generalmente a largo plazo, lo que causa cierta decepción entre los involucrados al no tener beneficios de retroalimentación a su labor y lo que es peor, causa desconfianza y desesperación por parte de los directivos ante el proyecto, por la falta de resultados concretos que permitan justificar la inyección de recursos adicionales para mantener el proyecto en crecimiento.

Debido a los serios inconvenientes que presenta la estrategia mencionada arriba, la segunda estrategia plantea la puesta en marcha de un proyecto piloto, tomando una familia de productos, cuya información y proceso de diseño y producción, sean incorporados a un flujo íntegro de sistematización que muestre a pequeña escala los beneficios y dificultades que presentaran en la implantación de un sistema auxiliado por computadora a los procesos tradicionales de la empresa. Esta estrategia es considerablemente más difícil y costosa de la primera, puesto que implica la capacitación, coordinación (formatos y políticas, normas de operación y modificación de procedimientos deberán encontrarse en estado avanzado de definición) y equipamiento (computadoras, red de comunicación y base de datos flexible, disponibles y listos) de un pequeño sector de cada área de la empresa, para brindar resultados a corto plazo que muestren objetivamente los beneficios y precauciones necesarias para la implantación completa de la computadora en un sistema que integre a toda la empresa, y que evite en gran medida la posibilidad de fracasos de gran magnitud que vayan en contra de la motivación y del esfuerzo de vencer la resistencia al cambio del personal.

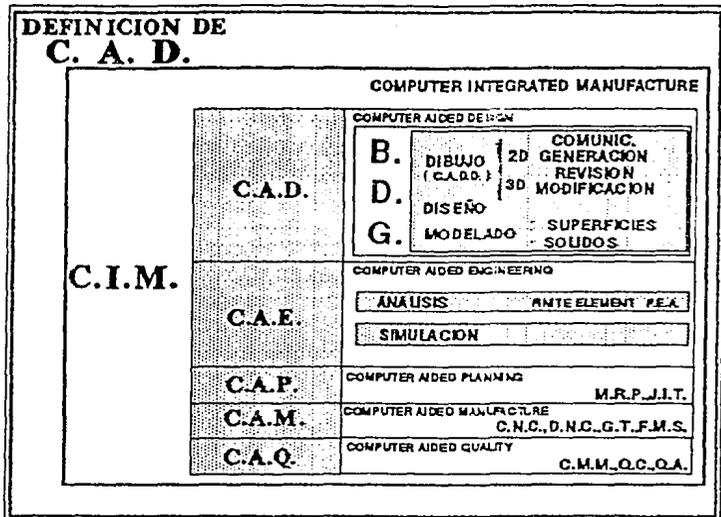
Ninguna de las dos estrategias puede ser considerada por separado como óptima, por lo que es necesario analizar de acuerdo al convencimiento de la empresa y sus objetivos que tipo de combinación de estrategias le aportara más beneficios al proyecto.

## CONCLUSIONES

Después de haberse descrito la relación que guardan los conceptos de CAD y CIM, y el papel que juegan el CAD para el CIM y el CIM para un sistema de manufactura, es posible resaltar los elementos más importantes en la automatización integral de una industria, así como la metodología general y los aspectos que tanto el "todo" como cada uno de sus "elementos" debe reunir para asegurar el éxito de la inversión hecha para su implantación y operación. Por lo que es posible deducir que las metodologías y consideraciones aquí expuestas son aplicables a la selección y puesta en marcha de cualquiera que sea la "isla de automatización", y en este caso en particular del CAD. La aplicación de real de lo expuesto en este capítulo en un caso práctico, se desarrollara en el capítulo 5, donde se analizarán con más detalles cada uno de los conceptos que implica la puesta en marcha de una nueva tecnología que modifica los sistemas tradicionales de trabajo y que implica la generación de nuevos procedimientos y filosofías de trabajo.

### 3.8.1) Importancia del CAD en un proyecto CIM: (13)

Dado que la principal fuente de información de la descripción funcional y especificaciones que debe reunir un producto, se encuentra en la etapa de diseño, es innegable su importancia como pilar del flujo de información a través del proceso productivo de una empresa. Todas las aportaciones y transformaciones que sufre la información para la manufactura de un producto, están basadas en lo establecido por el área comercial (mercadotecnia y ventas) e ingeniería. Por ello se considera que la adecuada implantación de un sistema CAD es fundamental para el establecimiento de una plataforma firme en el inicio de la creación de una base de datos, que comienza con el cargado de la información utilizada en ingeniería del producto y que se deberá ir extendiendo al uso, transformación, y enriquecimiento de los demás departamentos, con una estructura lo suficientemente flexible para aceptar los formatos de información requeridos por cada departamento y agilizar el almacenamiento, el procesado y recuperación de la información específicamente solicitada por cada uno de ellos. Estos aspectos de la estructura y los formatos, son quizá, junto con la transferencia de información gráfica y alfanumérica, los más complejos para resolver, puesto que las bases de datos y sistemas de comunicación de computadoras del mercado actual, están sufriendo los primeros intentos de estandarización y normalización internacional, para crear ambientes automatizados por computadora de arquitectura abierta que no estén sujetos al desarrollo tecnológico de un solo proveedor del equipo o del software; existiendo la libertad de tener enlazados y en comunicación equipos de computo de diversas marcas compartiendo recursos de información, transferencia y entrada y salida de diversa naturaleza. Mientras esto sucede, se recomienda enfocar la atención al primer paso de la sistematización del manejo de la información técnica en ingeniería, con al adecuada selección e implantación de un sistema CAD; de ello, dependerá en gran medida el crecimiento del proyecto que persigue mejorar los procesos de diseño y manufactura mediante el uso oportuno de la información por medio electrónicos. Si el CAD no es capaz de mostrar los beneficios que se pueden esperar del manejo de la información por medios electrónicos, será muy difícil que se justifique los demás elementos de un ambiente auxiliado por computadora, si es que en la empresa aun no existe el apoyo de la computadora para las áreas técnicas; sin embargo, si alguno de los elementos que forman un ambiente CIM, mencionados anteriormente, ya hubiesen sido instalados, entonces el enlace de cualquiera de estos con el CAD, hará que la implantación del CAD sea una tarea menos sencilla, puesto que es necesario considerar un requerimiento más específico por el equipo ya existente. Sin embargo se debe procurar que los resultados y beneficios no se retrasen para poder generar confianza en el desarrollo de este tipo de proyectos de tecnologías de punta.



Un beneficio directo que acarrea el intento de sistematización de los procesos de diseño, documentación, manufactura, administración de los siguientes aspectos a manufactura y control de calidad, es la revisión y posible mejora de:

- - equipo existente
- - sistema de documentación e información existente
- - procedimientos existentes
- - de la organización actual
- - de la integración y entrenamiento del personal actual

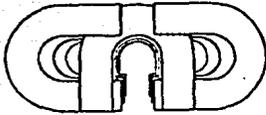
por el solo hecho de ser sometidos consideración. Por lo tanto, la implantación de un sistema CAD, el mismo beneficio inherente que crecerá a medida que el sistema CAD se involucre con otras etapas del proceso de fabricación, a las cuales provee de información.

### 3.8.2) Aspectos que del CIM toma el CAD

En el siguiente capítulo donde se describirá el proceso de implantación real de un sistema CAD, se hará mención de algunos de los puntos e ideas que se han planteado en este capítulo. Algunos de estos puntos serán aplicados totalmente o en forma particular a la tecnología CAD. A continuación se enuncian los conceptos que se trasladan:

- - EL CAD como el CIM perseguirán el objetivo de optimizar los recursos de generación, recuperación y transferencia de información técnica de ingeniería.
- - El CAD como el CIM, utiliza una red de computadoras, una base de datos común, através de un grupo de departamentos de ingeniería, que compartirán y modificarán los datos de esta base para desempeñar sus propias funciones.

- - El CAD comparte con el CIM las siguientes características:
  - Usa los métodos de la Tecnología de Grupos y de las Bases de Datos Orientadas a Objetos para crear productos derivados y clasificarlos.
  - Proporciona beneficios semejantes a los que el sistema CIM proporciona.
  - El CAD aplicará la mismas estrategias, metodologías y fases de implantación de un proyecto CIM.



**Los Sistemas C.A.D.,  
y el Impacto Laboral  
y Humano**

---

## CAPITULO 4

---

# EFFECTOS INTANGIBLES E IMPACTO LABORAL Y SOCIAL DE LA IMPLANTACION DE UN SISTEMA CAD.

---

**OBJETIVO DEL CAPITULO :** Establecer el impacto laboral y social de la introducción de una tecnología de punta como es el Diseño Auxiliado por Computadora.

- Determinar las medidas más adecuadas para administrar el cambio, para la introducción de la automatización de procesos tradicionalmente manuales, disminuyendo el riesgo de fracaso del proyecto debido al rechazo al cambio.

- Exponer algunas experiencias relacionadas con el impacto social y laboral que han sufrido algunos países e industria al introducir sistemas de auxilio a la ingeniería por computadora.

---

### 4.1) IMPACTO DE LAS NUEVAS TECNOLOGIAS EN EL TRABAJO.

---

#### 4.1.1 ) Administración del cambio

La nueva teoría incorpora criterios de asimilación tecnológica, innovación tecnológica y administración del cambio tecnológico. Esta teoría trata de explicar el comportamiento humano ante el cambio tecnológico y proporciona ciertos elementos para suavizar el impacto del cambio y el rechazo a las nuevas circunstancias de producción. Esta teoría se enfoca más en los efectos y la mejora del ser humano y no solo en la manera de mejorar la productividad y eficiencia del proceso productivo de la empresa. Esto es debido quizá porque la 3a. Revolución Industrial se enfoca más en el desarrollo armónico del hombre que ninguna otra revolución.

Esta teoría se fundamenta en el hecho de que no importa que tan efectiva pueda ser la alta tecnología, si esta no es aceptada por la gente que tiende a rechazarla inicialmente. Esto se debe básicamente por que la gente se enfrenta a algo desconocido y que causa temores ante los siguientes hechos:

- Se requieran nuevas habilidades
- Se alteran los patrones de comunicación
- Se disminuyen los espacios de tiempo entre las comunicaciones
- Se redefinen los puntos de influencia, autoridad y control
- Se modifican las funciones, responsabilidades y relaciones de trabajo
- Cambian los dueños de la información

- Aumentan los problemas de privacidad y seguridad
- Evolucionan las técnicas gerenciales y estructuras de organización.

Ante esta situación es necesario "administrar la transición" del cambio:

- 1) Evaluando la cultura actual
  - 2) Definiendo los puntos de fuerza y debilidad de la organización, así como la disponibilidad existente del personal.
  - 3) Planeando la transición:
    - Divulgación y entrenamiento
    - Formación de equipos
    - Rediseño del sistema socio-técnico (organigrama)
    - Rediseño del sistema de soporte (estructura de gerentes)
    - Avance objetivo del proyecto
- Monitoreo

Esta administración de la transición de muestra los siguientes beneficios:

- Una implementación del sistema más fluida y rápida
- Mayor nivel de compromiso al nuevo sistema
- Mayor uso de la tecnología
- Menor resistencia al cambio
- Menos visitas de servicio
- Menor costo de implementación del sistema
- Mayor satisfacción global del personal.

Para esto se recomienda que la gerencia impulse una estrategia de planeación "de arriba hacia abajo" y una estrategia de ejecución "de abajo hacia arriba", como ya se ha mencionado en el capítulo anterior. Se recomienda que los niveles técnicos se encarguen de identificar los beneficios económicos de la automatización de los procesos. Se recomienda estructurar el plan de inversión de 3 a 5 años. Es recomendable implementar los sistemas de información y control en forma integrada. Se recomienda invertir en los recursos humanos para asegurar el desarrollo y avance constante y controlado.

#### 4.1.3) Efectos de las tecnologías en el trabajador y el gerente.

En el trabajador, el cambio tecnológico provoca inseguridad por la amenaza de pérdida de empleo e inadaptación profesional debido a la descalificación de conocimientos adecuados para operar con la nueva tecnología. El cambio tecnológico exige nuevas cualidades profesionales y versatilidad, descalifica el tipo de experiencia

basado solo en la experiencia, despreciando conocimientos y habilidades adquiridas con esfuerzo. Esto provoca una actitud agresiva de rechazo que puede llegar a ser externado hasta por sabotaje.

Esto puede ser contrarrestado por medio de una apropiada divulgación de los efectos directos sobre los intereses de los trabajadores y por medio del entrenamiento constante de los mismos para la adquisición y reforzamiento de nuevos conocimientos y habilidades. Si a esto se agrega el otorgamiento de una responsabilidad específica en la introducción de la nueva tecnología a cada uno de estos trabajadores, es decir se les involucra en el éxito del proyecto, la motivación interna que causará del resultado positivo de esta responsabilidad será muy valiosa para disminuir esta inseguridad y por consecuencia el rechazo a la tecnología. Por otro lado estas medidas de involucramiento del trabajador proveen de expectativas de crecimiento en el trabajo y de desarrollo dentro de la empresa. Es importante señalar que todo esto debe estar apropiadamente soportado por una estructura de progreso salarial adecuado; este punto es esencial, por lo que dentro del proyecto de implantación de una nueva tecnología deberá contemplarse en el plan de inversión, que algunos de los trabajadores involucrados directamente se convertirán en agentes más especializados y por lo tanto se requerirá de una elevación de sus ingresos para poder mantenerlos en la empresa posteriormente a ser capacitados y mantenerlos satisfechos de su trabajo.

En el gerente los efectos de una nueva tecnología son básicamente de cuestionamiento con dudas acerca de los siguientes aspectos:

- ¿cuales son los beneficios reales?
- ¿cual es la manera más adecuada de justificar el proyecto y la inversión?
- ¿cuales son los roles del nivel gerencial y de cada uno de los especialistas tales como ingenieros, técnicos, operadores y usuarios del sistema?
- ¿que problemas de incertidumbre en el trabajo traerá esta tecnología?
- ¿que mejoras en productividad y calidad en el producto traerá realmente esta tecnología?

En una empresa donde las computadoras son escasamente usadas, los diseñadores son forzados a utilizar el sistema, lo que no puede asegurar por si mismo que el sistema será aceptado y el trabajo será optimizado. O bien la dirección contratará a un especialista en computación pero que tendrá que adquirir todo el conocimiento técnico del área de diseño, por lo que este nuevo empleado podrá jugar con el sistema pero en realidad tardará en aplicarlo para eficientar el proceso de diseño.

En casos en que las estructuras de las empresas son afectadas fuertemente por las tecnologías asimiladas, existe también cierta incertidumbre en el trabajo debido a que se puede presentar una reorganización tanto de función de departamentos como de asignación de nuevas responsabilidades a los gerentes.

Esta situación puede ser disminuida también por medio de la adecuada información que el gerente obtenga a través de los proveedores y otras fuentes al alcance de él.

En realidad, los gerentes deben trabajar con los proveedores de equipos y programas para organizar pláticas y cursos para entrenar adecuadamente a los usuarios en el nuevo sistema de diseño.

## 4.2 ) EL CAD EN LA ORGANIZACION DE TRABAJO.

### 4.2.1 ) Cambio del sistema de trabajo con el CAD (3)

En una encuesta realizada en 15 empresas líderes, con la participación de 280 hombres en 132,000 horas de trabajo, se obtuvo una distribución del tiempo para distintas actividades relacionadas con el manejo de la información gráfica:

- 30% Diseño
- 19% Concepción
- 8% Documentación
- 8% Información
- 7% Planos de fabricación y ensamble
- 6% Verificación
- 5% Cálculo
- 4% Nomenclatura
- 3% Modificación de cotas
- 1% Análisis de piezas repetitivas
- 9% Diversas tareas

Como se puede observar la tercera parte del tiempo es directamente actividad de diseño.

Esto implica que el apoyo a la optimización de las funciones de diseño reducirá notablemente el tiempo del proyecto, así como también la posibilidad de generación de errores.

Por otro lado en otra encuesta realizada con otro grupo de empresas líderes, se obtuvieron datos promedio en la reducción del tiempo de diseño y en la probabilidad de generación de errores en la transferencia de información para la fabricación de herramientas de los productos diseñados en CAD:

- a) Probabilidad de generación de errores:

Método de Fabricación	Método de diseño y transferencia		
	Manual	CAD	CAD/CAM
Arranque de viruta	90%	45%	25%
Sin arranque de viruta	75%	30%	5%

- b) Reducción del tiempo de en actividad de diseño

El promedio de reducción de tiempo promedio fluctuó entre 30%-75%

Por lo que se puede observar que el sistema CAD reduce notablemente el tiempo de diseño posibilitando que se dedique más tiempo para una mejor concepción de ideas.

Sin embargo este sistema computarizado exige más atención del operador, puesto que se tiene que establecer un diálogo con la computadora y es necesario que el operador se mantenga atento a las respuestas y reacciones del sistema, lo que monopoliza la mirada del diseñador, destruyendo las posibilidades de conversación con los compañeros, lo que hace su trabajo más solitario.

El constante desarrollo y optimización de los sistemas por medio de la actualización de versiones de programas o mejoramiento de equipo descalifican a los operadores de un porcentaje de habilidades adquiridas con versiones anteriores, y también lo imposibilitan de poder resolver problemas mayores con el programa o el equipo que lo imposibiliten de continuar con su trabajo.

Esta incapacidad, para resolver problemas mayores con programas o equipos del sistema son trasladadas a la necesidad de subcontratación externa de consultores o de técnicos para el servicio. Esta subcontratación externa se puede extender desde el mantenimiento electrónico, análisis y programación, y el mantenimiento menor de equipos.

El sistema CAD transforma la división técnica del trabajo, los flujos de información y los procesos de control de la misma.

#### 4.2.2 ) Educación, cambio de actitud y entrenamiento

Como se ha mencionado anteriormente el aspecto de la divulgación de la naturaleza de la tecnología por implementarse, un entrenamiento adecuado en las áreas de trabajo de los diferentes usuarios, tales como técnicos, diseñadores, ingenieros y supervisores, así como un adecuado soporte en la operación y la modificación de los procedimientos de diseño y manejo de la información, son esenciales para obtener una introducción suave de una tecnología nueva que puede impactar fuertemente el nivel de operación del departamento de ingeniería, ya sea negativa o positivamente.

La primera etapa o etapa de divulgación deberá esclarecer todas las expectativas de los trabajadores que estarán involucrados directamente con el sistema. De esta etapa depende un gran porcentaje del éxito del proyecto, puesto que aquí se cambiará o establecerá la actitud a favor o en contra del proyecto y se definirá el nivel de colaboración de cada involucrado.

La segunda etapa o entrenamiento deberá estructurarse de manera que cubra las necesidades específicas de cada nuevo usuario, no más y no menos, contará con una formación central básica tal como sistemas operativos, manejo de archivos y prácticas estándar de operación del equipo y programas existentes. Posteriormente, el entrenamiento especializado dependerá del número de diferentes funciones que existan en el departamento de diseño, cada una podrá especializarse en una parte del CAD o bien abarcar más de un área de especialización según lo requiera la función a la que se entrene. El entrenamiento deberá ser paulatino y con mucho reforzamiento práctico, es recomendable un equilibrio de 40% teoría y 60% práctica con ejercicios realistas del área de trabajo.

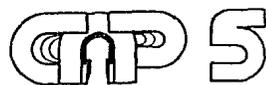
Por último la etapa de apoyo en operación reforzará el aprendizaje obtenido en las sesiones de entrenamiento, que como ya se mencionó tendrá se recomienda que sea

dosificado en varios módulos o sesiones con objetivos específicos por cada uno de los niveles de responsabilidad del departamento de diseño, es decir, el nivel técnico recibirá un entrenamiento más simple que el entrenamiento recibido por el diseñador, y este a su vez recibirá un entrenamiento diferente al ingeniero y al supervisor.

En esta etapa también se comienza el estudio de modificación de procesos, en donde la retroalimentación de los usuarios tendrá un gran efecto.

#### **4.2.3 ) Productividad y sus parámetros**

Se recomienda ser muy cuidadoso en el establecimiento de los criterios de productividad, así como en el intervalo de tiempo que se dé para seguir tomando medidas de desempeño para medir la productividad. Hay que entender que al principio el número de errores y el tiempo que tomará llevar a cabo los diseños será mayor que el que se toma el diseño tradicional. Esto dependerá del tipo de entrenamiento y soporte que se brinde a los usuarios del sistema CAD, sin embargo se puede asegurar que siguiendo las recomendaciones aquí presentadas, los resultados favorables se verán en intervalo de meses, quizá de 4 a 7 meses.



**Proyecto de Implantación  
de un Sistema Inicial de  
C.A.D.**

## CAPITULO 5

# IMPLANTACION DE UN SISTEMA INICIAL DE CAD

**OBJETIVO DEL CAPITULO:** Aplicar la teoria expuesta a un caso práctico de implantación de un sistema CADD en un departamento de ingeniería.

- Aplicar los principios expuestos en los capítulos anteriores, de planteamiento, evaluación e implantación de proyectos de incorporación de nuevas tecnologías, a los procesos de diseño y manufactura, en un caso real de la industria metalmeccánica nacional.
- Presentar los datos utilizados de cada una de las fases ejecutadas en el proyecto de implantación del sistema CAD al proceso de dibujo, diseño de juntas de cabeza, rêtenes y el diseño de herramental para su fabricación.
- Demostrar el potencial de un sistema básico de CAD y su rentabilidad aún en las primeras etapas de uso: dibujo y diseño, antes de efectuar inversiones para ejecutar funciones de análisis o control numérico.

### 5.1 ) ANTECEDENTES

Una de las principales causas que generan el rezago tecnológico de las empresas medianas y pequeñas, es la idea errónea, de que la asimilación de tecnología de vanguardia requiere de altas inversiones y programas de compleja ejecución.

TECNOLOGIA DE VANGUARDIA	
TABUES DE SU ADAPTACION A LA PEQUEÑA Y MEDIANA INDUSTRIAS	CARACTERISTICAS DE UN SISTEMA INICIAL C.A.D. (C.A.D.D)
▲ ALTA INVERSIONES INICIALES	INVERSION INICIAL MODERADA PC'S
▲ FUERTES PRESUPUESTOS DE MANTENIMIENTO	MANTENIMIENTO DE EQUIPO DE COMPUTO Y SOFTWARE
▲ LARGOS PERIODOS DE AMORTIZACION DE LA INVERSION	CORTOS PERIODOS DE AMORTIZACION DE LA INVERSION
▲ MODIFICACION CONSIDERABLE DE INSTALACIONES Y ESTRUCTURAS DE OPERACION	MODIFICACION CASI NULA DE INSTALACIONES Y CAMBIOS PAULATINOS EN OPERACION
▲ ALTO GRADO DE ESPECIALIZACION DEL PERSONAL INVOLUCRADO	CAPACITACION DEL PERSONAL YA EXISTENTE
▲ SOFISTICADOS Y TARDADOS PROGRAMAS DE CAPACITACION	ADiestRAMIENTO ESTRATIFICADO SEGUN NIVEL DE APLIC.
▲ TIEMPOS CONSIDERABLES DE ADAPTACION	CURVA DE ADAPTACION MARCADAMENTE EXPONENCIAL
▲ RESISTENCIA AL CAMBIO DE LOS NIVELES OPERATIVOS	RESISTENCIA DISMINUIDA POR ADECUADA INFORMACION
▲ CAPACIDADES SOBREPASADAS DE LA TECNOLOGIA PARA EL PROCESO COTIDIANO, QUE PUEDEN DERIVAR EN INVERSIONES OCOSAS	MODULARIDAD Y FLEXIBILIDAD EN EQUIPOS Y SOFTWARE QUE SATISFACEN LAS NECESIDADES PRESENTES

Frecuentemente se considera que la aplicación de tecnología de vanguardia a los procesos productivos sólo está a disponibilidad de las empresas consideradas como grandes o pertenecientes a grupos que apoyan fuertemente la actualización tecnológica, y en momentos en que los niveles de operación permitan dedicar tiempo completo a la adaptación de estas tecnologías a los métodos cotidianos de trabajo. Sin embargo el rápido crecimiento, cambio y desarrollo de las nuevas técnicas, metodologías y dispositivos modernos permiten que los costos de la implementación de una nueva tecnología disminuyan notablemente en periodos relativamente cortos y hacen que la espera del momento idóneo para llevar a cabo la incorporación de la nueva tecnología genere una brecha creciente entre la técnica aplicada en la empresa y la existente en el mercado y a la empleada por la competencia. La microelectrónica y la programación aplicada a facilitar las funciones de ingeniería, son claros ejemplos de disciplinas tecnológicas que están en constante progreso.

El Diseño Auxiliado por Computadora (CAD) se deriva del avance de estas dos disciplinas. Por ello se comporta bajo el perfil de mejoras continuas y de costos cada vez más accesibles a un mayor número de empresas. La tecnología CAD es cada vez más aplicable a mayor número de empresas de menor tamaño.

Aquí mencionan algunos detalles que sobresalen al elaborar un programa de actividades que pretende abarcar la mayoría de los aspectos que pudieran obstaculizar la realización de un proyecto de inversión moderada con resultados a corto plazo, en la sistematización del diseño de ingeniería. Para ello los gerentes de nivel medio, que conjugan los conocimientos técnicos y los administrativos, son los indicados para desmentir los falsos planteamientos que se dan acerca de la incorporación de nuevas tecnologías a procesos ya existentes. Para lograrlo, es necesario utilizar herramientas de planeación que en las empresas medianas y pequeñas de México pocas veces se respetan.

En este capítulo se describirá la metodología de implantación del CAD y su vez muestran los datos obtenidos durante la aplicación de esta metodología al caso real que se llevó a cabo en una empresa mediana fabricante de autopartes, en específico, juntas de sello para motor automotriz.

## 5.2) IMPORTANCIA DE LA TECNOLOGIA CAD EN LA INDUSTRIA METAL MECANICA.

---

### 5.2.1) La tecnología y la conquista de nuevos mercados.

Actualmente las empresas grandes, las empresas que contratan la maquila de otras, generalmente más pequeñas, ya no sólo seleccionan a estas por los menores costos, sino también por el aseguramiento de calidad y suministro de cualquier requerimiento que se presenten. Es por ello que se están extendiendo cada vez más, los programas de estrechamiento de clientes con proveedores para que estos cumplan con la tecnología suficiente que origine permanentemente el cumplimiento de sus especificaciones de calidad y entrega. Este es el caso de la relación existente entre las industrias automotrices de la rama terminal, conocidas también como armadoras, y las empresas que les surten a estas de las partes y componentes para el ensamble de los vehículos automotores. Programas de asociación (partnership) entre empresas como Ford, Chrysler y General Motor con empresas medianas como Moresa, Champion, Hella, TF Victor, Tremaq, etc. se establecen para asegurar calidad, precio, entrega y utilidad a ambas partes de la asociación. La asociación consiste en la mayoría de los casos en el aseguramiento de

# APORTACION CADD A REQUISITOS DE CALIDAD

REQUERIMIENTOS DE CALIDAD  
DE EMPRESAS CONTRATANTES

ACTIVIDADES SUSCEPTIBLES  
A REALIZARSE EN CADD

MEDIOS DISPONIBLES  
EN PAQUETES CADD

PLANEACION DE CALIDAD

Hojas de Operacion  
Hojas de Inspeccion  
Generacion  
Archivo  
Recuperacion  
Modificacion  
Divulgacion

Formatos Base y Patrones

CONTROL DE MATERIALES

Listas de Materiales  
Especificaciones  
Calculo de Cantidades  
Calculo de Costos

Formatos Base y Utilerias

CONTROL DE MEDICION  
E INSTRUMENTOS

Elaboracion de Plantillas  
Diseño y Fabricacion de  
Dispositivos Pasa-No pasa

Transferencia de las  
geometrias del Diseño

CONTROL DEL PROCESO

Elaboracion de Diags. de Flujo  
Layouts  
Diseño y Requisito de Herramiental  
Modificaciones al proceso

Librerias de simbologia  
Análisis de distribucion de Planta  
Análisis sencillo de interferencias  
Facilidad para Analisis "what if.."

CONTROL DE CALIDAD  
DEL PRODUCTO TERMINADO

Listas de Partes

Formatos Base y Utilerias

CONTROL DE CAMBIOS EN  
DIBUJOS Y ESPECIFICACIONES

Control y Mantenimiento  
de la Informacion de Diseño  
Generacion  
Archivo  
Recuperacion  
Modificacion  
Divulgacion

Base de Datos Grafica: Diseños  
por creacion, duplicacion y modificacion  
Funciones: Creacion  
Edicion  
Verificacion  
Dimensionado

GARANTIA Y SERVICIO

Comunicacion tecnica mas estrecha  
Intercambio directo de informacion

Transferencia de informacion grafica  
con clientes y proveedores con CAD  
por traductores directos o universales.

pedidos a mediano plazo, transferencia de tecnología y cumplimiento de las especificaciones y normas de calidad de la empresa armadora.

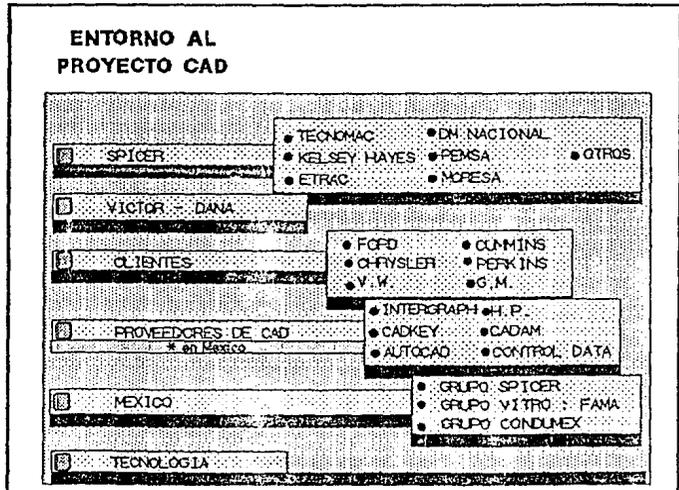
Para poder establecer este tipo de relación entre este tipo de empresas es necesario someterse a una evaluación de calidad por parte de la armadora automotriz, en donde la empresa fabricante de autopartes debe comprobar los sistemas con que cuenta para asegurar la calidad de los productos que la armadora adquiere y de tomar las acciones adecuadas cuando un problema se presente.

En estas evaluaciones, la existencia de el sistema CAD interviniendo en el diseño y la documentación, es en muchos casos un requisito indispensable para ser elegido. En el caso de que ya exista se debe demostrar una adecuada administración de la información que genera el sistema. Ahí radica la importancia de una adecuada implantación del sistema CAD y de su correcta operación, pues es un factor que influye en la obtención de pedidos de nuevos productos.

5.2.2) El CAD y la Industria Metal-Mecánica.

Los beneficios que un sistema de CAD brinda a una empresa de cualquier ramo manufacturero, en especial metal-mecánico, han sido demostrados claramente desde los años 70's por General Motors, McDonnell Douglas, Boeing, etc.; empresas principalmente del sector automotriz y aeronáutico, cuyos factores críticos son la alta diversidad de componentes, los volúmenes de estos, las estrictas tolerancias de fabricación, los periodos tan cortos de modificación y desarrollo de nuevos modelos.

Estas circunstancias se presentan de una u otra forma en cualquier fábrica. Por ello, es ciertamente aplicable esta tecnología a un proceso de diseño universalmente llevado a cabo por cualquier departamento de ingeniería.



En México, el grupo Vitro ha adaptado con una alta eficiencia este tipo de tecnología a sus procesos de diseño y manufactura en el ramo del vidrio; por lo que es posible apreciar que en México se pueden adaptar a nuestras propias circunstancias y necesidades específicas estos sistemas.

### 5.2.3) La Gerencia media y la actualización tecnológica.

Estas premisas son en general del conocimiento de los niveles gerenciales, pero en especial de los gerentes de nivel medio, que buscando la mejora de las operaciones, tienen que luchar contra las ideas tradicionales, por un lado de la alta gerencia, que persiste en la creencia de obtener mejoría en las utilidades con la mínima inversión, y por otro lado, con la resistencia al cambio de procedimientos, de los niveles operativos: empleados y trabajadores.

Ante ello el gerente de nivel medio, convencido de los beneficios generales de un sistema CAD, debe ser lo suficientemente capaz de preparar, por una parte, una justificación económica, técnica y organizativa para obtener recursos y apoyo de la alta gerencia, basada fundamentalmente, por otra parte, en una estrategia o plan de implementación del mismo tipo, que tome en cuenta los aspectos técnicos, administrativos y las reacciones que en los niveles operativos se pueden presentar; esto le permitirá vencer esa resistencia al cambio para conseguir resultados objetivos a corto plazo que retroalimenten y animen al crecimiento del proyecto, tanto en los niveles altos como en los inferiores.

En la siguiente página se muestra una agenda con los principales puntos que deben de fueron tomados en cuenta y ejecutados para incorporar con éxito el sistema de CAD al sistema tradicional de diseño de ingeniería de nuestro caso real.

### 5.2.4) La justificación del proyecto CADD

La única manera en que una nueva tecnología puede ser justificada es por medio de la comprobación de un funcionamiento mejor al obtenido por los sistemas actuales y desde luego comprobando reutilización en la inversión hecha. Aunque a continuación se presentan algunos criterios de medida de desempeño y justificación económica para la toma de decisiones, es importante señalar que ninguno de estos parámetros es útil si no existe un convencimiento y apoyo previo y decidido por parte de la alta dirección de la empresa. Debe quedar claro que la implantación de un sistema CAD no es una decisión de tipo económico, ni tecnológico sino estratégico. Esto se debe básicamente a que muchos de los beneficios otorgados por el sistema CAD son intangibles o difíciles de cuantificar. Algunos de ellos se han enumerado ya anteriormente en este capítulo.

Existen dos formas de analizar el desempeño del sistema, uno por medio de parámetros individuales directos y la otra por medio de técnicas de cálculo combinado de factores de costo, productividad y eficiencia de operación. Es necesario apuntar que ninguno de estos criterios dan por sí solos una respuesta clara para una adecuada toma de decisiones, es necesario combinar más de uno de estos parámetros para evaluar apropiadamente el desempeño de un sistema CAD en comparación con el sistema manual.

Dentro de los parámetros individuales directos se encuentran:

- - Coeficiente de número de dibujos generados en CAD por aquellos generados manualmente.
- - Coeficiente de errores por dibujos elaborados

# MAPA DE LA AGENDA MAESTRA DE PLANEACION

# PROYECTO C.A.D.

## PERFIL DEL PROYECTO

### ORIGEN DEL PROYECTO

- \* PROPOSITOS INICIALES
- \* OBJETIVOS ORIGINALES
- \* ALCANCES
- \* ENTORNO CAD

### CRITERIOS DE IMPLEMENTACION

- \* OBJETIVOS ESPECIFICOS
- \* METODOLOGIA
- \* RECURSOS
- \* METAS Y RESULTADOS

## PLANEACION

## CONTROL

### TECNICO

### ORGANIZACION

### ADAPTACION

### ECONOMICO

<p>1) Análisis y Diagnostico de los departamentos de Ingeniería.</p> <p>2) Definición de Producto, Proceso y Huecos. Alternativas de modernización.</p> <p>3) Determinación de la metodología de implementación para las áreas susceptibles a incorporar CAD.</p> <p>4) Etapas del proyecto de cada área: - actividades - resultados esperados.</p> <p>5) Recursos requeridos: - software: evaluación - hardware: configuraciones - otros: soporte y asesoría.</p> <p>6) Limitantes actuales.</p>	<p>1) Identificación de la organización actual: - organigrama - proceso de ingeniería - flujo de información</p> <p>2) Ubicación y modificaciones implicadas por CAD al proceso y al flujo.</p> <p>3) Recursos requeridos: - administrativos - humanos</p> <p>4) Áreas involucradas indirectamente.</p>	<p>1) Divulgación de la tecnología CAD a toda el área de Ingeniería.</p> <p>2) Proceso de familiarización del personal directamente involucrado: - Manejo de PC's - Tipos de paquetes - Paquetes gráficos</p> <p>3) Entrenamiento: aplicación específica del paquete a las funciones de cada puesto de las áreas aplicables en CAD.</p> <p>4) Investigación y desarrollo de las alternativas de crecimiento futuras del sistema CAD.</p>	<p>1) Beneficios esperados en cada etapa: - Calidad - Tiempos de respuesta - Base de Datos común.</p> <p>2) Grados de eficiencia planeados: - tiempos de redibujo - precisión - consistencia y homogeneidad de la información.</p> <p>3) Costos de operación</p> <p>4) Inversiones adicionales: - equipo - programas: evaluación - R. Humanos - tiempo</p>	<p>1) <b>Objetivos</b></p> <p>2) <b>Criterios básicos</b></p> <p>3) <b>Metodología de evaluación</b></p> <p>4) <b>Tiempo de implementación</b></p> <p>5) <b>Costo de implementación</b></p>
---	---	--	--	---

- - Coeficiente de tiempo de modificación de derivados por tiempo de generación de diseños nuevos.
- - Coeficiente de dibujos generados por hora por dibujante
- - Coeficiente de dibujos a tiempo enter dibujos requeridos
- - Coeficiente de costo de error de diseño por costo total de producción.
- - Coeficiente de costo de transferencia y generación de dibujos de herramienta y calidad por número de partes a producir.

Dentro de las técnicas de cálculo combinado se encuentran:

- Técnica de Shah&Yah es una aplicación específica del la técnica de evaluación "costo-beneficio" a la justificación de sistemas CAD. Esta técnica sirve principalmente para:

- Justificar el costo de adquisición de un sistema CAD
- Determinar el número de estaciones de trabajo para desempeñar el trabajo de diseño y dibujo de la manera más eficiente posible.
- Evaluar el desempeño de sistemas ya instalados.

Esta técnica ha sido extraída del libro "CAD/CAM Systems Justification , Implementation, Productivity Measurement" y fue presentada en el artículo referido en este subcapítulo.

Esta técnica involucra los costos de instalación de equipo, desarrollo de software, entrenamiento y operación, así como los beneficios obtenidos en la generación de diseños y dibujos de diversos proyectos, tomando en cuenta la eficiencia en operación del sistema y otros elementos. Las expresiones matemáticas que definen el cálculo de estos índices se encuentra en el apéndice de este trabajo.

- Técnica de Valor de Impacto del Uso de Computadora que es calculado como el cociente de la diferencia de los ahorros obtenidos por la utilización actual del sistema CAD entre los ahorros obtenidos en el caso de máxima eficiencia de utilización del sistema CAD. Es aplicable para:

- Determinar el número aproximado de usuarios que deben utilizar el sistema CAD.
- Determinar el incremento del utilización de equipo existente.
- Determinar la cantidad de trabajo hecho en computadora, en caso de que no todod el trabajo de diseño y/o dibujo sea desarrollado en el CAD.

- Técnica PRAY es una medida de productividad de trabajo de diseño, que es utilizada cuando se mide la productividad en número de dibujos liberados por el número de horas requeridos para hacerlo y la calidad de estos o el número de dibujos que requieren correcciones después de su liberación. La disponibilidad del equipo también se mide como una fracción de tiempo programado disponible. El entrenamiento y mantenimiento son considerados como tiempo programado no disponible. La expresión que proporciona esta medida es:

$$P = RAY$$

donde P = Productividad

R = Número de dibujos liberados por hora ingeniería

$A =$  Disponibilidad del sistema (cociente del tiempo productivo del sistema entero el total del tiempo programado)

$Y =$  Cociente de dibujos correctos enter el numero de dibujos realizados.

Un inconveniente de estos criterios es que exigen un gran acopio de información y mantenimiento de registros de tiempos y costos y desempeños, que de no existir tienen que ser estimados para poder hacer el estudio comparativo entre el sistema manual y el CAD, por ello, se recomienda que inicialmente el sistema CAD corra en paralelo con el sistema tradicional para poder validar los datos del estudio comparativo de justificación del sistema por medio del desempeño de ambas modalidades.

### 5.3) ALCANCE DEL PROYECTO DE IMPLANTACION CAD

El plan de la implementación de un sistema CAD puede ser tan ambicioso como las necesidades que tenga la empresa de crecer o hacer más eficiente los siguientes procesos:

- la administración y generación de sus dibujos
- la generación y modificación de nuevos diseños
- desarrollo y optimización de los diseños ya existentes
- y la automatización de su manufactura

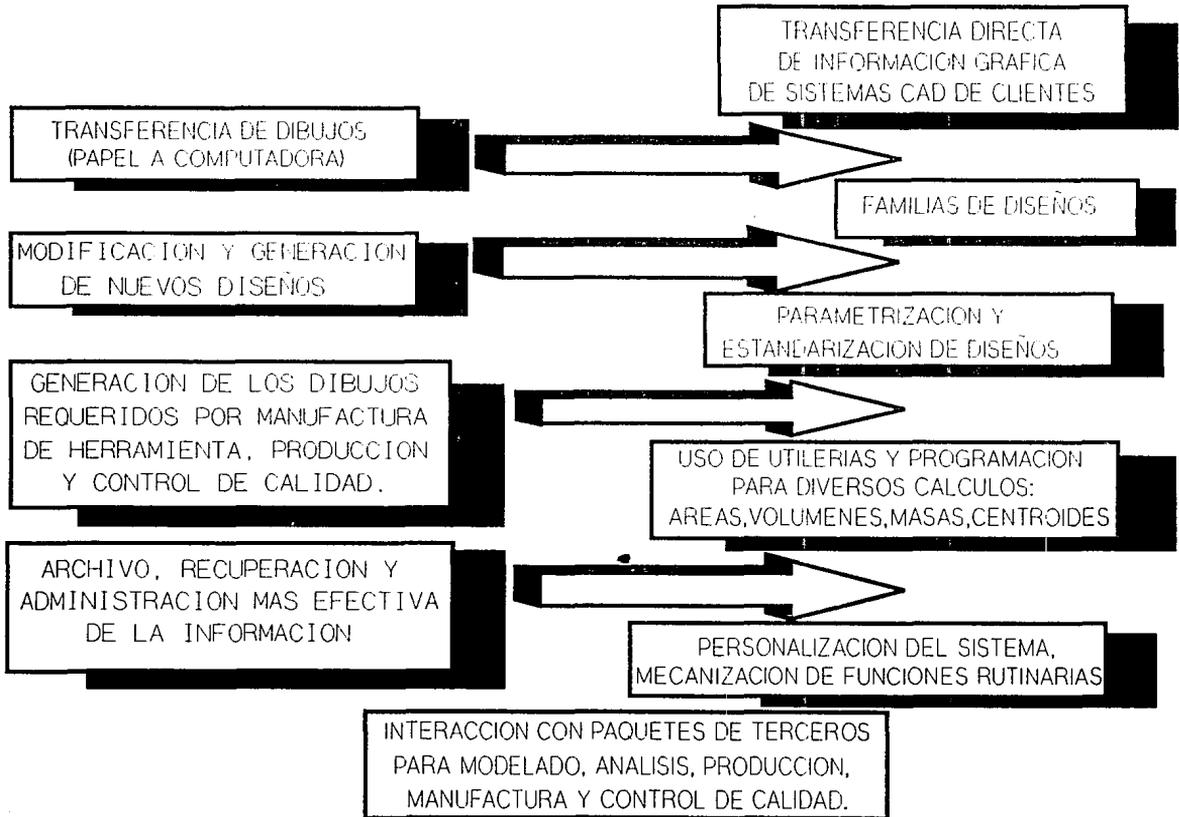
o bien, puede ser tan limitado como la simple sustitución de restiradores por una pantalla y un teclado. Evidentemente, el nivel de aplicación de un sistema CAD se reflejará en los resultados de mejoramiento de tiempo y calidad, y será efecto del grado de ambición y perspectiva del crecimiento potencial del sistema, expresado desde el inicio en el planteamiento del proyecto. Esto depende en gran medida del conocimiento que se tenga de los beneficios reales que diferentes sistemas de CAD han brindado en otras empresas.

En el caso TFV, el propósito original del proyecto de incorporación del CAD fue automatizar la generación de dibujos tanto de los generados localmente como transferir desde Chicago los diseño ya existentes generados por la planta matriz que desarrollaba los diseños de las juntas en conjunción con los diseñadores de las plantas armadoras. Sin embargo, posteriormente el alcance del sistema se amplió, resultando la siguiente lista de funciones para el CAD:

- Sustituir los dibujos de papel por una base de datos con los diseños de juntas
- Reducir los tiempos de generación y reproducción de dibujos de especificación
- Reducir los tiempos de generación de plantillas de fabricación de suajes y verificación de productos.
- Reducir el índice de inexactitud del producto de 0.010" a 0.003"
- Generar las mascarar de para la fabricación de pantallas de serigrafía
- Reducir el tiempo de desarrollo de dibujos para productos derivados.
- Reducir el tiempo de diseño y fabricación de troqueles de corte y embutido
- Reducir la inexactitud de cálculo de materia prima por la automatización de calculo de desarrollo de material para dobleses y distribución de arreglos en suajes múltiples y tiras en troqueles progresivos.

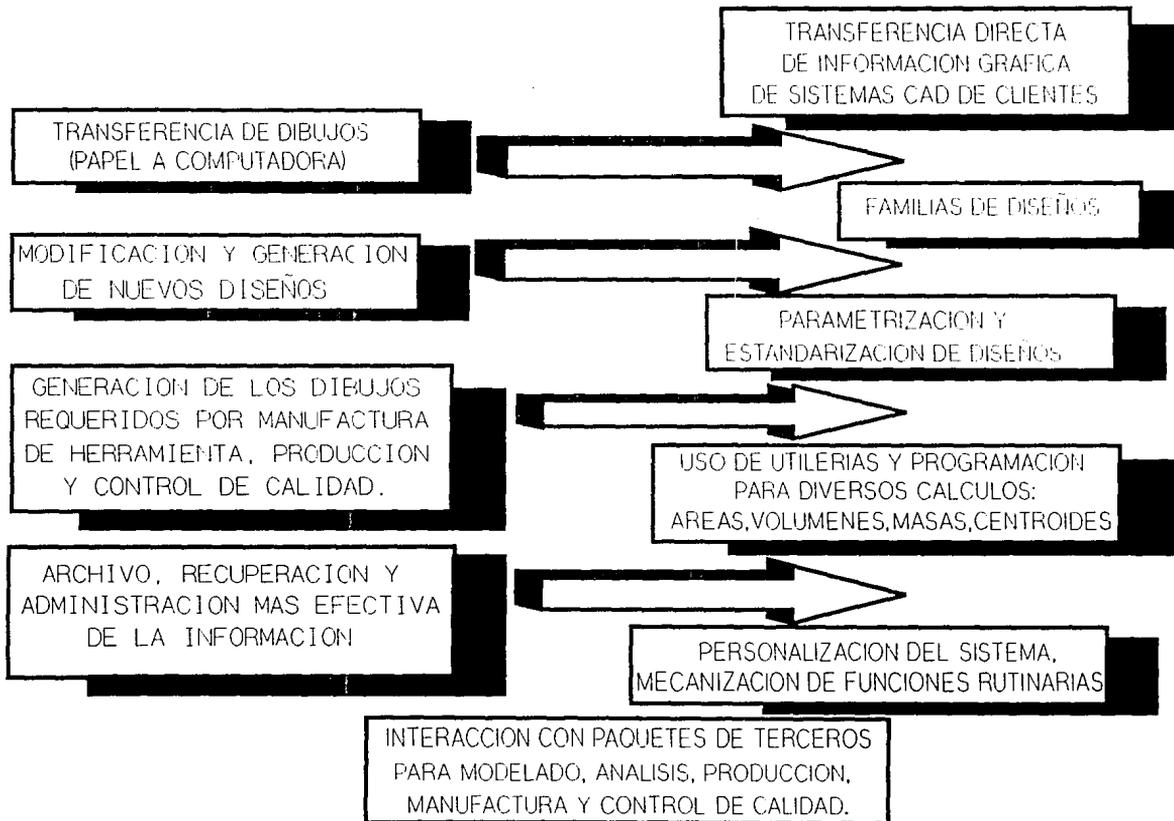
## USO SIMPLE DE UN SISTEMA CADD

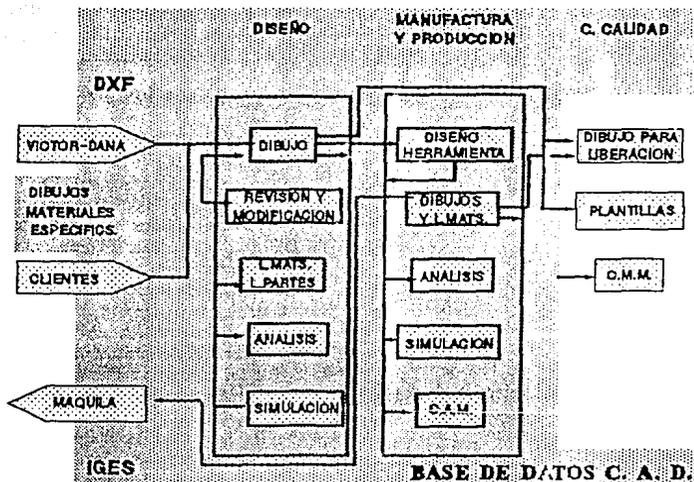
## POSIBILIDADES DE USO MAS EXTENSO DEL CADD



## USO SIMPLE DE UN SISTEMA CADD

## POSIBILIDADES DE USO MAS EXTENSO DEL CADD





- Generación de las ayudas visuales para las instrucciones de operación en producción normal, de cada una de las estaciones de trabajo del grupo tecnológico.
- Transferencia de los diseños para generación semiautomática del diseño de troqueles de corte y embutido.
- Abrir canal de comunicación de información técnica con las armadoras.

Estas otras posibilidades de aplicación facilitaron la justificación de inversión inicial y del perfil de crecimiento del sistema que más adelante se describirán.

### 5.3.1) Estrategia básica del proyecto

Es natural pensar que no es posible cambiar drásticamente las actitudes de la alta gerencia y de los niveles operativos, por ello, es importante considerar que la iniciación de un proyecto de implementación de esta naturaleza, debe tener presente una inversión inicial moderada con resultados objetivos y mejoras medibles a corto plazo, que permitan fomentar la participación de los involucrados en las decisiones y en las acciones.

### 5.3.2) Tipo de empresas elibles para la aplicación de la estrategia

Dado que en muchas empresas mexicanas de tipo mediano y pequeño los sistemas de operación y administrativos, son producto de la cotidianidad y no de un plan definido previamente, es posible enfatizar algunos aspectos que muchas veces se pasan por alto por adolecer de esta planeación, previa a la puesta en marcha de cualquier proyecto y en especial de uno de esta naturaleza, donde la sustitución de tecnología es rechazada por el desconocimiento de sus beneficios, los resultados poco alentadores de la improvisación y el miedo al riesgo del fracaso. Ante esta situación se tienen que involucrar aspectos tanto de planeación estratégica, administración, sistemas, aspectos de diseño y manufactura, aspectos laborales y humanos, por lo que es importante generar

una adecuada estrategia de implantación que incluya ventajas tanto para los directivos de la empresa, como para los futuros operadores del sistema CAD. A continuación se presentan las actividades requeridas para plantear un buen diagnóstico de la situación de operación actual y una estrategia de incorporación del sistema a todos los niveles.

### 5.3.3) Proyecto de inversión reducida con resultados a corto plazo

Como se mostró en el capítulo 3, existen dos posibles enfoques o estrategias de incorporación de una nueva tecnología CAX (función o proceso "x" auxiliado por computadora). Una de ellas es la incorporación horizontal, en donde, en este caso la tecnología CAD, se introducirá de un 80% a un 100% en el primer proceso de ingeniería, ya sea este dibujo y/o diseño de los productos antes de continuar con el siguiente proceso en el flujo de desarrollo de productos que pudiese ser diseño y/o análisis y/o diseño de herramental. La otra estrategia es la incorporación vertical, que significa integrar el sistema en todos los niveles del proceso de ingeniería mediante la incorporación del sistema CAD al desarrollo completo de un producto y su herramental. De esta manera, todos y cada uno de los departamentos participan en el proyecto piloto que brindará información y una muestra de los beneficios de la implantación al proceso a corto plazo. En TFV se trabajó utilizando las dos estrategias simultáneamente. Por una parte se comenzó con el cargado en la base de datos de todas las numeraciones de partes de mayor movimiento en todos los mercados, esto es, se cargaron juntas duras, juntas blandas, retenes y partes de hules de los mercados de equipo original, mercado libre y exportación, y simultáneamente, TFV seleccionó la implantación del sistema CAD al desarrollo de una línea específica de retenes. El diseño fue realizado totalmente de manera interna y la manufactura de los moldes se hizo en forma externa y remota en Chicago mediante la transferencia de información vía diskette. La página siguiente muestra parte de la estrategia de aplicación del sistema CAD al diseño de retenes.

Algunos de los objetivos alcanzados por este proyecto piloto fueron los siguientes:

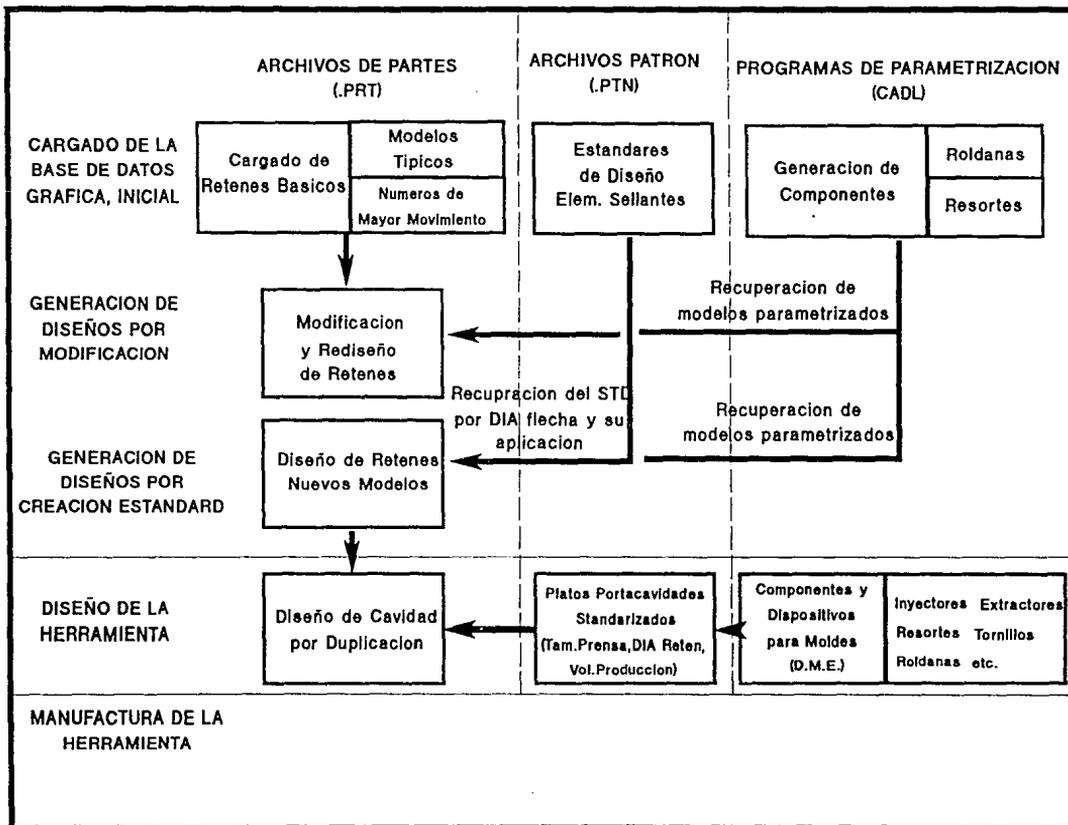
- El proyecto a corto plazo cumplió con todas sus funciones:
- Se redujo el tiempo de desarrollo de producto de 6 a 3 meses
- Se plantearon los enfoques básicos de diseño por creación, por modificación y por patrón.
- Se definieron las primeras etapas de estándares de uso del sistema CAD para el diseño de producto.
- Se estableció el procedimiento de uso de información de diseño de producto para el diseño de herramental
- Se inició el proceso de comunicación con proveedores de manera electrónica.
- Plantó a los directivos, diseñadores y dibujantes los potenciales beneficios de aplicación del sistema CAD al proceso de diseño, documentación y transferencia electrónica de información gráfica.

## 5.4) ACTIVIDADES PREVIAS A LA DEFINICIÓN DEL PROGRAMA.

Para poder plantear un buen programa de implementación y un plan de inversión convincente, con las características de inversión inicial reducida y resultados objetivos

# PROCESO DE DISEÑO DE RETENES

# APLICACION DEL SISTEMA C.A.D.D. A RETENES





y medibles a corto plazo, fue necesario establecer un diagnóstico de los siguientes puntos:

- indispensable conocer y esclarecer concretamente las características o perfiles de los productos fabricados, de los procesos que siguen y del flujo de información que se asocia a estos.

En TFV los productos fueron determinados como componentes con estructura plana en general, las geometrías de los contornos de las piezas presentan intensa labor de trazo geométrico en 2D. y la presencia de múltiples orificios, en su mayoría circulares concentran la mayor parte del trabajo de generación del dibujo solo en la acotación adecuada de la pieza. Los diferentes diseños de las juntas se encuentran agrupadas en familias, que en la manufactura son manejados como diferentes Grupos Tecnológicos, la característica de agrupación esta dada por los siguientes puntos:

Tamaño de la Junta

Aplicación (Marca de motor que lo requiere)

Tipo de Construcción de flange o arillo de cámara de combustión:

Simple, Reforzado, Traslapado, Ajustado, Con vena o sin vena

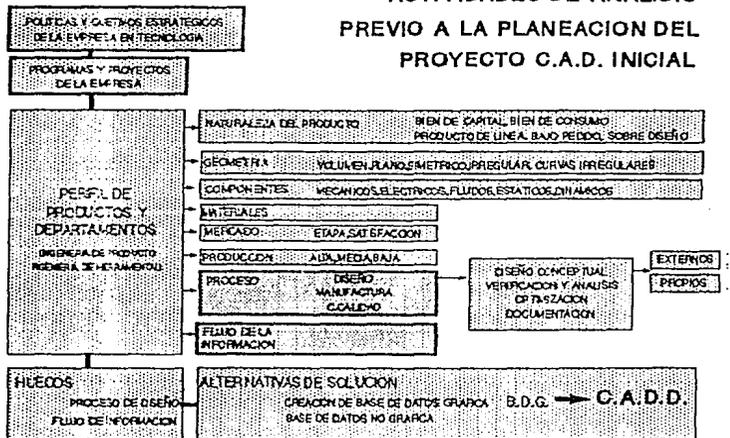
Material del cuerpo de la junta: Corcho, Fórmula, Aluminio o CRS

Mercado al que se encuentra dirigida la junta: ML, EO, EX

Parte del motor que sella: múltiples, cabeza, carburador.

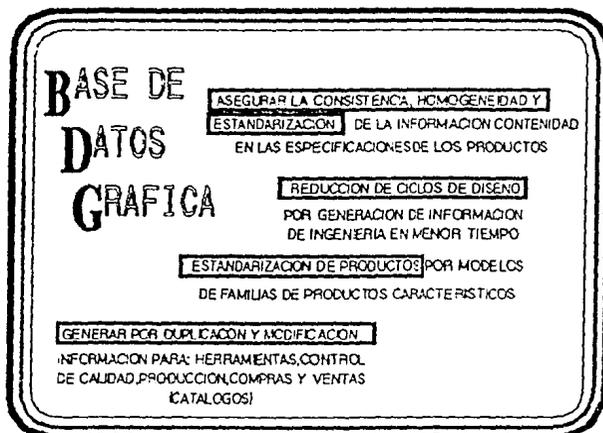
Procesos adicionales requeridos: saturados, serigrafía, pavonado o fosfatado.

### ACTIVIDADES DE ANALISIS PREVIO A LA PLANEACION DEL PROYECTO C.A.D. INICIAL



Es necesario especificar las necesidades inmediatas que el proceso de diseño y manufactura tienen, y que un sistema de este tipo puede satisfacer en primera instancia; para después pensar en el desarrollo de nuevas funciones; es decir, dentro del proceso de diseño de un producto donde el CAD puede auxiliar, se destacan

algunas tareas que han sido comunmente las más viables para iniciar un programa de implementación. Entre ellas se encuentra que los departamentos de ingeniería optan por comenzar con la sistematización de la documentación. Muchos consultores extranjeros aseguran que la implementación de un sistema CAD se hace más efectiva y redituable a medida que se crea y se articula una base de datos de ingeniería en la computadora, que contenga la información que convencionalmente era archivada en grandes volúmenes de papel y con tiempos de recuperación extensos. Esto permite que a medida que los datos, estándares, criterios y parámetros de diseño se incorporan al sistema de una manera articulada, sea posible:



- 1) Generar información de nuevos diseños en menor tiempo, reducción de ciclos de diseño.

TFV ganaría en reducción de tiempo en la generación de dibujos tan solo en el hecho de eliminar las operaciones con lápiz y papel en un 20% en la etapa de arranque y hasta un 50% en la etapa de madurez y dominio de los operadores sobre el sistema.

- 2) Generar por duplicación y modificación la información para manufactura de herramientas, control de calidad y requerimiento de materiales.

TFV requería la transformación de los acotados de diseño a acotados de maquinado sobre el controno de la misma pieza, por otro lado calidad requería de acotados con la características de control que se verificarían al 100% para asegurar la calidad del herramental y del producto.

- 3) Asegurar la consistencia, homogeneidad y estandarización de la información contenida en las especificaciones de productos.

TFV generaba muchos dibujos únicos de piezas muy sencillas como ligas y O'rings. Con el CAD, esos dibujos podían manejarse como partes paramétricas en donde el sistema generaría el dibujo automáticamente al momento de alimentar en la computadora el número de parte. Esto significaba que no existiría un dibujo y un archivo para cada una de las 2,000 partes comprendidas en esta familia de productos, el dibujo se generaría por sí solo si se requiriera una copia en papel o en pantalla de la parte, en

vez de guardar ese extenso número de archivos solo existiría un programa paramétrico para generar la imagen y después descargarla.

- 4) Iniciar la estandarización de diferentes líneas de productos bajo el establecimiento de modelos patrones característicos.

TFV manejaba 8 modelos plataforma para retenes, de los cuales, los nuevos diseños se generaban haciendo modificaciones básicas a estas plataformas. Por lo tanto se generaron 8 patrones estándar para llevar a cabo diseño por modificación en el 90% de los casos.

TFV en su proceso de dibujo llevaba a cabo muchas operaciones repetitivas como el corte típico de la construcción de flanges. El sistema CAD brindaba la posibilidad de crear patrones estándar de estas representaciones (fuera de escala) para solo especificar las dimensiones típicas de flange.

Existen algunos casos en México, donde se ha podido comenzar simultáneamente por los procesos de diseño documentación y manufactura, aprovechando la versatilidad que algunos paquetes de Dibujo Auxiliado por Computadora (CADD) tienen para manejar dos, tres dimensiones, y algunas características de modelado; y por otro lado en la manufactura, integrando paquetes sencillos de Manufactura Auxiliada por Computadora (CAM) a la simulación, y programación directa o indirecta de máquinas de Control Numérico Computarizadas (CNC) ya existentes en la planta; sin embargo estos son casos contados.

En conclusión, el inicio de la creación de una base de datos gráfica es la solución que se presenta más frecuentemente y la que provee más potencial de crecimiento y expansión al iniciar un programa de implementación de CAD.

Hasta el momento se puede decir que, si se han determinado los perfiles existentes de los productos y se han determinado el conjunto de necesidades que presenta su proceso de diseño, es posible ir centrando el producto y etapa o etapas más convenientes para aplicar el inicio de la adaptación de un sistema CAD.

## 5.5) FASES Y ACTIVIDADES DEL PROGRAMA DE IMPLEMENTACION CAD.

Las dos etapas previas facilitan ir enfocando las actividades al apoyo de la realización de un proyecto pequeño, que muestre efectivamente las bondades de un sistema CAD inicial, con resultados convincentes.

5.5.1) Las fases que el plan completo debe contemplar son:

### 1.- Planeación: 1.5 - 3 meses

Análisis de las necesidades de la empresa:

- Objetivos estratégicos y planes de la empresa para el depto. de ingeniería.
- Perfil de productos
- Perfil de proceso de diseño

• Definición de prioridades

- Identificación de las prioridades solucionables por la sistematización del proceso de diseño.
- Adquisición de información y nociones básicas de características de un sistema CAD en general.
- Determinación de las características de un sistema CAD más relevantes e interesantes.
- Confrontación e identificación de las características de un CAD que resuelve problemas del proceso de diseño y son potencialmente expandibles a otros procesos como manufactura y control de calidad.
- Designación del responsable dedicado exclusivamente a la planeación, coordinación y control del proyecto: Jefe de proyecto
- Creación de un comité de evaluación y seguimiento formado por los miembros de las áreas directa e indirectamente involucrados con la adaptación a la nueva tecnología.
- Elaboración del plan general que definirá los aspectos:
  - Técnicos: tipo de equipo y programa, mínimos requeridos.
  - Adaptación del personal: divulgación y capacitación.
  - Económico: Inversión inicial, costos de operación y análisis costo beneficio.
  - Cambios en la organización y procedimientos: secuencia de incorporación de departamentos.

METAS ESPERADAS		PROYECTO C. A. D.			
		RETENES	EQUIPO ORIGINAL	HERRAMIENTAS	MERCADO LIBRE
1a. FASE	DIBUJO	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	DISEÑO	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2a. FASE	DIBUJO	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	DISEÑO	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	COMUNICACION	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3a. FASE	DIBUJO	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	DISEÑO	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	COMUNICACION	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	ANALISIS	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4a. FASE	DIBUJO	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	DISEÑO	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	COMUNICACION	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	ANALISIS	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	SIMULACION	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

OBJETIVO   
  POSIBLE   
  NO CONTEMPLADO

**2.-Evaluación: 1.5 - 2 meses**

- Selección de proveedores de equipo y software
- Solicitud de cotizaciones correspondientes
- Coordinación del Jefe de proyecto con el departamento de sistemas en la evaluación y selección de equipo y paquetes CAD, tomando en cuenta:

\* Hardware mínimo requerido:

TFV requeria PC AT, 640Kb RAM, disco duro 20 Mb, monitor y adaptador EGA, puertos serial y paralelo, digitalizador mouse, coprocesador matemático, plotter. Analizado por : Memoria, velocidad, capacidad de enlace en red o con equipos mayores, coeficiente precio/desempeño bajo.

\* Software para PC, aplicación de dibujo y diseño, 2D, 3D, modelado o manufactura. Analizado por los métodos de ponderación y check list de: características indispensables y deseables en atributos internos y externos descritos en el capítulo 2.

TFV evaluó tres paquetes: Computervision, Microstation y Cadkey. Los tabulados de evaluación se presentan en la página siguiente.

**3.- Adquisición e instalación: 1.5 - 3 meses**

- Seguimiento de la adquisición y entrega del equipo y accesorios completos.
- Determinación de las adecuaciones necesarias para la instalación.
- Instalación de equipo y software y corrida de pruebas.
- Instalación de paquetes complementarios: editor de textos, hoja de cálculo y base de datos.
- Determinación del sistema de administración de archivos y de estructura del sistema. Elaboración de manual de operaciones

TFV adquirió un equipo HP Vectra RS/20 con coprocesador matemático, 2 MB en RAM expandibles a 16MB, disco duro de 120MB y monitor y tarjeta VGA a color, un plotter HP Draftpro de plumillas y una impresora HP Paintjet.

El paquete adquirido fue CADKEY v.3.2 con módulo de sólidos separado, lenguaje de personalización CADL y traductores IGES y DXF de entrada y salida.

Se generó un manual de procedimientos y convenciones del uso de CAD e información generada, que determinó la estructura interna de los archivos y la administración de almacenamiento, recuperación y mantenimiento. Parte de este manual se encuentra mostrado en el apéndice de este trabajo, algunas de las convenciones tomadas se muestran ahí y en páginas que continuación siguen.

## CUADRO DE EVALUACION DE COSTO EN SOFTWARE PARA CAD

Proveedor	A.T.E.S.A.	INTERGRAPH
Paquete	CADKEY	MICROSTATION
Version	3.2, 3.5	3.0
Liberacion	Nov 88, Feb 89	Ago 88
Cuadro de Evaluacion Economica		para 3 personas
Costo de Instalacion	\$ 4,795 US.DLS.	\$3,397 US.DLS.
Entrenamiento	Incluido 3 Personas Persona Extra : 2 pers.\$600 US.DLS.	Por Persona \$545 US.DLS.
	TOTAL : \$0.0 USD	TOTAL : \$ 1,635 USD
Tipo de Entrenamiento	2D y 3D	2D
Cursos Adicionales	Programacion CADL 2 pers. \$900 US.DLS. TOTAL : \$1,300 USD	Curso 3D con costo de: \$545 US.DLS./persona TOTAL : \$1,635 USD
Mantenimiento y Actualizacion	Anual \$1000 US.DLS. TOTAL/año:\$1,000 USD	Manual \$57 US.DLS. TOTAL/año:\$684 USD
Nota:	Apartir del siguiente año de la compra	Apartir de la compra
Soporte tecnico	8 hrs/mes Telefon. Ilimitado	4 hrs/mes
TOTAL		
Proyecc. 2 años	\$7,095 USD	\$8,025 USD

## 5.- Familiarización y entrenamiento: 4 - 6 meses

- Exploración más profunda del paquete CAD.

- Elaboración de la literatura de divulgación e introducción a la tecnología del personal directamente involucrado con el sistema.

## CUADRO DE EVALUACION DE COSTO DE SOFTWARE PARA CAD

Proveedor	A.T.E.S.A.	INTERGRAPH
Paquete	CADKEY	MICROSTATION
Version	3.2, 3.5	3.0
Liberacion	Nov 88, Feb 89	Ago 88
Cuadro de Evaluacion Economica		para 1 persona
Costo de Instalacion	\$ 4,795 US.DLS.	\$3,397 US.DLS.
Entrenamiento	Incluido 3 Personas Persona Extra : 2 pers.\$600 US.DLS.	Por Persona \$545 US.DLS.
	TOTAL : \$0.0 USD	TOTAL : \$545 USD
Tipo de Entrenamiento	2D y 3D	2D
Cursos Adicionales	Programacion CADL 2 pers. \$900 US.DLS. TOTAL : \$900 USD	Curso 3D con costo de: \$545 USD./persona TOTAL : \$545 USD
Mantenimiento y Actualizacion	Anual \$1000 US.DLS. TOTAL/año :\$1,000 USD	Manual \$57 US.DLS. TOTAL/año : \$684 USD
Nota:	Apartir del siguiente año de la compra	Apartir de la compra
Soporte tecnico	8 hrs/mes Telefon. Ilimitado	4 hrs/mes
TOTAL		
Proyecc. 2 años		
Manejo 2D/3D	\$5,795 USD	\$5,855 USD

## CUADRO DE EVALUACION DEL SOFTWARE PARA CAD

Paquete Version Liberacion		A.T.E.S.A. CADKEY 3.2, 3.5 Nov 88, Feb 89		INTERGRAPH MICROSTATION 3.0 Ago 88			
Evaluacion General : Caracteristicas Externas	Prioridad	F.Con	Total	F.Con	Total	Total	Total
<b>Condiciones Indispensables</b>							
Dibujo 3D Real	5	5	Muy Buena	25	4	Buena	20
Aplicacion Mecanica	5	5	Muy Buena	25	5	Muy Buena	25
Facilidades para la modificacion de disenos existentes	4	4	Buena	16	5	Muy Buena	20
Wireframe	4	5	Muy Buena	20	4	Buena	16
Sombreado	4	0	No disponible	0	3	con problemas	12
Comunicacion con Tecnologo y Clientes	4	4	Buena Costo aparte	16	4	Incluido Bueno	16
Fuerte respaldo Tecnico	4	4	Buena	16	5	Muy Buena	20
Amplia capacidad de flexibilidad y expansion al analisis	5	4	Buena	20	4	Buena	20
		37			33		

<b>Condiciones Deseables</b>							
<b>Instalacion</b>							
Guia de instalacion	3	4		12	4		12
Revision periodica	4	4		16	5		20
Garantia	5	5	garantia de integraci3n al hrdwr	25	4	problemas de integraci3n	20
Entrenamiento	4	4	poco tiempo	16	4	poco alcance	16
<b>Apoyo tecnico</b>							
Tiempo de respuesta	5	4		20	3		15
Calidad de solucion de problemas	5	4		20	4		20
Asesoría Remota	5	4	Ilimitada	20	4		20

Actualizacion	4	5	Accesible y frecuen.	20	3	Caray y esporad.	12
Calidad del software	4	5	Lo mejor p/PC's	20	4	Version WS's p/PC	16
Aplicaciones	3	4	Mecanica Espec.	12	3	A/E/C, Mecanica	9
Sistema Operativo	4	5	MS-DOS, UNIX	20	5	MS-DOS, UNIX	20
Adapatibilidad con minis y mainframe	4	4	Minis	16	5	Minis y Mainframe	20
Comunicacion con otros CADD							
Interfases	3	3	Algunos	9	2	Muy pocos	6
Traductores	5	4	IGES 3D: IN, OUT DXF 3D: IN,OUT CADL=ASCII	20	2	DXF 2D: IN,OUT IGDS	10
Enlace con paquetes de analisis							
Interfases	4	5	ANSIS, NASTRAN, NISA PATRAN, SUPERSAP, MODFLOW	20	3	INTERGRAPH Y SUPERSAP	12
Traductores	4	5	IGES 3D: IN, OUT DXF 3D: IN,OUT CADL=ASCII	20	3	DXF 3D RESID.VAX IGDS	12
Sistema de Administracion	4	3	Base de Datos Propia Sencilla	12	5	Enlace DBASEIII+	20
Adaptabilidad a necesidades	4	4	Programacion no	16	4	Programacion de	16
Creacion automatica de vistas auxiliares y planos de proyeccion	3	4	Muy buena	12	1	No disponible	3
Creacion de Librerias	4	5	Ilimitadas	20	5	Ilimitadas	20
Macros	4	5	Long. Ilimit.	20	5	Long. Ilimit.	20
Facilidad de Programacion	3	4	CADL	12	5	LENG. C, IGDS	15
Modelado con Solidos	3	4	Indirecto	12	5	Directamente	15
Movimiento Dinamico	3	5	Elementos compuestos	15	2	Entidades	6
Animacion	3	4	Por programacion	12	0	No se contempla	0
Facilidad de Uso	3	5	Muy sencillo	15	3	Complicado	9
<b>T O T A L</b>				<b>599</b>			<b>512</b>

Paquete
Version
Liberacion

A.T.E.S.A.
CADKEY
3.2, 3.5
Nov 88, Feb 89

INTERGRAPH
MICROSTATION
3.0
Ago 88

TFV estableció un programa de divulgación de la tecnología CAD, publicandole los beneficios que este sistema acarrearía y las actitudes y actividades que requerirían para lograr con éxito estos objetivos. Se hicieron paquetes de copias de información muy resumida, concreta y clara acerca de la naturaleza del sistema y de una introducción al sistema operativo MS-DOS. Este material fue repartido directamente a la gente que estaría tarde o temprano involucrada con el manejo del sistema. Asimismo, se organizaron dos pequeñas sesiones de presentación del sistema y sus posibilidades a los mismos involucrados y a los directores de la empresa.

- Elaboración del programa de entrenamiento de acuerdo a la función del personal: dibujantes, diseñadores, ingenieros.

TFV armó un programa de entrenamiento por parejas sobre el uso y aplicaciones del sistema. El contenido y los alcances del curso se personalizaron de acuerdo a las siguientes funciones:

**Dibujantes:**

- Teoría, conceptos y terminología acerca del CAD
- Sistema operativo MS-DOS, manipulación de archivos y mantenimiento de la base datos.
- Dibujo 2D y trazo geométrico tradicional y en CAD
- Administración y estructura de un archivo CAD de acuerdo a convenciones
- Nuevos procedimientos y prácticas para la realización de dibujos: Automatización de procedimientos de dibujo.

**Ingenieros de producto:**

- Teoría, conceptos y terminología acerca del CAD
- Sistema operativo MS-DOS, manipulación de archivos y mantenimiento de la base datos.
- Dibujo y diseño en 2D y 3D
- Administración y estructura de un archivo CAD de acuerdo a convenciones
- Nuevas posibilidades de diseño en CAD

**Diseñadores de Herramientas:**

- Teoría, conceptos y terminología acerca del CAD
- Sistema operativo MS-DOS, manipulación de archivos y mantenimiento de la base datos.
- Dibujo y diseño en 2D y 3D
- Administración y estructura de un archivo CAD de acuerdo a convenciones
- Transferencia de archivos de diseño de producto a diseño de herramienta
- Nuevas posibilidades en el procedimiento de diseño de troqueles, automatización de cálculos.

- Exploración de las funciones más especializadas del paquete: macros, programación, personalización, modelado, cálculos adicionales, módulos complementarios.

TFV personalizó al 95% el uso del sistema de CAD, agregando las siguientes características al programa básico que se adquirió.

- 1) Traducción completa de todos los mensajes de interface usuario-sistema al español
- 2) Creación de macros activados por tecla preasignada para las siguientes funciones repetitivas:

- \*) Cambio de Color de entidades
- \*) Verificación de atributos de entidades
- \*) Verificación de distancia entre entidades
- \*) Control de visibilidad de layers o niveles
- \*) Desactivación temporal del programa para ejecutar archivos de DOS
- \*) Establecimiento del número de ventanas presentes en pantalla
- \*) Borrado por ventana
- \*) Creación de líneas paralelas

### CADKEY

#### COMANDOS : MODO INMEDIATO

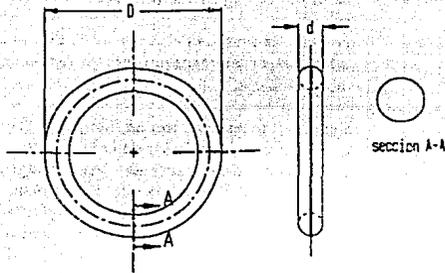
ALF A new mode	A	CTRL. A screen	W	CTRL. W window back/7
ALF B block change	B	CTRL. B block color	X	CTRL. X new prompt
ALF C change color	C	CTRL. C change mode	Y	CTRL. Y new prompt
ALF D change mode	D	CTRL. D display	Z	CTRL. Z change display
ALF E edit block	E	CTRL. E change name		
ALF F block color file	F	CTRL. F new file path		
	G	CTRL. G grid display		
ALF H half mode	H			
ALF I insert file	I	CTRL. I edit mode		
	J	CTRL. J new mode color		
ALF K change view	K	CTRL. K new mode color		
ALF L file mode	L	CTRL. L edit mode		
ALF M new mode type	M			
	N			
ALF P new mode	P	CTRL. P new mode color		
	Q	CTRL. Q change display		
ALF R edit mode	R	CTRL. R edit mode		
ALF S new mode	S	CTRL. S new mode color		
ALF T new mode	T	CTRL. T new mode color		
ALF U view	U	CTRL. U new mode color		
ALF V view	V	CTRL. V new mode color		
ALF W view	W	CTRL. W new mode color		
ALF X view	X	CTRL. X new mode color		
ALF Y view	Y	CTRL. Y new mode color		
ALF Z view	Z	CTRL. Z new mode color		

\*) Modo asignado a tecla

VISTAS

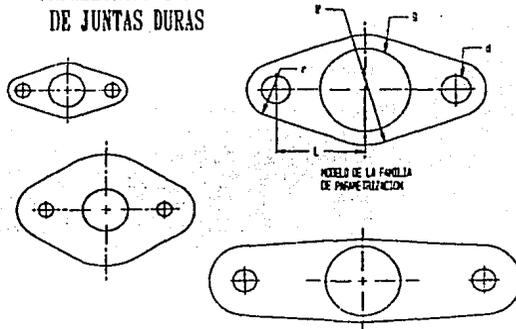
- 3) Creación de programas generadores de dibujos automáticos o funciones de dibujo:

- \*) Determinación de dimensiones de desarrollo de lamina para embudo de flange
- \*) Creación de dibujos acotados de ligas y O-rings y juntas para múltiple sencillo o tipo brida.
- \*) Creación automática de juntas para bridasromboidales.
- \*) Creación de la lista de barrenos, identificación y acotado automático
- \*) Creación de la lista de materiales semiautomática



GENERACION AUTOMATICA  
DE DIBUJOS CON SECCION  
DE O'RINGS Y LIGAS

PARAMETRIZACION  
DE JUNTAS DURAS



4) Creacion de programas de cálculo automàtico de paràmetros de diseño de troqueles:

Programa para cálculo de holguras de herramienta de acuerdo a material y espesor

Programa para determinación de "offset" en la geometria de corte

Programa para determinar fuerza total de corte y centro de presión de troquel.

5.- Preoperación: 6 - 10 meses

- Puesta en marcha del programa piloto de incorporación del sistema CAD al proceso de diseño existente en la empresa.

En TFV se seleccionó un proyecto de desarrollo de una nueva línea de retenes, que se venía planeando de algunos meses atrás. Una vez obtenida la autorización para utilizar este proyecto como piloto para la implantación del CAD en el proceso de

de diseño de ingeniería, fue necesario modificar el plan de desarrollo del proyecto original de la nueva de línea de retenes para que se contemplaran tanto las nuevas potenciales ventajas del proceso de diseño como los posibles contratiempos por dificultades presentada por incorporación del sistema CAD y del inicio de la curva de aprendizaje.

En el proyecto participaron un dibujante, el diseñador del producto y un ingeniero de manufactura diseñador de la herramienta. La presencia del líder del proyecto de implantación del sistema CAD siempre existió para brindar asesoría a los usuarios y participantes de este diseño. Asimismo, fue provechosa para tomar nota de las posibles dificultades en la implantación a todo el sistema de diseño de ingeniería y también de las ventajas inmediatas que representó el hecho de utilizar el sistema CAD en su totalidad para el diseño de producto y herramienta de producción. Gracias al entrenamiento previo que recibieron dibujantes e ingenieros fue posible ir determinando algunos métodos convencionales de uso de niveles y colores y estructura de archivos, que posteriormente servirían de pauta para organizar mejor la base de datos de las demás líneas de productos. Algunas de estas convenciones se encuentran descritas en el anexo del manual de operación del sistema en el Apéndice de este trabajo. El proyecto duró 3 meses y medio, desde el inicio del proceso del diseño, hasta el momento en que se recibió la primera cavidad de moldeo, proveniente del fabricante de la herramienta en Chicago. En efecto el periodo se redujo de 6 meses con el sistema tradicional a casi la mitad. Otra de las ventajas que se obtuvieron al usar el sistema CAD en este proyecto fue la corrección de estándares de diseño para retenes, puesto que contenían muchos errores de tarzo y ambigüedad de dimensiones.

El proyecto piloto demostró en menos de 4 meses que el sistema CAD beneficiaría en varios aspectos el proceso de diseño de producto y la transferencia de información para el diseño de herramienta. El análisis económico mostró que el simple hecho de reducir el tiempo de desarrollo de producto a la mitad, aunado al hecho de asegurar la integridad de la información transmitida de ingeniería de producto a ingeniería de manufactura, fue suficiente para justificar la rentabilidad del sistema CAD incorporado al proceso de diseño de producto y herramienta

• Método tradicional y sistema CAD funcionando en paralelo.

TFV realizó un registro de tiempo realizado en dibujo de CAD y número de errores cometido en CAD al realizar los dibujos que alimentarían la base datos del sistema. Estos datos se compararon mes a mes con los datos históricos de tiempo y corrección de dibujos en forma manual, lo que mostró un mejoramiento en el desempeño de los operadores de CAD hasta llegar a alcanzar el mismo nivel de productividad en el CAD que con el sistema manual, a este periodo se le llamó "preoperación" y fue el tiempo en que tanto en sistema CAD como el manual estuvieron trabajando paralelamente. Apartir del momento en que la productividad del sistema alcanzó un 10% más de productividad que el sistema manual, todas las funciones de dibujo para juntas duras se transfirieron al sistema CAD, entrando oficialmente a la fase de "operación normal" del sistema.

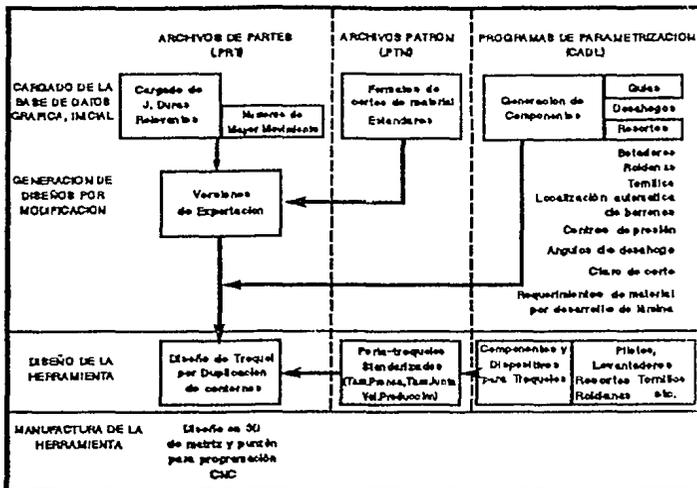
• Objetivo: Alcanzar paulatinamente el nivel de productividad del sistema tradicional con el CAD.

• Creación de la base de datos del producto y la etapa seleccionados en la planeación: cargado de diseños previos, cargado de patrones básicos como formato típicos, marcos, logos de la empresa, creación de simbología: soldadura, acabados, ubicación real, etc.

- Normalización del uso del sistema: Asignación específica de layers, uso específico de colores, elaboración del manual de operación, determinación del sistema estadístico de tiempos y correcciones realizadas en la información cargada.

**PROCESO DE DIBUJO DE JUNTAS DURAS**

**APLICACION DEL SISTEMA C.A.D.D. A J. CABEZA**



- Personalización general: Elaboración de macros de operaciones repetitivas, elaboración de programas de parametrización, elaboración de programas de especialización de funciones: lista de materiales, cálculos de áreas, volúmenes, generación de modelos alámbricos, selección de modelos de diseños estándares.

- Elaboración de programas externos a CAD que interactuen con el sistema gráfico:
  - Selección y cálculo de valores, hojas de cálculo, bases de datos no gráficos.

- Generación aislada de información, derivada de la nueva base de datos gráfica del producto: dibujos para manufactura, control de calidad, documentación.

TFV utilizó la información generada en preoperación para generar información de acotado de las mismas piezas para diseño y manufactura de troquel, plantillas de fabricación de malla por serigrafía, dibujos de inspección de calidad y croquis de instrucción de producción normal.

**6.- Operación: 4 - 6 meses**

Inicia cuando el nivel de productividad del CAD es mayor al método tradicional.

Etapas donde se manifiestan los beneficios reales.

- Generación de diseños por creación, modificación y parametrización, exclusivamente con el uso del CAD.

- Generación de la información adicional y especializada para el control de calidad, materiales, manufactura y archivo de documentación, por derivación directa de la creada en el diseño y uso común de la base de datos gráfica.
- Obtención de resultados: diseños, tiempos, verificaciones.
- Sistematización total del diseño y documentación de un producto por interacción con otros paquetes y programas: análisis, librerías especializadas, modeladores, simuladores, administración de bases de datos elaborados por terceros.
- Transferencia de información con sistemas CAD de clientes y maquiladores.

TFV estableció un lazo de transferencia por disco, en donde se enviaban los diseños de moldes para retenes al fabricante del herramental, esto fue parte del programa piloto que redujo el tiempo de desarrollo de retenes de 6 a 3 meses.

#### 7.- Optimización y crecimiento:

- Incorporación de otros productos.
- Expansión a otras etapas del proceso del producto: manufactura, producción, etc.
- Reevaluación de las funciones y el puesto de los operadores de CAD (antes dibujantes).
- Replanteamiento del plan a mediano y largo plazo.

En TFV, una vez que la base de datos se cargó con el 100% de las partes de mayor movimiento, y que la información cargada se comenzó a utilizar para la creación de nuevos diseños derivados, también se comenzó a transferir información de diseño de producto para el uso de diseño de herramienta y construcción de la misma. Esta situación implicó que los dibujantes aumentaran desde ese momento sus responsabilidades, debido a que se convertían en responsables del mantenimiento e integridad de la base de datos además del antiguo archivo de dibujos con que ya se contaba. Todo un nuevo procedimiento para creación de archivos, mantenimiento y liberación de información de diseño se creó en un nuevo manual de operación de CAD información gráfica de ingeniería. Parte de este manual se encuentra en el apéndice de este trabajo donde se muestra el procedimiento de estructuración de archivos, organización del conjunto de archivos de información gráfica de productos y el procedimiento de revisión, liberación y transferencia de archivos al departamento de manufactura para el diseño de herramientas tales como suajes, plantillas de verificación, pantallas de serigrafía, moldes de hule y troqueles de corte y formado.

Se puede observar que el tiempo total estimado que puede llevar a obtener resultados concretos con un plan definido previamente, se encuentra entre 1.5 y 2.75 años. El tiempo que llevó a TFV en llegar a la fase III del proyecto donde se incluía dibujo, diseño de producto, diseño de herramienta y transferencia con proveedores de herramienta fue de 17 meses. En este periodo de tiempo el 100% de especificación de juntas duras y retenes se elaboraba en CAD, el 70% de las plantillas para pantallas de serigrafía (solo tamaños A, B y C) se elaboraban por CAD, el 60% de plantillas de fabricación de verificación de suajes para juntas blandas (tamaños A y B) se elaboraban en CAD y el 50% del diseño de troqueles de corte se elaboraba en archivos directamente generados en estaciones de trabajo de CAD de ingeniería del producto, sin embargo 100% de las nuevas herramientas que se fabricaban en el taller interno de troqueles ocupaban información de trazo y maquinado del departamento de CAD.

La reunión de muchos factores como el apoyo y la aportación de recursos por la alta dirección, la iniciativa del jefe de proyecto, la cooperación de los departamentos involucrados, la adecuada planeación y articulación del proyecto, y los factores externos, hacen incierta una determinación concreta del tiempo de recuperación de la inversión. Sin embargo, en la gran mayoría de los casos en México, aún con la ausencia de un plan articulado de implementación de CAD, las empresas mexicanas han llegado a la adaptación de esta tecnología a un nivel aceptable en un lapso promedio de 2 a 3 años, desgraciadamente no todas con el mismo grado de aplicación, pues algunas solo se han concretado a sustituir restiradores por sistemás subutilizados de CAD.

### 5.5.2) Técnicas para incrementar la eficiencia y productividad en la operación en un sistema CAD.

A continuación se lista una serie de sugerencias para incrementar la eficiencia y productividad en el manejo de un sistema CAD en el menor tiempo posible.

#### a) Aprender cada una de las funciones y aplicaciones de cada comando.

La mayoría de los operadores solo aprenden los comandos necesarios para operar el sistema CAD en las tareas más frecuentes y rutinarias de su labor. Esta actitud limita en gran forma la posibilidad de optimizar sus funciones, ahorrar tiempo y obtener resultados más profesionales. Es necesario forzarse a uno mismo para utilizar y encontrar aplicación y provecho a cada comando de cada menú. Algunos comandos parecen ser difíciles de aprender en primera instancia, sin embargo a medida que se practican se facilitan considerablemente.

#### b) Practicar, practicar, practicar

La eficiencia en el uso de un sistema CAD se alcanza solo practicando, así como en todas las cosas que valen la pena.

Solo hasta el momento en que uno se siente agusto operando el sistema, es cuando verdaderamente se domina, en ese momento pueden explorarse otros comandos nuevos que enriquezcan el desempeño en el CAD.

#### c) Planear la sesión de operación de CAD.

Quando se va a iniciar un nuevo diseño o dibujo en el CAD, existen decenas de posibilidades de maneras de realizarlo.

El ahorro de tiempo usando el sistema CAD dependerá en la técnica que se utilice para realizar el diseño, no en la velocidad de ejecución de comandos. Dibujar más rápido no significa trabajar más duro o a mayor velocidad, sino trabajar más inteligentemente.

#### d) Usar los "layers o niveles" y los colores.

Fragmentar el dibujo lo más posible utilizando los colores y los niveles para agrupar ciertos elementos. permite, posteriormente obtener una gran flexibilidad de selección de elementos y de optimización en el uso de los mismos. Elimina la necesidad de crear una geometría varias veces y permite crear codificaciones de uso especial (por ejemplo, aplicación del color verde a elementos definitivos, amarillo a elementos de trazo, blanco a elementos de referencia, marrón a elementos provenientes de librerías de patrones, cian a elementos de acotado).

**e) Nunca hay que dibujar algo dos veces.**

Una de las principales ventajas de un sistema de CAD es su capacidad de reproducción de geometrías existentes. Esta capacidad está determinada por diferentes comandos en el sistema que ejecutan funciones similares, pero cada uno de ellos para tareas distintas. Los comandos de "copy", "mirror", "array", "block o pattern". Por ello una vez que una geometría ha sido trazada y se requiera repetirla de nuevo en el mismo archivo o en otro, es muy recomendable utilizar los comandos que permitan repetir la geometría original sin necesidad de trazarla de nuevo.

Aún mismo, cuando se sospeche o se tenga la certeza de que una geometría es simétrica, basta con trazar uno de los segmentos simétricos y repetirlo por medio de un "mirror" o un copiado en arreglo circular".

En el caso en que se esté trabajando con componentes comunes a muchos diseños y/o archivos es útil el aprovechamiento de las librerías de patrones que pueden ser creadas a medida que se van creando y utilizando estos en los diseños o bien dedicar un proyecto específico a la creación de estos componentes comunes para ser utilizados posteriormente por todo los proyectos de diseño y dibujo. Simbologías de dimensionamiento geométrico, componentes como tornillos, arandelas, pasadores, roldanas y otros pueden ser archivados en librerías donde puedan ser recuperados sin dificultad cuantas veces sean requeridos en dibujos y ensamblajes.

**f) Comprar en el equipo adecuado.**

La compra de un equipo se hace para ahorrar tiempo y dinero al momento en que se encuentra operando. Si el equipo no reúne las condiciones necesarias para lograr esto por ahorrar en el momento de la compra, entonces los beneficios reales no serán apreciables.

**g) Instalar apropiadamente el equipo.**

El buen funcionamiento del sistema no depende solo de la buena compra sino también de una instalación y establecimiento adecuado de todos los parámetros del equipo y el programa. Una planeación mínima indispensable es requerida para asegurar el funcionamiento óptimo del programa y el equipo.

**h) Ser paciente.**

Para la operación de un sistema CAD la curva de aprendizaje suele ser exponencial, por ello es muy frecuente que durante el primer y segundo mes, el sistema CAD no ahorre el tiempo que se estaba planeado una vez instalado, de hecho, las primeras veces en que el sistema CAD tome parte en un proyecto, llevará más tiempo hacerlo en CAD que por el sistema tradicional manual, esto no debe ser alarmante. Después de un período de entrenamiento a operadores, diseñadores e ingenieros, y haciendo uso de los conocimientos adquiridos en la práctica de proyectos reales, la eficiencia de los procesos se incrementará dramáticamente en dentro de los primeros 6 meses de operación.

**i) Designar a un operador clave.**

Si se están llevando a cabo operaciones multiusuario asigne a un operador que se convierta en el coordinador de ciertas tareas que deben de ejecutarse en general para todo el sistema como organización de directorios, respaldos, etc. Esta persona

emergerà sola justo despuès de que se haya impartido la capacitación a los operadores y se volverà una persona muy valiosa para administrar el sistema.

**j) Mantenerse mejorando .**

Nunca hay que detenerse de mejorar y buscar otras maneras de hacer las cosas, mejor, mas rápido, más facil o más preciso. La ventaja del sistema CAD es que existen muchas formas de hacer las cosas y que ademas muchos de los programas permiten personalizar por medio de la programación o macros, actividades repetitivas del proceso de diseño o dibujo. Este proceso de personalización brindará hará que el sistema CAD sea realmente aprovechado en toda su potencial.

**k) Usar las ventanas de vistas multiples y los "zooms".**

Haciendo uso de las grandes pantallas o monitores que existen en el mercado, es bueno aprovecharlos para tener las vistas múltiples de un objeto tridimensional, o bien para tener simultaneamente diferentes acercamientos de un ensamble o geometría, esto permite trabajar en diferentes niveles de detalle sobre el diseño o dibujo que se esta realizando sin tener que perder tiempo en que la maquina redibuje cada uno de los acercamientos requeridos para trabajar.

**l) Hacer impresiones de chequeo**

Hacer impresiones de chequeo através del trabajo de diseño o dibujo permitirá detectar errores que no son apreciados en la limitada area de la pantalla y permitirán tambien llevar control del avance del proyecto. A veces solo es necesario hacer los ploteos de una parte del dibujo o bien hacerlos a una escala más pequeña que le dibujo original, estas son ventajas que ofrece el sistema CAD y que pueden ahorrar tiempo, dinero y espacio de almacenamiento de dibujos.

Para asegurar que ningùn dibujo de chequeo ( probablemente incompleto o incorrecto) se confunda con un dibujo oficial, la impresión deberà hacerse en verde y azul, lo cual impide obtener copias fotostaticas ò heliograficas debido a la dificultad para reproducir estos colores. Los dibujos oficiales pueden ser impresos en rojo y negro con las leyendas oficiales correspondientes descritas posteriormente.

**m) Utilizar el sistema tradicional y el CAD simultaneamente.**

Correindo ambos procesos simultaneamente será posible detectar los metodos que tradicionalmente han resultado buenos y trasladarlos al sistema CAD, que tambien, mostrarà comparativamente sus ventajas y debilidades para el trabajo de diseño y dibujo requeridos. Por otro lado, durante el periodo de introducción del CAD, el sistema tradicional servirà de respaldo para apoyar cuañquier contingencia del CAD en el desarrollo de los proyectos.

**n) Utilizar líneas y puntos de referencia.**

Al igual que el dibujo manual es necesario utilizar marcas y líneas de referencia, sin embargo estos pueden ser conservados através de todo el diseño en un nivel preasignado siempre fijo para todos los archivos, que puede ser encendido o apagado a conveniencia. Esta facilidad permite checar despuès de un tiempo en que el proyecto fue desarrollado, cualquier detalle de construcción o referencia del trazado original.

**o) Estandarizar.**

Uno de los elementos más poderosos en un sistema CAD es la posibilidad real de estandarizar procedimientos y formatos. De hecho se recomienda fuertemente establecer desde un principio guías, reglas y consejos para todo los usuarios del sistema CAD. EL establecimiento de usos específicos para ciertos rangos de layers o niveles en los archivos ayudará a tener una organización familiar a todo aquel que tenga acceso a diferentes archivos de diferentes proyectos, aún cuando no haya sido el mismo autor del archivo quien lo revise. Codificación para los colores y ciertas regla para el nombramiento de vistas, layers, grupos, patrones y archivos, facilitaran el trabajo del administrador del sistema.

Estandarización en los procesos de transferencia de archivos para manufactura y calidad también ayudarán a la consistencia de la información que sale del sistema y a su mejor funcionamiento.

**p) Crear el hábito de salvar periódicamente y respaldar diariamente.**

Es muy importante que cuando la cantidad de trabajo y tiempo invertidos son considerables en un día de trabajo en CAD, todo este trabajo sea debidamente protegido. Por eso, es necesario crear un hábito en los usuarios o un procedimiento confiable que salve el avance que se logra en archivos de trabajo diario durante las sesiones de trabajo y al final de la jornada.

Lo mismo se aplica para los respaldos semanales y mensuales. Para facilitar esto debe instruirse a los usuarios en colocar prefijos especiales (TEM, TM) para aquellos archivos de prueba, experimentación o temporales que no vale la pena respaldar.

**q) Establecer un procedimiento para actualización de bases de datos.**

Se deben de conservar los originales de los archivos y utilizar copias de estos para trabajar y llevar acabo la actualización de sus datos. La numeración de estas copias deben mostrar la secuencia cronológica de su creación, con lo cual sera más fácil llevar control de las actualizaciones y cambios hechos a los dibujos y archivos. Nunca se podrá aceptar como oficial un dibujo que se encuentre corregido manualmente, y deberá existir una nota en los dibujos impresos donde se advierta que los únicos dibujos oficiales son aquellos generados en graficador sin alguna modificación manual en ellos.

**r) Actualizar archivos completos.**

La actualizar pequeños detalles del archivo es recomendable no abandonar el archivo hasta haber actualizado todos los detalles y niveles afectados por los cambios, esto quiere decir, que todos los niveles de partes individuales como acotaciones, secciones, ensamblajes y niveles de impresión deben ser actualizados antes de salvar y abandonar el archivo, puesto que de lo contrario esto provocaría tan solo una actualización parcial y fuente de errores futuros.

**s) La creación de geometrías debe ser en escala natural.**

Es recomendable evitar en lo posible escalar, partes, secciones o vistas, todo debe respetar la escala natural para ser despues agrandado o achicado en los niveles de impresión para formar el dibujo que será ploteado.

**t) Todas las dimensiones mostradas deben ser obtenidas automática o semiautomáticamente por la computadora, nunca deberán ser editadas manualmente las dimensiones. Si existiesen errores en las dimensiones mostradas, la geometría deberá ser corregida para obtener las dimensiones correctas. Las dimensiones colocadas por la**

computadora nunca deberán ser modificadas o alteradas, la geometría mostrada siempre deberá coincidir con las dimensiones marcadas.

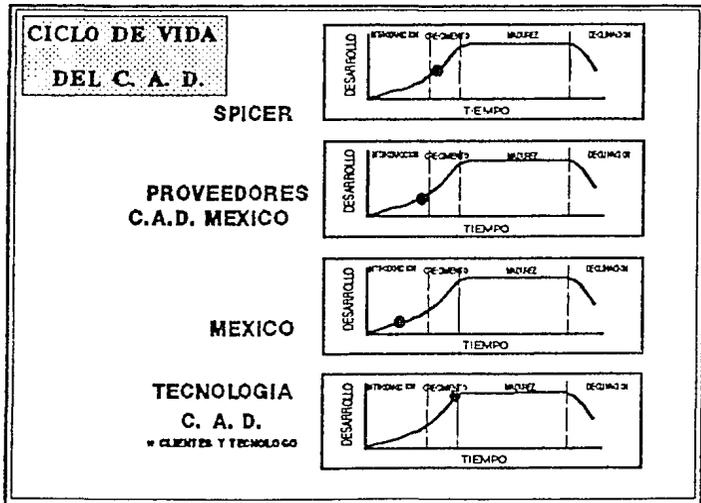
u) Usar siempre representación simplificada de componentes.

Aunque el sistema CAD provee de mayor facilidad para detallar geometrías y copiarlas tantas veces como se requiera, es recomendable representar tornillos, baleros, resortes y otros componentes estandar en su forma simplificada, esto beneficiará al archivo a no ser muy extenso y mantendrá la velocidad de redibujo en un rango aceptable.

v) Es recomendable que la precisión de dibujo sea máximo de 4 decimales.

## 5.6) ALTERNATIVAS DE SELECCION PARA LA INVERSION.

En México, el mercado de tecnología comienza a despertar. Los proveedores de software para CAD entran paulatinamente al país. Por otro lado, existe una clara tendencia en el mercado americano de CAD a inclinarse por las soluciones vía PC, gracias al rápido desarrollo de sus capacidades que las equiparan con algunas minicomputadoras. Por ello, proveedores típicamente enfocados a sistemas mainframe, mini y estaciones de trabajo como IBM, Hewlett Packard, Intergraph, Control Data, Daisy, Mentor Graphics, Computervision, etc., están desarrollando fuertemente el soporte de sus sistemas para PC.



Así mismo, los proyectos que se originaron en la aplicación a micros, han sufrido un desarrollo tan fuerte como estas. La creciente demanda nacional que las empresas empiezan a mostrar, ya pueden tener un conjunto de alternativas variables en precio y aplicación, que oscilan desde los \$500.0 hasta \$4,000.00 USD, entre paquetes como Autocad, Microstation, Cadkey, MicroCADAM, GenericCADD, Personal Designer,

VersaCAD, etc. dependiendo de la versión y los módulos de especialización que se requieran.

De la misma manera, es posible realizar una aún más amplia evaluación de equipo, tanto en CPU's como en monitores y tarjetas de video; en el caso de plotters y digitalizadores no se da el mismo caso, pero se encuentran en México las suficientes alternativas para hacer una selección adecuada. Se puede decir que con una cantidad que oscila entre los \$12,000.00 y \$15,000.00 USD se puede instalar una plataforma de equipo inicial adecuada para experimentar las ventajas de la tecnología CAD, con bajo riesgo e inversión moderada.

En suma, podemos decir que se tendrá que disponer de menos de \$15,000.00 USD como inversión inicial, para contar con software y equipo útiles para empezar a actualizar tecnología, que a medida que sea similar y se adopta como proceso normal de trabajo, amortiza la inversión y reduce los costos de operación.

---

## CONCLUSIONES:

---

La investigación de la naturaleza y características de la tecnología CAD, así como de la metodología de ejecución de estos proyectos, permiten que unida a una planeación realista y ambiciosa se logren obtener resultados concretos y constantes. La obtención de resultados constantes es reflejo de la asimilación tecnológica y la base para lograr beneficios económicos concretos.

Por ello es necesario subrayar que por más sencillo que sea el proyecto, o corto sea su alcance, es necesario fijar los objetivos concretos y un programa de actividades que aseguren su ejecución y hagan efectivo su control.



**Proyecto de Aplicación  
CAD al Diseño de  
Troqueles**

---

## CAPITULO 6.

---

# DISEÑO DE HERRAMENTAL, EMPLEANDO UN SISTEMA CADD.

---

**OBJETIVO DEL CAPITULO:** Exponer con un caso real la aplicación de un sistema de CADD al diseño de troqueles y su optimización mediante los elementos teóricos expuestos en capítulos anteriores.

- \* Aplicar las teorías de uso de un sistema CADD en el diseño y optimización de un troquel de corte progresivo.
- \* Exponer las etapas de diseño de producto, transferencia de información a la etapa de diseño de herramienta.
- \* Describir los criterios básicos de manufactura con prensas y de diseño de un troquel progresivo.
- \* Plantear las principales dificultades que se presentan en el método tradicional de diseño y documentación del diseño para la manufactura de un troquel.
- \* Determinar las modificaciones que posibilitan mejorar el sistema de diseño y documentación de troqueles, utilizando las facultades y ventajas del sistema CAD.

A continuación se expone la aplicación práctica de las técnicas comentadas y utilizadas en la industria, en el área de la ingeniería mecánica, que aplica y transforma la energía y los materiales en bienestar del ser humano y sin perjuicio para la naturaleza.

La hipótesis que planteó el trabajo en su inicio, fue comprobar las amplias ventajas que acarrea a las funciones del diseño metal-mecánico, la aplicación de un sistema de dibujo auxiliado por computadora (CADD), como etapa inicial de la implantación de un sistema integral de CAD (diseño, modelado, análisis, dibujo). La condición primordial que tratará de cumplir la aplicación de este sistema CADD es que sea justificable económicamente de una manera sencilla y que sea capaz de generar sus propios recursos financieros para su expansión. Como se mencionó en la introducción, este trabajo no contempla aún, la aplicación de las facilidades de un sistema de análisis y/o manufactura auxiliada por computadora, por lo que nos limitaremos a las partes de modelado y dibujo. Esto se debe principalmente a que, aquí se expone la necesidad de modernización de la pequeña y mediana industrias, donde los recursos de inversión son limitados, pero donde se hace urgente la aplicación de estas nuevas herramientas y metodologías de trabajo, que deben autofinanciarse rápidamente y que permitan generar más recursos para su propio crecimiento.

---

### 6.1) BENEFICIOS EN EL DISEÑO DE HERRAMIENTA

---

Las áreas, donde la posibilidad de aplicación de la tecnología CAD se hace más patente, son las áreas de diseño de producto y diseño de los herramientas. El área de diseño del producto es un área importante puesto que proporcionaría flexibilidad para la creación y modificación del diseño de los herramientas requeridos para su producción. Es precisamente aquí, en esta mancuerna entre producto y herramienta,

donde mayor beneficio se puede obtener, explotando todas las capacidades de un buen sistema de diseño y modelado para PC de alto rendimiento ( computadoras PC AT, High End descritas en el capitulo 2). Estas capacidades son descritas a continuacion:

#### **6.1.1 ) Explotación de las facilidades de la 3era. dimension:**

En algún tiempo fue muy frecuente encontrar confusión entre las personas responsables en la selección de un sistema de CADD, ante la decisión de adquirir un sistema en 2, 2.5 o 3 dimensiones. A medida que pasó el tiempo y que fueron desapareciendo los sistemas de 2 y 2.5 dimensiones, esta confusión fue disminuyendo, pero sin embargo la subutilización de los sistemas en 3 dimensiones aumento considerablemente. Esto se debió, en algunos casos, a que los programas tenían complicados métodos para la construcción de líneas y superficies tridimensionales, representadas en el plano de la pantalla. La definición constante del plano de construcción, requerido para la descripción de geometrías en el espacio, provocaba en los ingenieros tradicionalistas y los dibujantes de restirador, aún más confusión y ambigüedad que cuando tomaban sus primeras lecciones de geometría descriptiva; sobretudo cuando hablamos de las representaciones de "wireframe" o estructuras de alambre. En el mejor de los casos, y aún en la actualidad, hay mucho más usuarios que aplican los sistemas CADD 3D con más familiaridad que al principio, pero que limitan sus alcances a la de un simple restirador electrónico. Esto es: la representación del objeto se continúa haciendo por medio de las vistas (montea) utilizando un solo plano de construcción que coincide con el plano de la pantalla; ahí, mediante el tradicional trazo de líneas de proyección, pero ahora sin el uso de compas ni escuadras, obtienen cada una de las vistas de la representación bidimensional del objeto, para posteriormente trasladarlas a los planos correspondientes, que la mayoría de los sistemas tienen para definir automáticamente la representación de 2 dimensiones, apartir del modelo tridimensional. En otras palabras, forman apartir de una hoja de papel el cubo de proyecciones que se enseña en las primeras lecciones de los cursos de geometría descriptiva.

Ante esta realidad, que persiste en nuestros días, podemos enumerar la serie de ventajas que se están perdiendo al no usar adecuadamente un sistema de CADD 3D. Esta serie de ventajas no aprovechadas pueden agruparse en aquellas que incrementan la confiabilidad del diseño y aquellas que aceleran la elaboración de los dibujos correspondientes:

- a) **Confiabilidad del diseño**
- b) **Rapidéz de la representación**

#### **6.1.2 ) Programación de los procedimientos rutinarios de cálculo:**

En algunos programas de CADD, denominados "sistemas abiertos", es posible personalizar o modificar ciertas características del programa de acuerdo a las necesidades del departamento usuario; esto se puede llevar a cabo mediante la combinación o uso aislado de la configuración del programa, el uso de macros (programas que graban una secuencia de teclas con funciones estándares en el sistema) y/o rutinas escritas en lenguaje de programación propio del paquete o en lenguajes de alto nivel (Turbo Pascal, C + +, LISP). Algunos de ellos llegan a tener la posibilidad de extraer información de hojas de cálculo y/o bases de datos, para desarrollar ciertas representaciones graficas.

Entre algunas de estas aplicaciones hablaremos de aquellas que se pusieron en práctica en el proyecto que se describe en el presente trabajo:

Programación de rutinas especializadas y funciones compuestas:

a) De uso general:

- Estandarización y parametrización de componentes típicos como chaveteros, pasadores, pilotos, guías, tornillos, tuercas, resortes, postes, extractores, etc.
- Uso de catálogos de proveedores de partes convencionales para moldes y troqueles, que ya tienen librerías específicas para facilitación del diseño de herramienta. (Catálogo)

b) Personalización para rutinas o procesos de diseño especializado: (Diseño de troqueles):

- Obtención de los requerimientos de lamina a partir los desarrollos de doblaje y extruido.
- Determinación de centros de presión de troqueles de corte y extruido (centroides de línea de siluetas compuestas).
- Determinación de las fuerzas y tonelaje requeridas.
- Determinación de las holguras requeridas de acuerdo al espesor y tipo de material a troquelar.
- Obtención de las geometrías y dimensiones requeridas en las siluetas de punzon y matriz de acuerdo al corte deseado, tomando en cuenta la holguras requeridas (bocado o hueco).

Como se puede ver, un gran porcentaje de las facilidades que brinda el sistema CADD esta relacionado con el procedimiento de diseño y no tan solo de la elaboración de los dibujos. Asimismo tambien, el intercambio de información no grafica con otros programas de aplicacion, permite involucrar en gran medida el proceso de administración de la información.

---

## **6.2 ) BENEFICIOS EN EL DISEÑO DE TROQUELES**

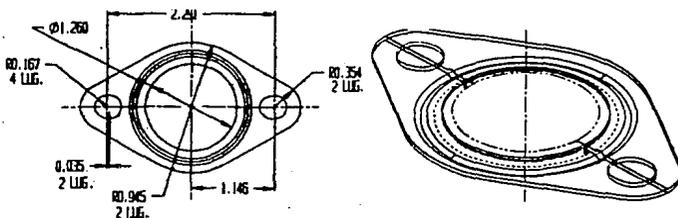
---

En el caso específico del diseño de troqueles existen puntos sensiblemente más delicados y algunas veces problemáticos, usando el sistema manual de diseño de herramientas. Estos puntos, que son enumerados a continuación, son notablemente mejorados con el uso de los sistemas de diseño auxiliado por computadora, y son aspectos que han demostrado tener el carácter generalizado de los más importantes entre los fabricantes y diseñadores de troqueles:

- 1) Al diseñar un troquel es necesario duplicar la geometría de la pieza a troquelar en escala de 1:1 o mayor, para su estudio y determinación del mejor proceso de troquelado.. Esto implica que el diseñador de herramientas, invierte tiempo en la interpretación de los planos del producto y en la reconstrucción de la geometría. Dependiendo de la complejidad de la geometría, el diseñador pierde alrededor del 15% al 20% de su tiempo en esta tarea, pudiendo existir la posibilidad de encontrara alguna dificultad o falta de información en el dibujo que impida concluir esta tarea al diseñador y que lo force a invertir más tiempo con los ingenieros del producto para clarificar y resolver el problema gráfico.

Usando el sistema CAD esta transferencia de información se vuelve transparente para el diseñador de herramientas, puesto que al obtener un archivo electrónico con la

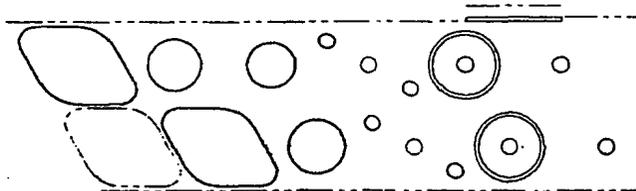
geometría ya definida por el diseñador del producto, ya sea con cotas o sin ellas, el diseñador del troquel podrá obtener un "plotteo" en la escala requerida, cualquiera que sea esta, ahorrándole 20% de su tiempo de procesamiento de información solamente, y por otro lado elimina fuertemente la posibilidad de detener su trabajo por la falta o incongruencia de algún dato gráfico.



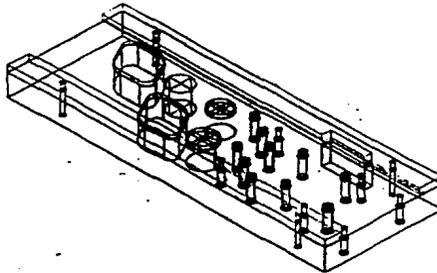
- 2) Una vez obtenida la geometría de la pieza a troquelar en escala 1:1 (al menos), el diseñador de troquel procede a medir los perímetros de corte para obtener el tonelaje requerido de troquelado. Asimismo, si se considera indispensable establecer la condición óptima de operación del troquel, es necesario construir un modelo de alambre de las etapas de troquelado, y tantear el centro de presión, o en caso contrario hacer algunas aproximaciones matemáticas para obtenerlo.

Con el sistema CAD esta operación se reduce a la ejecución de un programa que calcula el perímetro de la pieza a troquelar y que determina el tonelaje requerido para procesarla. Por otro lado, se puede decir que ahora si es posible determinar el diseño óptimo de troquelado, obteniendo en todo caso y con mucha facilidad el centro de presión del diseño de un troquel. La obtención del centro de presión brinda la posibilidad de llevar a cabo un estudio serio del arreglo de estaciones de troquelado, sobretodo en troqueles de tipo progresivo, lo que permite optimizar su vida útil y la de la prensa que lo alojará.

- 3) En el caso de troqueles progresivos, una de las actividades más importantes en el proceso de diseño es el estudio de la tira y su definición óptima en el aprovechamiento de la materia prima en rollo.



La base fundamental en el diseño de troquel progresivo es la definición de la secuencia de operaciones que se tendrá que completar para obtener una pieza totalmente terminada. Esta descomposición de operaciones se plasma gráficamente en un plano donde se muestran las transformaciones que va sufriendo la tira metálica. El proceso de definición de operaciones es una actividad que debe tener en cuenta los criterios de diseño óptimo de troqueles, como la la ubicación y fijación adecuada de la tira de material, las distancias mínimas entre cortes seguidos, el correcto balanceo de fuerzas de corte a lo largo del troquel, etc.; esto implica que este proceso de definición sea una iteración constante entre varias alternativas de secuencia del proceso. Es evidente que este proceso toma bastante tiempo en forma manual, sobretodo si se busca no tan solo el diseño de secuencia de operaciones que cumpla con la obtención de la pieza final deseada, sino que también, reduzca al mínimo desajuste y desgaste y por consecuencia el mantenimiento de la herramienta.

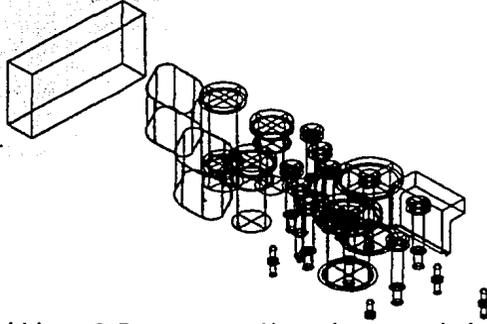


Si un sistema CAD es utilizado en este proceso, el tiempo ocupado es considerablemente menor, dado que la definición de secuencia es fácilmente obtenible mediante la repetición de la pieza final en el número aproximado de operaciones, en una distancia igual al paso de la herramienta, y que posteriormente se modifican según sea la naturaleza de cada una de las estaciones de troquelado.

- 4) Una vez definida la secuencia de operación de la herramienta, es necesario determinar la holgura que se requiere entre los punzones y la matriz para obtener un buen terminado en los cortes de la pieza troquelada. Esta holgura dependerá de la ductilidad del material a procesar y su espesor, y es obtenida por medio de nomogramas.

Con el sistema CAD es posible obtener estos valores de holgura en línea, esto es, que no es necesario abandonar el sistema CAD para consultar otras tablas y encontrar en valor de holgura requerido, puesto que el nomograma puede ser cargado al sistema CAD y ser consultado cada vez que sea necesario, ahorrando tiempo en la determinación de valores de holgura.

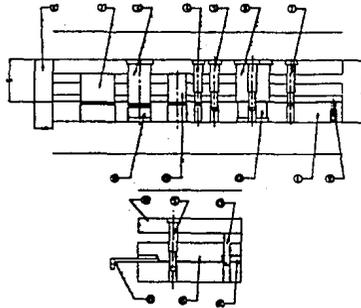
- 5) Después de determinado el valor de holgura es necesario aplicar este a la modificación de la geometría de corte de los punzones o matrices, dependiendo del tipo de parte que se quiera obtener, ya sea este del boquete o del bocado. Este proceso lo lleva a cabo el diseñador de la herramienta reconstruyendo la geometría de cada una de los punzones o cavidades de matriz de corte, lo cual requiere tiempo de cálculo de las dimensiones de punzones mas la holgura y posteriormente su trazado.



Con ayuda del sistema CAD este proceso también puede ser automatizado totalmente, porque en base a las geometrías originales de corte se puede ejecutar un programa que afectará todas las dimensiones por el valor de la holgura, creando un contorno nuevo con el margen de holgura incluido, lo cual reduce a minutos el trabajo de horas requerido manualmente por el diseñador de herramienta.

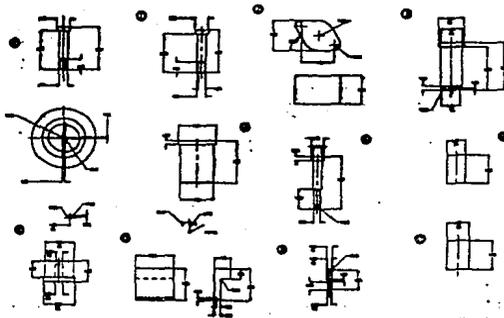
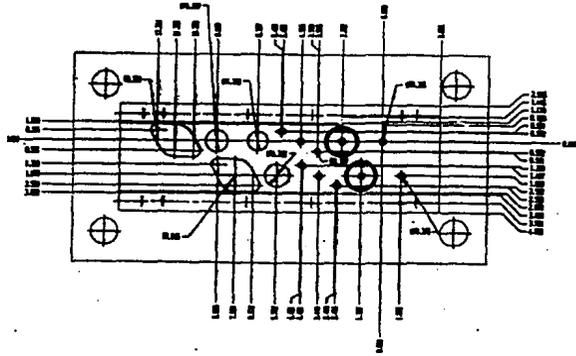
- 6) Uno de los aspectos más tardados y delicados en el proceso de diseño del troquel es, unanimemente, la definición de vistas y dimensionamiento de cada uno de los elementos originales del herramental, esto es, de punzones, de portapunzones, de placas de matriz, de pisadores, de placas guía, etc.

La asignación de tolerancias de ensamble representa un gran riesgo en la fabricación, ensamble y operación adecuada del herramental, es un proceso delicado que requiere de análisis y experiencia para asegurar el funcionamiento adecuado del troquel, por lo tanto, toma varios días completar este proceso.



Utilizando el sistema CAD como medio de comunicación con sistemas de control numérico, el proceso de documentación geométrica para la fabricación puede ser omitido, puesto que la definición de todos los elementos en tres dimensiones se encuentra ya establecido desde el momento mismo del diseño del troquel y sus componentes. El uso de tolerancias de fabricación dependerá solo de la precisión del equipo de maquinado de los elementos del troquel, ya que toda la información geométrica se encuentra contenida en la base de datos entregada al fabricante de la herramienta. En realidad, los dibujos dimensionados de la herramienta serán necesarios solo para la verificación del diseño de las piezas fabricadas para el troquel y del ensamble correcto de cada una de ellas. El tiempo de documentación se puede reducir solo al

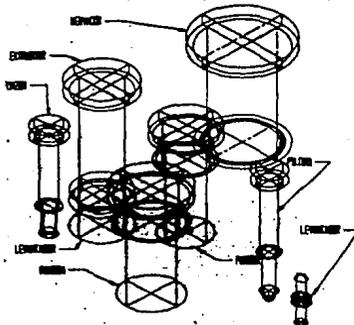
tiempo que tomara solo la documentación de las dimensiones mas criticas, lo cual representa una reducción considerable de tiempo en el ciclo de diseño de la herramienta, y aumento en la calidad de la herramienta final.



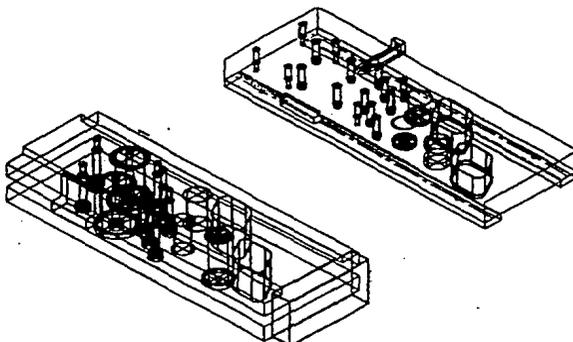
- 7) Los elementos estandar en el mercado como resortes, pilotos, botadores, pasadores gufa y tornillos no son indispensables de ser representados fielmente durante el proceso de diseño ni en los dibujos de especificación, sin embargo, si es necesario generar la lista de materiales y componentes y numerar en un dibujo de ensamble las posiciones de cada uno de estos elementos.

El sistema CAD puede auxiliar a generar la representación de cada uno de estos elementos estandar, utilizando librerias de partes de uso común. Así tambien puede generar semi-automaticamente la lista de materiales y componentes y generar semi-automaticamente los cortes de ensamble del troquel para la numeración y localización de cada uno de los componentes listados, esto permite agilizar el proceso de documentación restante que de otra manera el diseñador tiene que hacer en una gran inversión de tiempo.

Como puede apreciarse, la aplicación del sistema CAD al diseño de troqueles es de gran beneficio al proceso en cuanto a calidad y tiempo se refiere.



Para entender mejor estos beneficios se dara una breve introducción al diseño básico de troqueles, para exponer posteriormente el proceso que se siguió el caso práctico de diseño de troqueles auxiliado por un sistema CADD.



### 6.3 ) EL PROCESO DE TROQUELADO

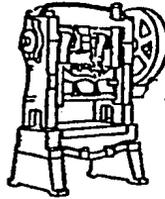
En las operaciones de troquelado, se pueden distinguir tres elementos fundamentales:

- - La prensa troqueladora
- - La herramienta o troquel
- - El material a procesar.

●

#### 6.3.1 ) Prensa Troqueladora

En el presente trabajo se utilizó una prensa excéntrica de lados rectos, de doble biela, las demás especificaciones se describirán posteriormente en la hoja de datos de la prensa.



### 6.3.2) El herramental o troquel

Un troquel es definido como la herramienta de producción masiva, cuyo propósito es el de producir piezas completas terminadas o semiterminadas, consistentemente dentro de las especificaciones, apartir de una lámina o tira de material. Los troqueles son generalmente diseñados para estampar, conformar, cortar, embutir, etc., anteriormente se dio una lista más extensa de operaciones que puede desarrollar un troquel.

Los troqueles se clasifican basicamente por su posición en la prensa y el número de operaciones que realiza con un solo golpe de la prensa:

- sencillos:

son aquellos realizan una sola operación y por lo tanto su configuración se reduce tan solo a la del punzon normalmente en la parte superior y la matriz en la inferior.

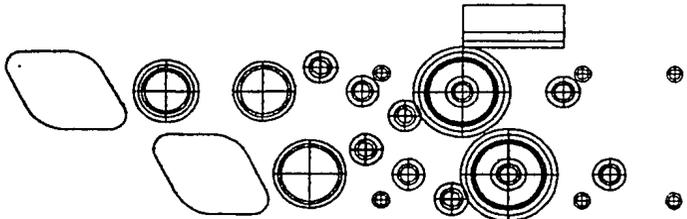
- invertidos:

En estos troqueles la matriz se encuentra fija a la zapata superior, por lo que se encuentra en movimiento, y el conjunto de punzones se fija a la zapata inferior, quedando fijo e inmóvil en la mesa de la prensa. En vista de que en estos casos el residuo o pieza troquelada son expulsados hacia arriba por los expulsores que se encuentran en la parte inferior, las prensas deben estar inclinadas para permitir el desalojo del material troquelado; de otra manera los residuos tendran que apartarse con algun mecanismo o manualmente, para continuar operando la prensa.

- compuestos:

Los troqueles compuestos o combinados incorporan simultaneamente los principios de funcionamiento y disposición de sus elementos, de los troqueles sencillos e invertidos, y en una sola operación realizan dos cortes, generalmente uno exterior y otro interior.

Es decir, la matriz tendra pequeños punzones interiores y el punzon tendrá pequeñas matrices interiores que casaran con los pequeños punzones de la matriz.





- c) soporte y fijación de los elementos de corte
- d) elementos de corte
- e) expulsión de material

### **a) Sujeción y guía a la prensa:**

- **Bujes y pernos guía:**

Los pernos o columnas guía se utilizan para alinear la zapata superior a la zapata inferior o portamatriz. Los troqueles pueden construirse con dos columnas únicamente, en cualquiera de sus esquinas, o con cuatro, una cada una de las mismas. En contraparte, sobre el portamatriz, se encuentran los bujes o casquillos, dentro de los cuales se introducen los postes guías que descienden junto con la zapata superior al cierre de la prensa y troquel.

- **portatroqueles o zapatas:**

Las zapatas, portatroqueles, o portapunzones y portamatriz son las placas a las que se fijan la matriz y el conjunto de punzones, y que se sujetan a la mesa y la platina corredera de la prensa, respectivamente.

- **paralelas:**

Las paralelas son dos barras auxiliares que posicionan entre la mesa de la prensa y la zapata inferior del troquel, cuando la prensa no cuenta con huecos en la mesa para el desalojo de los materiales de residuo. Estas permiten crear un espacio entre la mesa y el troquel para que los bocados se acumulen ahí, o bien se evacuen por medio de planos inclinados o bandas transportadoras.

- **clamps:**

Son los convencionales sujetadores de tornillo-tuerca y brida o mordaza comercial sujetas por una parte a la platina inferior y por otro al portaherramienta.

### **b) Fijación del material :**

- **placas guías:**

Las placas guías son barras limitadoras laterales del área, por donde corre la tira de material a troquelar. Estas placas son generalmente objeto de mucho rozamiento durante el desplazamiento del material al troquelar, por lo que se fabrican de aceros que responden favorablemente al tratamiento térmico, para su endurecimiento superficial.

- **placa pisadora y resortes:**

La función de la placa pisadora es la de mantener la lámina en su posición, y en los casos de embutidos dar la presión necesaria a la lámina para sujetarla durante su deformación. Muchas veces esta misma placa hace las funciones de separadora o extractora del material de los punzones, cuando estos se retraen. Los resortes son los elementos que proporcionan a la placa la fuerza de pisado (aunque a veces son sustituidos por dispositivos hidráulicos), que en los casos de embutido, debe ser proporcionalmente igual a la fuerza que se ejerciera para deformar la pieza.

- **pilotos:**

Se emplean para posicionar o registrar las piezas de trabajo o las tiras de material, con exactitud suficiente para el trabajo de troquelado.

- topes:

Son elementos que limitan la carrera del material que corre por el troquel, cuando este se utiliza en forma de tira, para que ayudado por los pilotes posicionen con precisión la tira en la siguiente estación del troquel. En su forma más simple son bloques de material que limitan al material por uno de sus bordes laterales o bien en el interior de algún punzonado ya realizado. Existen varios tipos de topes, pero entre los más sencillos se encuentran los de dedo o gatillo.

**c) Arreglo y soporte de los elementos de corte:**

- portapunzones:

placa que retiene y posiciona los punzones alineados a las aberturas de la matriz.

- sufridera:

Cuando las fuerzas de punzonado son muy grandes y las áreas de respaldo de los punzones son muy pequeñas, como en el caso de perforadores, estos tienden a enterrarse en la zapata, perdiendo su altura de corte; ante esta situación es necesario colocar una placa de mayor dureza como respaldo de estos punzones, llamada sufridera, para evitar su encajamiento en la zapata o portaherramienta.

**d) Elementos de corte:**

- punzones:

Son los elementos sólidos o macho que perforan la lámina y cuyo perfil y dimensiones corresponden al orificio que se generará en la lámina. Se denominan "perforadores" cuando son redondos hasta de 1 pulg. de diám.

- matriz:

Herramienta de corte que cuenta con la abertura con la forma de silueta a cortar y que corresponden a la forma y dimensiones del bocado o residuo que se separa de la lámina troquelada.

**e) Expulsión o extracción:**

- expulsores:

Debido a la naturaleza elástica de los materiales metálicos, al momento de realizar el punzonado, el orificio creado tiende a cerrarse y aprisionar al punzón que pasa a través de él, por lo que al retraerse el punzón, la lámina tiende a adherirse al mismo y se hace necesaria la existencia de los elementos expulsores, que generalmente se colocan en la parte superior del troquel accionados por resortes, que hacen que los expulsores, al momento de retraerse los punzones, desplacen el material en sentido contrario a la retracción de los mismos. Algunas veces la placa pisadora hace las funciones de expulsor. Los expulsores generalmente se encuentran accionados por resortes, cuya fuerza total debe ser calculada al equivalente del 6 al 10% de la fuerza requerida para el corte de la lámina.

- extractores:

Al igual que los expulsores, la función de los extractores es la de separar el material troquelado de los punzones, a diferencia que los extractores son elementos pasivos, frecuentemente en forma de gancho, colocados en la parte inferior del troquel e impiden la elevación de la lámina troquelada cuando los punzones se retraen.

6.2.3 ) El material a procesar.

**Tipos de material para troquelado:**

Existen diferentes materiales para troquelar desde los metales hasta el asbesto, laminas plásticas, cartón y corcho, que tienen diferentes resistencias al corte y abrasión, que determina el tipo de material y configuración de los elementos del troquel.

**Resistencia de materiales al corte**

Todos los materiales tienen una resistencia a la tensión, la deformación y el corte. Estas dependen de la naturaleza de los materiales, de su estructura cristalina y otros

**Propiedades de algunos materiales:**

Material:	Peso Espec. lb/in <sup>3</sup>	Resistencia al corte lb/in <sup>2</sup>	Holgura requerida % espesor
<b>Acaro:</b>			
bajo carbono	0.2833	40	2-3%
medio carbono		65	2-4%
alto carbono		80	3-5%
Inoxidable		60	4-8%
hierro gris		20	2-4%
hierro maleable		40	2-5%
<b>Latón:</b>	0.3042	36	4-6%
<b>Cobre:</b>	0.3217	36	3-4%
<b>Aluminio:</b>	0.0967		
recocido		9-20	2-3%
tratado termico		13-40	4-8%
fundido		15	3-5%

factores como la temperatura y sus elementos aleados. El factor más importante para el diseño de troqueles de punzonado es la resistencia a la cizalladura que opondrá el material a troquelar. Algunas de las propiedades de los materiales utilizados comunmente para el troquelado se dan en la tabla presentada a continuación.

6.3.4 ) Teoría del cizallado:

El cizallado de materiales se lleva a cabo en tres etapas. Cuando el carnero de la prensa se encuentra en la parte alta de su carrera; el volante de la prensa se encuentra girando y almacenando la energía que será descargada al embragarse al cigüeñal. Al acoplarse el cigüeñal y el volante, el primero gira 360 grados, descendiendo durante la primera mitad del ciclo. Es, en este momento cuando se da la primera etapa de la acción de cizallamiento. Esta primera etapa es la de la "deformación plástica" de la lámina a troquelar; el punzon entra en contacto con el material y ejerce presión sobre este, de tal manera que el material, por la acción del punzon y el hueco de la matriz, comienza a sufrir una serie de dislocaciones en su estructura cristalina metálica, que al sobrepasar el límite elástico, provocan la deformación plástica.

La segunda etapa, la etapa de penetración, a medida que desciende el carnero, el punzon penetra forzosamente en la matriz, a través del material que comienza a separarse. Esta etapa es la verdadera parte de cizallamiento dentro de todo el ciclo.

La última etapa es la de "fractura", donde las fracturas iniciadas en los bordes de corte de matriz y punzon, donde se concentran fuertemente los esfuerzos, se corren hasta encontrarse y separan el bocado del material original. El punzon entra entonces en la

abertura de la matriz, empujando ligeramente el bocado para ser evacuado por los desahogos de la misma, y concluyendo el ciclo de punzonado.

Al finalizar el punzonado, en la segunda mitad de la revolución del cigüeñal se retrae el carnero y el punzon, produciéndose a menúdo la adherencia del material troquelado al punzon, cuando este pasa de nuevo por orificio que creó, puesto que debido a la condición elástica del material, la perforación se contrae; por ello se requiere de un dispositivo expulsor que despegue el material de los punzones.

Como es posible notar, en realidad de las tres etapas del cizallamiento, solo en las dos primeras se esta realizando un verdadero trabajo, puesto que en la tercera solo se lleva acabo el corrimiento de las fracturas y el desprendimiento del material.

La fuerza requerida para punzonar un material es:

$$F_p = P \cdot E \cdot T$$

donde  $F_p$  = fuerza de cizallamiento

$P$  = perimetro del corte

$E$  = espesor del material

$T$  = resistencia al corte del material

A continuación se describe un poco del proceso de concepción y diseño de un troquel, enfocando nuestros criterios a la operación de corte o punzonado. Mediante la descripción de nuestro caso de estudio se iran planteando una a una, cada consideración y criterios requeridos para la selección del tipo de troquel y su proceso de diseño.

---

## 6.4 ) CASO DE ESTUDIO

---

### 6.4.1 ) Problema

Nuestro caso de estudio esta relacionado con el mejoramiento del proceso de manufactura de una junta de cabeza para motor automotriz, mediante la modificación del diseño y manufactura de los herramientas utilizados en el proceso. Este mejoramiento se consideraba prioritario dada la situación que a continuación se describe en dos principales hechos:

- 1) Se planeaba fabricar una junta de diseño derivado, es decir, al diseño original de una junta de cabeza ya existente, le fueron modificadas ciertas características y se creo un nuevo producto (producto derivado), lo que implicaba que se requeririan casi los mismos recursos de maquinaria y proceso, pero no los mismos herramientas ni materiales. Esta nueva versión requería estar en el mercado a más tardar en 6 meses, lo que implicaba que el tiempo de diseño y manufactura de los nuevos herramientas debería acortarse considerablemente. (Debemos considerar que tradicionalmente, en esta fabrica, solo la fabricación del herramental tomaba de 6 a 8 meses y su diseño de 2 a 3 meses).

- 2) Los volúmenes estimados de producción triplicaban los volúmenes tradicionalmente manejados, lo que implicaba un mejoramiento sustancial en los cuellos de botella del proceso tradicional. (Estos cuellos de botella por lo general se encontraban en el corte de cuerpo y el proceso de pavonado).

#### 6.4.2 ) Alternativas:

Ante estas dos situaciones se presentaban algunas alternativas para acelerar el proceso de diseño y fabricación de la herramienta y por otro lado alternativas para agilizar la fabricación de las juntas. A continuación se describen, en primer lugar aquellas relativas al diseño y fabricación de la herramienta:

##### 1a Alternativa:

La única manera de recortar los tiempos de diseño y manufactura de la herramienta, era ocupando la información del producto ya generada por la junta de diseño original. Por supuesto, la información gráfica se encontraba ya representada y archivada en el sistema CADD. Hasta el momento en que este caso se presentó, el sistema CADD solo había sido utilizado para la generación de dibujos de juntas de cabeza y el diseño de uno que otro molde para retenes de hule, pero nunca se había requerido su operación con tanta rapidez y alcance; de hecho, aunque se tenía contemplado, no se había tenido la oportunidad de demostrar las facilidades y ventajas del sistema que se manejaba, en las tareas de diseño de herramienta. ( Debido a la natural resistencia al cambio de algunos gerentes, se presentaba el típico estancamiento de un sistema CADD a la generación de dibujos; por otro lado no se acostumbraba tener dibujos detallados de las herramientas que se fabricaban).

##### 2a. Alternativa:

La única manera de recortar los tiempos de manufactura de herramienta asegurando su consistencia y su correcta operación, era identificando un fabricante de herramienta que tuviera máquinas de control numérico computarizado (CNC) y preferentemente un sistema de CAM, para que pudiera aprovechar directamente las geometrías generadas en nuestro sistema de CADD. ( La opción de ahorrar tiempo en la manufactura ocupando varios fabricantes de herramienta, que fabricaran los troqueles o componentes de estos en forma paralela, es casi evidente para todo ingeniero mecánico que no es operante en la práctica, debido a los problemas que causan de diferencia en el ajustes mecánicos entre taller y taller, esto dificulta en la mayoría de los casos los ensambles del herramienta y su debida operación). Con esta opción se le dió oportunidad al sistema CADD de mostrar su compatibilidad en la transferencia de información hacia sistemas de manufactura.

Aunque esta parte no se describiera en el trabajo, se puede mencionar que se estuvo aplicando una máquina electroerosionadora por hilo, controlada por el sistema de CAM Smartcam.

##### 3a Alternativa:

Mandar fabricar la herramienta al exterior con carácter de urgente. Decisión por demás costosa.

#### 6.4.3 ) Proceso de generación del diseño derivado

La primera alternativa fue seguida al pie de la letra, originando el nuevo diseño por el método de modificación descrito en el capítulo referente a sistemas CAD. Las principales modificaciones al diseño original fueron las indicadas en el cuadro siguiente

El diseño original comprendía un conjunto de dibujos de 3 hojas tamaño D (22"x34"), donde se encontraban:

- silueta de cuerpo
- silueta de inserto izq. (rinon izq.)
- silueta de inserto der. (rinon der.)
- silueta de inserto central (pera)
- silueta del inserto superior (redondo)
- silueta de roldanas

por lo que se hacia necesario cambiar 5 componentes y aproximadamente 10 detalles y secciones. Por el método manual tradicional esto hubiese significado generar un conjunto de dibujos nuevos que llevaria alrededor de 120 a 180 horas hombre, a ritmo acelerado. En el sistema CADD tomo alrededor de 50 horas la modificación de los diseños de producto existentes, incluyendo el chequeo y corrección de cotas. El conjunto de dibujos comprendio las mismas tres hojas solo que con la siguiente informacion:

- silueta de cuerpo
- silueta de inserto mayor (vampiro)
- silueta del inserto menor (corazón)
- silueta de roldanas

Es apartir de este punto, cuando las geometrías del producto ya se tenian, fue donde el verdadero trabajo de optimización del proceso de diseño se daría.

A continuación se presentarán las alternativas de agilización del proceso, para entender la importancia que ocupó el CADD aún en el proceso de manufactura de la junta.

	Diseño Original	Nuevo Diseño
<b>Cuerpo:</b>	Tres alojamientos independientes para sellos de paso de aceite Sello superior redondo Nervado de Camaras de combustión	Un solo alojamiento para insertos de paso de aceite Sello superior ovoide Camaras de comb. sin nervar Aplicación de vena de serigrafía
<b>Insertos:</b>	Tres sellos independientes para paso de aceite Sello superior redondo Silueta de los bordes de los sellos sencillos	Unión de tres sellos por medio de un alma metálica nueva (vampiro). Sello superior ovoide Silueta de algunos bordes de los sellos, dobles (ver las secciones de los dibujos).

#### 6.4.4 ) Mejoras al proceso de manufactura.

Las alternativas presentadas para agilizar el proceso de fabricación de las juntas y cumplir con las demandas estimadas fueron:

##### 1a alternativa

Descongestionar los cuellos de botella: Troquelado de cuerpo de la junta y proceso de pavonado, por medio de su estudio detallado y mejoramiento de las características de los procesos.

##### 2a Alternativa

**Instalación de líneas paralelas de corte de cuerpo y pavonado.** Esta solución implicaba una fuerte inversión en la adquisición de una prensa troqueladora de 230 ton y una línea adicional de tinas para el proceso de pavonado.

##### 3a Alternativa

Mandar maquilar los volúmenes excedentes a la capacidad ya descrita de la planta.

La alternativa escogida fue la primera, con las siguientes objetivos:

##### Proceso de troquelado:

Aumento del índice de producción por hora presencia

Disminución del índice de rechazos

Disminución de los tiempos de cambio de herramienta

Automatización del proceso si fuese necesario

##### Proceso de Pavonado:

Incremento de lotes de pavonado

Disminución de los índices de rechazo y retrabajo

Disminución de los tiempos de proceso por lote

Disminución de tiempo de preparación y reajuste del equipo de pavonado

Más adelante se describirá como el sistema CADD, no solo fue aplicado con satisfacción al diseño del herramental de troquelado y moldeado, sino también, fue aplicado con aportaciones importantes en el mejoramiento del proceso de pavonado, en el diseño y modificación de plantillas de verificación y de fabricación de pantallas para serigrafía, y en la generación de información de proceso al piso de producción.

Enfocándonos cada vez más al proceso troquelado, era obvio notar que todas las metas señaladas, estaban relacionados con el troquel utilizado para el proceso de corte de cuerpo de la junta. Por eso a partir de ese momento se trataron de enfocar todos los recursos al mejoramiento de su diseño fabricación y operación.

#### 6.4.5 ) Planificación del proceso de troquelado

Los documentos necesarios para comenzar la planificación del proceso de troquelado son fundamentalmente:

**a) Dibujos pieza o producto a fabricar**

**b) Especificación de material a procesar**

Algunas características del producto tomadas en cuenta para el diseño de la herramienta son:

**Producto:** Junta de Cabeza

**Aplicación:** Motor Diesel Cummins Serie NT y NH 350

**Configuración:** Plana 22" x 18" x 0.082"

**Material:** Lámina de Acero SAE 1010 Calibre 14 (0.082")

**Acabado:** Pavonado

**Otros materiales (Insertos):**

**Silicon rojo (sellos y serigrafía)**

**Lam. acero calibre 18 (alma de sellos)**

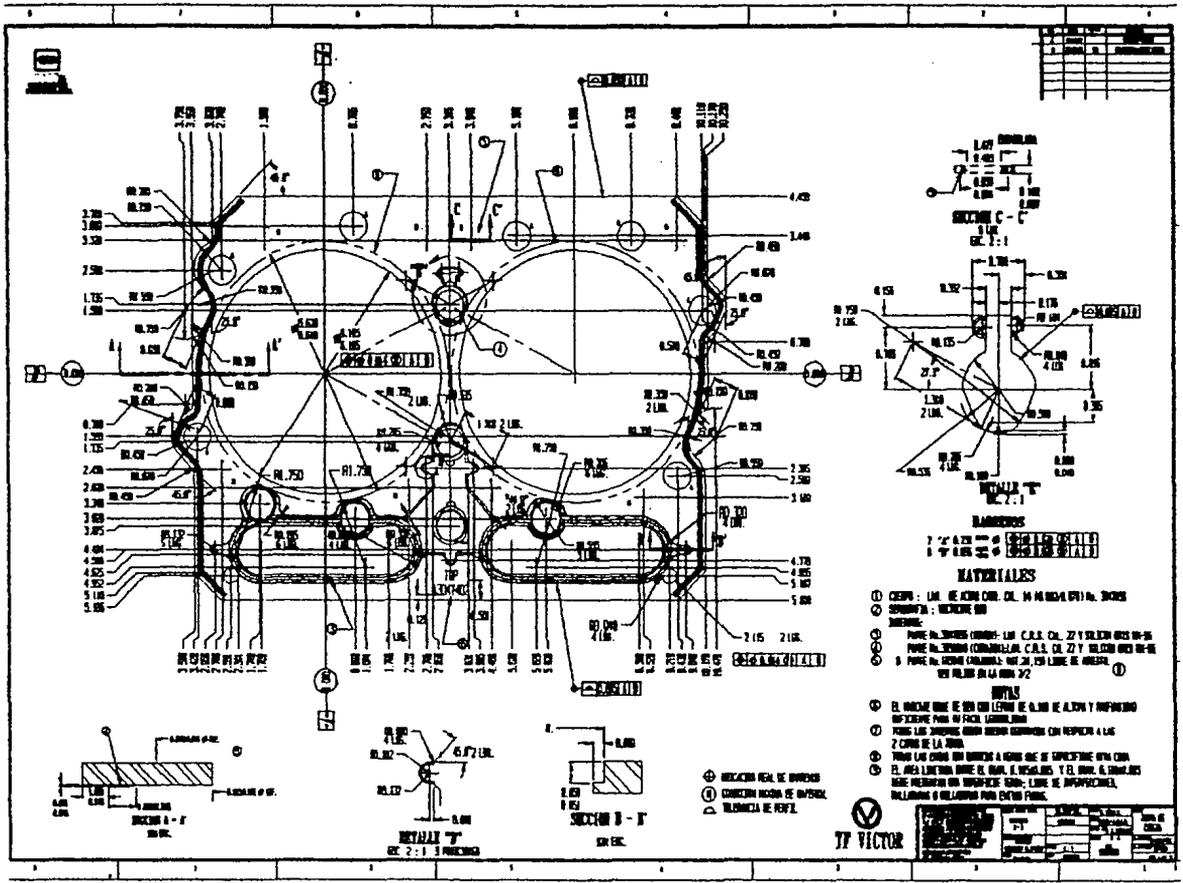
**Asbesto (roldanas)**

Una copia de los dibujos se encuentra en las siguientes páginas.

**c) Hoja de proceso**

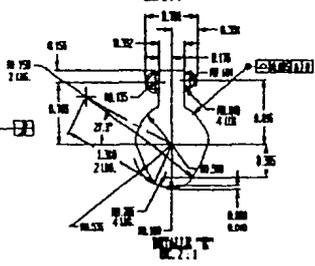
En la hoja de proceso se describen todas las operaciones necesarias para fabricar la pieza deseada. A continuación se listan alguna de las principales operaciones que requiere esta pieza para su manufactura:

- 1) Corte de la lámina en tiras o cuadros
- 2) Punzonado
- 3) Estampado del código
- 4) Formado de cajas para ensamble de insertos
- 5) Acabado superficial: pavonado
- 6) Aplicación de la serigrafía
- 6) Ensamble y engargolado de insertos
- 7) Empaque



NO.	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD
1	...	...	...
2	...	...	...
3	...	...	...
4	...	...	...
5	...	...	...
6	...	...	...
7	...	...	...
8	...	...	...
9	...	...	...
10	...	...	...

SECCION C - C  
Esc. 1:1



DETALLE "A"  
Esc. 1:1

**MATERIALES**

- ① CIERRE: 1 UN. DE ACERO CON CAL. 34 (40 HRC) (EN) (N) SAE 304
- ② SPOONHEAD: 1 PIECE (EN)
- ③ BUSHING: 1 UN. DE ACERO CON CAL. 34 (40 HRC) (EN) (N) SAE 304
- ④ PAPER: 1 UN. DE ACERO CON CAL. 34 (40 HRC) (EN) (N) SAE 304
- ⑤ PAPER: 1 UN. DE ACERO CON CAL. 34 (40 HRC) (EN) (N) SAE 304
- ⑥ PAPER: 1 UN. DE ACERO CON CAL. 34 (40 HRC) (EN) (N) SAE 304

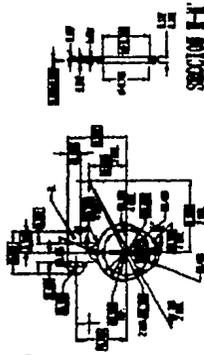
**NOTAS**

- ① EL DISEÑO DEBE DE SER CON UN MARGEN DE SEGURIDAD DE AL MENOS 1.5 Y PROPORCIONADO DE MANERA QUE PUEDA SER FABRICADO.
- ② TODOS LOS DIMENSIONES DEBE SER CONFORME CON RESPONDER A LAS 7 CARRAS DE LA TAMA.
- ③ TODOS LOS PUNOS DE BORNES A BORNES QUE SE CONECTAN DEBE CON UN DIAMETRO DE 1/8" (3.175) Y UN ESPESOR DE 1/16" (1.575).
- ④ EL AREA LINEAL DEBE DE SER, A MENOS DE 1/16" (1.575) Y UN DIAMETRO DE 1/8" (3.175) DEBE SER CON UN MARGEN DE SEGURIDAD DE AL MENOS 1.5 Y PROPORCIONADO, PULGADAS O MILIMETROS PARA ENTENDIENDO.

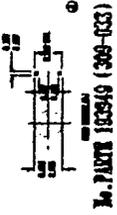
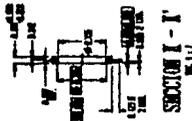
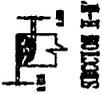
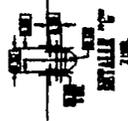
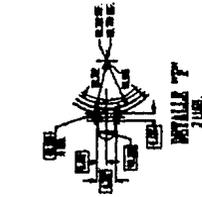
- ⊕ INDICACION REAL DE BORNES
- ⊖ INDICACION NEGATIVA DE BORNES
- △ DIMENSIONES DE PERFORACION



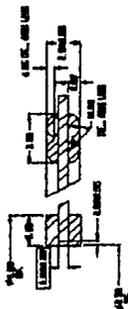
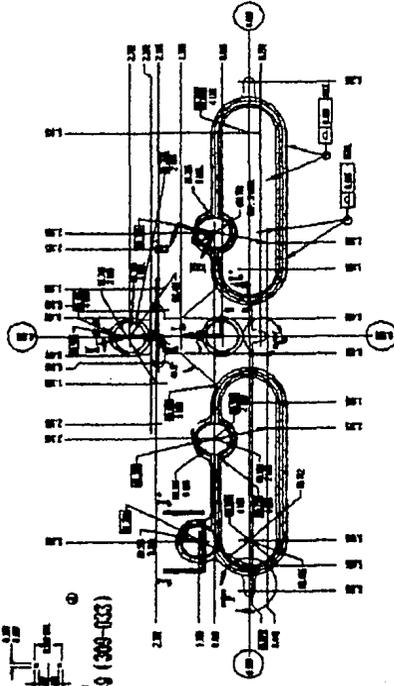
NO. DE DISEÑO	FECHA	ESTADO
711	...	...
...	...	...
...	...	...
...	...	...



NUMERO DE SEAM  
No. PARTIE 3049019 (303-512)



No. PARTIE 103949 (303-033)



SECTION L-L'

MATERIAUX

- REMARQUE:  
 ① PLOMB AU TROUS (SERRER) LAIN, CLAS, DEL. 21 OULETRES DES-DE  
 PLOMB AU TROUS (SERRER) LAIN, CLAS, DEL. 21 OULETRES DES-DE  
 PLOMB AU TROUS (SERRER) LAIN, CLAS, DEL. 21 OULETRES DES-DE

NOTE 18

- ① TOUS LES OUS DE MOINS A MOINS DE SE CROISER SUR OUN

No. PARTIE 3047055 (303-511)

- ② INDICATION DES MATERIES  
 ③ DIMENSION PARTIE EN INCHES  
 ④ INDICATIONS DE PART.

⑤ OUN DE SEAM



Volviendo al proceso de diseño del herramental, podemos observar que los datos que proporciona la hoja de proceso o ruta, describen muy generalmente los requerimientos para obtener la pieza terminada partiendo del material determinado en la especificación de material. Sin embargo, para el diseño adecuado del herramental se requieren especificar los siguientes detalles:

- + Demanda aproximada por año
- + Grupos tecnológicos aplicables al grupo de operaciones
- + Maquinaria y prensas disponibles con especificaciones
- + Estimación de piezas por hora que se requiere fabricar

Por ejemplo, en nuestro caso la demanda aproximada del año es de aproximadamente 140,000 juntas de cabeza, que representan un incremento, con respecto a la demanda del año anterior, del 148%, lo que supone casi triplicar la actual producción. Esta información es muy útil desde el punto de vista del ingeniero de procesos, pues permite determinar:

Las condiciones de operación

- El trabajo al que será sometido el troquel
- El nivel de complejidad requerido para agilizar las operaciones y cumplir programas
- El número de piezas que fabricará

y las características requeridas en el proceso:

- Materiales y tratamientos térmicos finales
- Número de estaciones y nivel de automatización
- Establecer su período de amortización

Por otro lado, se tiene que en nuestro caso existen dos grupos tecnológicos que reúnen los procesos requeridos para manufacturar por completo la junta en cuestión. Los procesos requeridos son los que se presentan en el diagrama de flujo de la página siguiente.

Sin embargo, al momento de localizar las capacidades de las prensas por medio de sus especificaciones, solo uno de los dos grupos tecnológicos posee una prensa de 250 toneladas, por lo que el otro grupo tecnológico es descartado.

A continuación calcularemos sencillamente un dato muy importante para determinar la capacidad de agitación del proceso que nuestro troquel debe tener, de acuerdo a la demanda estimada, y la que nos permiten tener nuestra maquinaria.

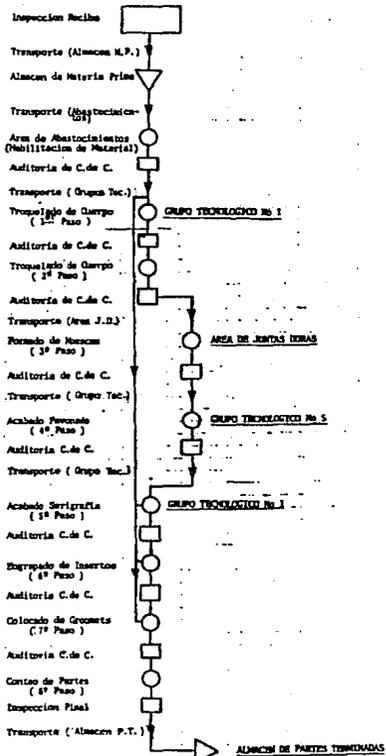
La demanda estimada es de 140,000 piezas al año, lo que implica:

$$140,000/12 = 11,667 \text{ juntas al mes}$$

Teniendo un promedio de 24 días hábiles al mes, durante el año (contando los días festivos y los domingos), trabajando dos turnos de 8 horas, se requieren:

$$11,667/(24 \cdot 2 \cdot 8) = 30.38 \text{ juntas cada hora}$$

DIAGRAMA DE FLUJO JUNTA DE CARRIZAL " CLIMBIOS 347402 "



Si analizamos el proceso tradicional de troquelado de esta junta nos encontramos:

**Cizalla:**

- montaje de rollo de lámina en carrousel
- corte a tiras
- corte de trozos 11"x13" ?
- apilado de trozos y transporte a la prensa

**Troquelado:**

Montaje y calibrado de herramienta 1er. paso (57 mins)



Alimentación manual de trozos de lámina

Punzonado

Retiro de pieza troquelada 1er. paso

Retiro de residuos (\*)

Cambio de herramienta a segundo paso y calibrado (55 mins)

Alimentación manual de lámina procesada en 1er. paso

Retiro de pieza 2o. paso

Retiro de residuos

\* La ejecución de la operación de punzonado se está tomando en un tiempo promedio de 28 seg por golpe, durante lapsos de 15 min. continuos, interrumpiendo por 5 mins. promedio (acarreo de material, reacondo del material a los costados de la maquina, viajes al sanitario, inspección de las piezas por parte del operador y llenado de carta de control de proceso), a este ritmo se estarían produciendo 96.25 piezas por hora (una hora para 1er paso y otra para 2o paso), y tomando en cuenta los paros por turno para el montaje de la herramienta (56 mins) y las inspecciones de control de proceso por control de calidad (30 mins), se tienen solo 6.57 horas de operación real.

Al ritmo indicado de trabajo de 96.25 piezas por hora, y considerando los mismo tiempos para el primer paso y el segundo, se puede asignar el primer turno a la manufactura del primer paso y el segundo turno a la finalización del troquelado mediante el troquel de 2o paso, de las piezas procesadas en el primer turno. Esto implicaría una producción equivalente a:

$$(96.25 \text{ pzas/hr}) (6.57 \text{ hrs.}^*) = 632.36 \text{ pzas/jornada}$$

\* horas efectivas de trabajo u horas presencia

por lo que

$$(632.36 \text{ pzas/jornada}) / (16 \text{ hrs/jornada}) = 39.52 \text{ pzas/hr}$$

que serian las piezas terminadas por hora efectiva de trabajo.

Si tomamos el número requerido de piezas por hora para cubrir la demanda estimada, que era de 30.38 pzas/hr versus las piezas producidas efectivamente, obtenidas del estudio de tiempos y movimientos, de 39.52 pzas/hr., notamos que no hay mucha posibilidad de variación en los ritmos de producción actuales, y cualquier imprevisto en el programa de producción como un paro por defectos en el material, despostillamiento de la herramienta, o un malfuncionamiento de la prensa, acarrearían serios problemas en los cumplimientos de producción. Por otro lado, la producción de esta pieza esta acaparando todo el tiempo disponible de esta máquina, por lo que otras piezas no tendrían cavida en el programa de producción. Otras piezas como la 302-212 y 213 con programas de producción asignados exclusivamente a la prensa en cuestión con volúmenes totales de la tercera parte de junta en cuestión es decir 43,000 pzas. anuales.

Existen varias alternativas para incrementar el índice de producción por hora efectiva (hora presencia) y disminuir el riesgo de incumplimientos de producción por paros indeseados. Entre ellos se encuentran los relativos a la reducción de tiempo empleado por control de calidad, el mejoramiento de las condiciones de trabajo del operador y/o la automatización del proceso de troquelado, mediante un troquel progresivo que reúna las operaciones de cizallado, corte de 1er paso y corte de 2o paso.

Las ventajas de esta ultima opción incluyen aspectos de agilización del proceso, aseguramiento de calidad y de costos:

- Se eliminaría al proceso de cizallado de trozos de lámina
- Se eliminaría el inventario en proceso de trozos de lámina
- Se eliminaría transporte de trozos de lámina



- Se eliminaría el inventario en proceso de piezas de 1er paso
- Se eliminaría el tiempo de cambio de herramienta (1er y 2o pasos) \*\*
- Se eliminaría la alimentación manual de la lámina a la prensa troqueladora
- Se incrementaría el volumen a un índice aproximado a los golpes por minuto de la prensa (20-25 golpes/min, equivalentes a 1200 pzas/hr), dependiendo en gran parte de la velocidad de alimentación de la lámina.
- Se reduciría la merma (eliminando los márgenes inferior y superior de los trozos de lámina, pues el corte de la pieza en la ultima estación del troquel progresivo formaría los bordes superior e inferior de dos piezas contiguas).

- Se reducirían los desperdicios por irregularidades en el material debidos a factores como la mala colocación manual de las piezas en el troquel, de su oxidación por almacenaje prolongado de piezas de primer paso en el piso de producción, o cizallado inadecuado de la lámina.

\*\* Solo se pensaría en la posibilidad de hacer secciones de respuesto para el troquel (veanse más adelante la manera en que el troquel es seccionado para su fabricación y mantenimiento), o bien en el mejor de los casos, si el análisis de costos lo demuestra, se fabricaría un segundo troquel, para turnar su mantenimiento.

Como se puede observar hasta en este punto ya es posible definir algunos detalles más valiosos, acerca del tipo de herramienta que convendra diseñar para cubrir los requerimientos de producción. más adelante se expondra brevemente un análisis económico comparativo entre las opciones de fabricación de los troqueles de 1er y 2o paso por separado y la opción del troquel progresivo, cuyo estudio de diseño se expondra más explícitamente.

Con esta información es posible determinar a detalle la hoja de operaciones con maquinaria, herramental y herramienta especial requerida, en donde listara claramente el número, tipo de troqueles requeridos y una breve descripción del arreglo y operación deseada cada troquel que se necesitaran diseñar y fabricar. A esta hoja es ventajoso agregarle el diagrama de flujo que describe graficamente el proceso de fabricación.

En nuestro caso, el herramental que se requería para el troquelado del cuerpo y el ensamblado de la junta consistía de 5 herramientas diferentes:

1er Paso. Troquelado de Cuerpo (1er corte) --- Troquel sencillo

2o Paso Troquelado de cuerpo (2o corte) --- Troquel sencillo

3er Paso Formado de Muestras --- Troquel de formado

4o Paso Nervado de las camaras de combustión --- Troquel de formado

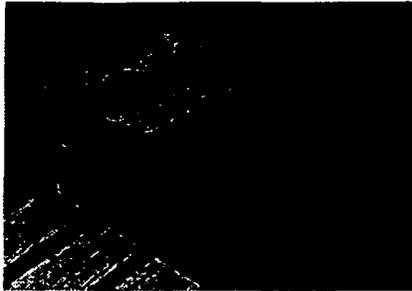
5o Paso Acabado Pavonado (No requiere de herramienta)

6o Paso Serigrafía --- Pantalla

7o Paso Engrapado de Insertos --- Troquel de engargolado



Para el nuevo diseño de la junta, se tuvo que diseñar y fabricar un nuevo conjunto de herramientas, reduciéndose el número de troqueles, debido al uso de un troquel progresivo para el corte de cuerpo de la junta y a la eliminación del nervado de los bordes de las camaras de combustion:



1er Paso. Troquelado de Cuerpo (1er y 2o cortes) — Troquel progresivo

2o Paso Formado de Muecas — Troquel de formado

3er Paso Acabado Pavonado (No requiere de herramienta)

4o Paso Serigrafía — Pantalla

5o Paso Engrapado de Insertos — Troquel de engargolado

OPERACION	MAQUINA Y/O EQUIPO
Corte de lámina	Cizalla
Punzonado	Prensa (300 ton)
Estampado	Prensa (50 ton)
Formado de cajas	Prensa (50 ton)
Pavonado	Tinas de inmersión
Serigrafía	máquina serigrafica
Ensamble y engargolado	Prensa (50 ton)

Las características más importantes que deben ser tomadas en cuenta para el diseño de la herramienta son:

Tonelaje

Capacidad en golpes por minuto

Carrera

Altura de cerrada máxima

Altura de cerrada mínima

Dimensiones de la entrada para mamelon

Dimensiones de la mesa: Tamaño y huecos para desperdicio

La carrera de una prensa es la distancia que recorre el ariete desde el punto muerto superior al punto muerto inferior; esta distancia es importante y debe ser tomada en cuenta al diseñar los herramientales para hacer que los resortes, los pilotos, extractores y punzones funcionen adecuadamente, así como también para la extracción sencilla de la pieza.

La altura cerrada de la prensa es la medida del ariete en el punto muerto inferior de la carrera a la mesa de la prensa, por lo tanto la consideración de la altura máxima cerrada sera cuando el ajuste del ariete este en su punto más alto.

La altura cerrada de troquel es la distancia desde la cara superior de la zapata superior o portapunzones a la cara inferior de la zapata inferior o portamatriz. Por lo tanto, cuando la prensa esta en operación, la altura cerrada de la prensa coincidira con la altura cerrada del troquel

#### **6.4.6 ) Proceso del diseño del troquel**

##### **Parametros iniciales de diseño:**

##### **a) Operaciones y tipo de troquel (hoja de proceso o ruta)**

Se estableció ya en base a la planeación del proceso y el diagrama de flujo, que se diseñará un troquel progresivo que concentre las tres operaciones que eran individuales anteriormente en tres estaciones : perforado, punzonado y separado.

##### **b) Dimensiones basicas (tamaño) (esp. prensa):**

Prensa: Havir Mod. 1973

Capacidad : 250 tons

Golpes por minuto: 25

Carrera: 4 in

Diametro para vastago: 15 cm

Abertura entre platinas:

máxima: 41 cm

minima: 31 cm

Dimensiones de mesa: 40 x 32 "

Hueco de mesa para desperdicio: sin

Distancia huecos para desperdicio: sin

Diametro y ancho de volante: 40 x 4.5

Excentricidad de biela: 2 in

Peso de volante: 350 kg

R.P.M. del volante: 132 rpm

Factor de fluctuación de velocidad: 0.1

Motor: 25 HP y 1170 RPM

Tipo de Embrague: neumatico

Impulsor: banda

Altura total: 3.5 mts.

Area requerida instalada: 1.5 x 2.0 mts

##### **c) Definición del proceso de troquelado:**

##### **c.1) Tonelaje requerido (en función de pieza)**

- de corte

De acuerdo al perímetro total de corte requerido para formar la silueta y detalles interiores de la pieza, se obtienen 3,819.28 mm que multiplicados por el espesor del material a cortar de 2.083 mm y por el la resistencia al corte del la lámina de CRS de 24.6074 kg/mm<sup>2</sup>, da un tonelaje total requerido de 195.76 toneladas.

- de pisado:

Un criterio convencional es tomar la fuerza de pisado de material como el un porcentaje adicional del tonelaje requerido de corte, que oscila entre el 10 al 15%. Por lo tanto, el tonelaje de pisado lo determinaremos como el 15% de 195.76ton, igual a 29.36ton.

- de extracción:

Como en este caso la misma placa pisadora servira de extractor al abrirse el troquel, no se requerirá de ningún expulsor o extractor, esto tiene sentido desde el momento en que no se esta creando ningún embutido que tienda a adherirse a los punzones. Por lo tanto la fuerza requerida de expulsión es cero

- Tonelaje total:

El tonelaje total requerido será la suma de cada uno de los tonelajes anteriormente definido y deberá ser inferior al tonelaje máximo que la prensa troqueladora es capaz de transmitir nominalmente. Se recomienda que el tonelaje requerido sea del 70% al 85% del tonelaje máximo nominal de la prensa a utilizar. En nuestro caso el tonelaje total será de 225.13 toneladas que es el 90% del tonelaje máximo nominal de la prensa Havar a utilizar.

### Técnicas de reducción de tonelaje requerido para el corte.

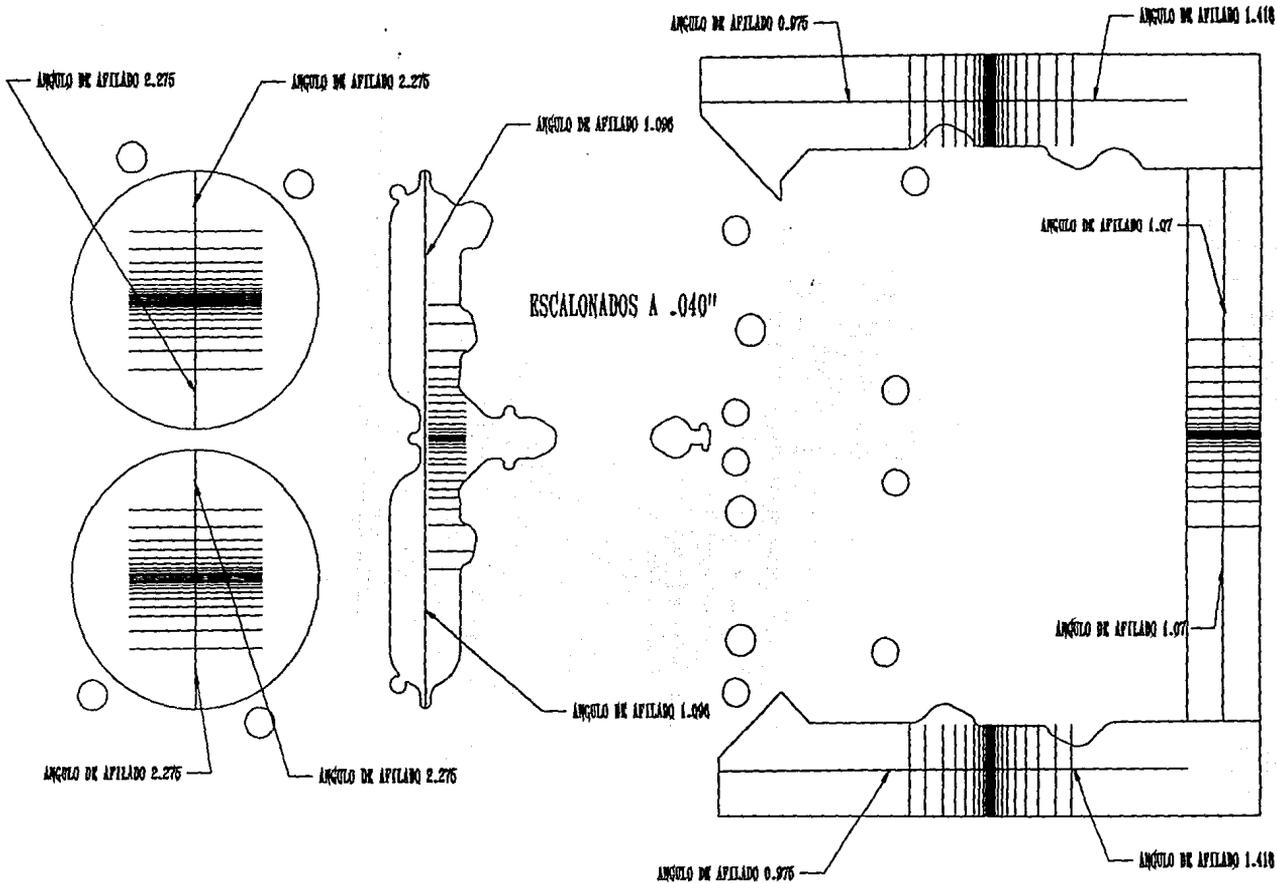
Debido a que el tonelaje total requerido es mayor que el 85% del tonelaje proporcionado por la prensa es necesario pensar en la aplicación de ciertas técnicas de reducción de tonelaje requerido. Dos de las técnicas mas conocidas son el afilado angulado de punzones y el escalonamiento de punzones. Estas técnicas se basan en el principio fundamental de repartir las cargas de corte através de un fragmento de la carrera de la prensa y el troquel.

#### Angulo de afilado de los punzones:

Para poder reducir la potencia necesaria de corte de una silueta. es posible cambiar el angulo de afilado de los punzones, de tal manera que el perímetro de corte de estos no este completamente alineado con el borde corte de la matriz, es decir, con la horizontal. Una práctica convencional es aumentar la longitud de los extremos de los punzones, de tal manera que tengan una penetración de 1.5 veces el espesor del material a punzonar.

#### Escalonamiento de punzones

Para poder repartir mejor la energia de corte durante la operación de punzonado, se ha decidido escalonar ciertos punzones a diferentes alturas, de tal manera que algunos de los cortes se lleve a cabo en dos instantes distintos y aprovechando mejor la energia generada por la prensa. La distancia que habrá entre conjunto de cortes y otro sera de 0.5 del espesor del material es decir 1.0 mm.



-número de estaciones y operaciones:

El número de estaciones se ha determinado por la repartición equitativa de los tonelajes de los cortes de diferentes secciones de la junta metálica, através del troquel para proporcionar cargas balanceadas al ariete de la prensa y evitar desgastes disperejos en la prensa y el troquel. Las estaciones se muestran en la figura de la página siguiente junto con los tonelajes de cad sección.

-distribución del desperdicio y optimización de uso de material (cad):  
cálculo de áreas:

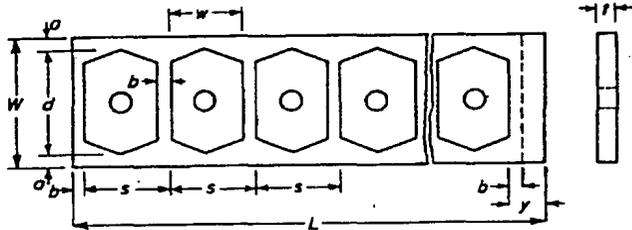
Mediante el CAD fue posible detrmnar rápidamente la generación de merma de lámina metálica debido a los boquetes generados por los cortes. La eficiencia de utilización de material se genera por la razón que existe entre el material de merma entre la cantidad de material alimentado desde la primera estación hasta la última.

cálculo de pesos:

Despues de determinar el area de merma de material es sumamente facil el calculo del peso de material que se puede revender como desperdicio para ser reutilizado o reciclado.

-paso:

El paso de determina de la distancia total de silueta en la dirección de alimentación de la tira más una distancia de margen "b" entre cortes (separación entre cortes), que puede ser de 3 a 5 veces el espesor del material a punzonar, o bien por medio de la siguiente tabla.



-separación de los cortes:

La separación de los cortes depende de que la lámina a troquelar no se a desgarrada o pandeada al momento de que el punzon penetre através de la matriz, por el efecto de la fuerza cortante. Por tanto, estas distancias, tanto entre el cortes como entre cortes y bordes de la tira, dependen exclusivamente del espesor del material, dandose la siguiente relación de forma convencional para determinar la separación mínima de los cortes y bordes:

$$a = t + 0.015 \cdot d$$

donde  $a$  = distancia entre el borde de la pieza y el borde de la tira de material.

$t$  = espesor del material

$d$  = ancho de la pieza a troquelar

el valor de "b" se determina convencionalmente de la siguiente tabla:

t	b
0.03125 in	0.03125 in
0.03126 a 0.1875	t
0.1875 in	0.125 in

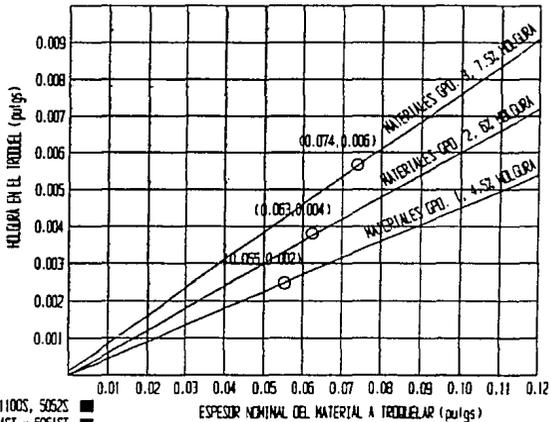
-centros de presión:

El uso del sistema CAD es increíblemente útil para determinar el centro de presión del troquel. El centro de presión del troquel es el lugar virtual donde se concentran las fuerzas de corte o la distancia de la aplicación de una fuerza equivalente al total de las fuerzas de corte con respecto al centro de la prensa. Se calcula mediante la determinación de los centroides de línea de los cortes y su centroide total equivalente. Para este cálculo que es sumamente importante, pero raramente practicado debido a su complejidad y laboriosidad, se desarrolló un programa especial que lo calcula en menos de un minuto. Los resultados se presentan en la siguiente página y muestran una posición aceptable del centro de presión con respecto al centro geométrico de la mesa de la prensa.

-componentes: fijación, registro, corte, expulsión

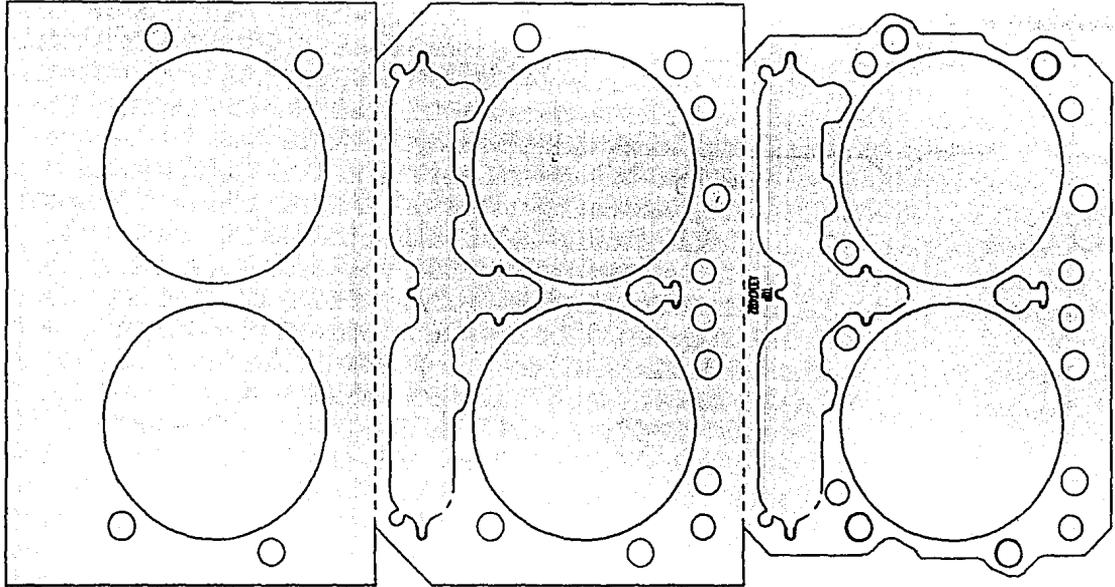
-holguras:

La holgura es el espacio que se deja entre punzon y matriz en uno solo de sus lados, es la distancia necesaria en que se requiere agrandar la matriz o reducir el punzon para



- ALUMINIO ALEACIONES 1100S, 5052S ■
- ALUMINIO 2024ST y 6061ST ■
- ACERO LAMINADO EN FRIO RECOCIDO ■
- ACERO INOXIDABLE BLANDO ■
- ACERO LAMINADO EN FRIO MEDIO DURO ■
- ACERO INOXIDABLE MEDIO DURO ■
- ACERO INOXIDABLE DURO ■

ESTUDIO DE LA TIRA:  
DETERMINACION DEL PASO  
CORTES POR ETAPA



1er PASO

CILINDROS  
BARRENOS PILOTO

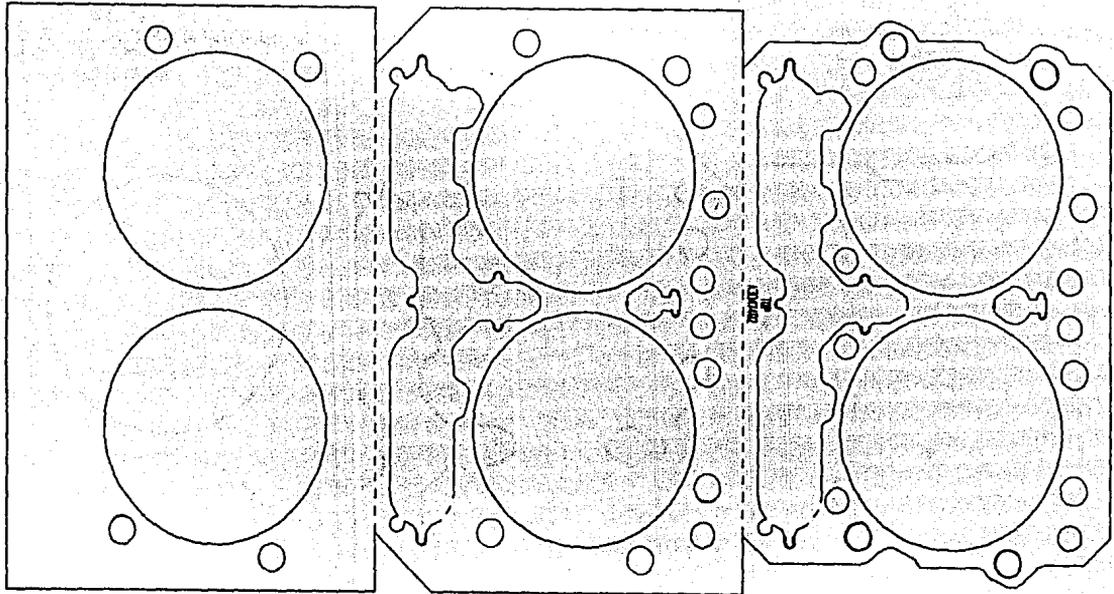
2o PASO

PERFILES INFERIORES  
VAMPIRO  
PERA  
BARRENOS NO CRITICOS

3er PASO

SILUETA  
BARRENOS FALTANTES  
ESTAMPADO

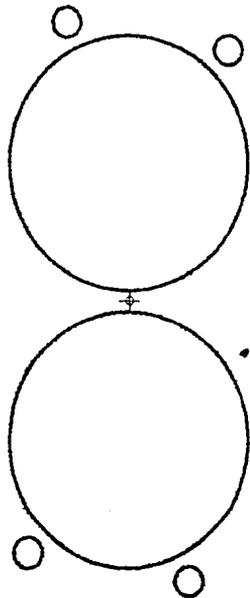
ESTUDIO DE LA TIRA:  
DETERMINACION DEL PASO  
CORTES POR ETAPA



1er PASO  
CILINDROS  
BARRENOS PILOTO

2o PASO  
PERFILES INFERIORES  
VANPIRO  
PERA  
BARRENOS NO CRITICOS

3er PASO  
SILUETA  
BARRENOS FALTANTES  
ESTAMPADO

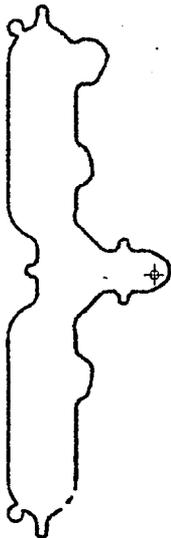


PERIMETRO DE CORTE DE 1er PASO

43.666 in (1120.87 mm)

FUERZA REQUERIDA: (1236.85mm X 2.063mm X 24.60741g/mm<sup>2</sup>)

82.578 TON



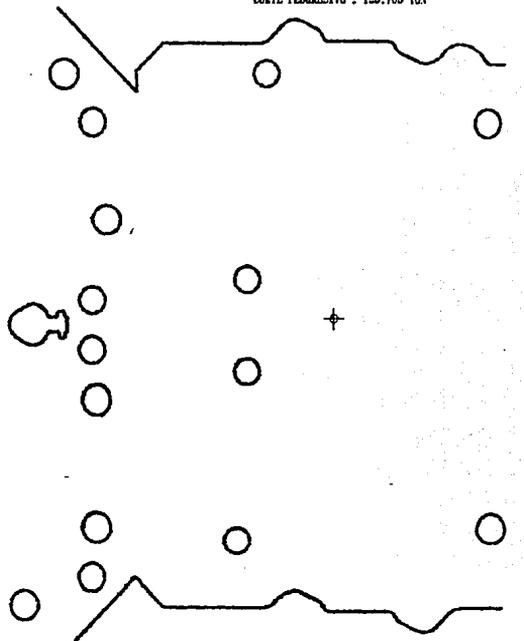
PERIMETRO DE CORTE DE 2o PASO

55.475 in (1409.06 mm)

FUERZA REQUERIDA: (1409.06mm X 2.063mm X 24.60741g/mm<sup>2</sup>)

72.224 TON

TORNILLO TOTAL DEL  
CORTE PROGRESIVO : 195.785 TON



PERIMETRO DE CORTE 3er PASO

46.825 in (1189.35 mm)

FUERZA REQUERIDA: (1189.35mm X 2.063mm X 24.60741g/mm<sup>2</sup>)

60.963 TON

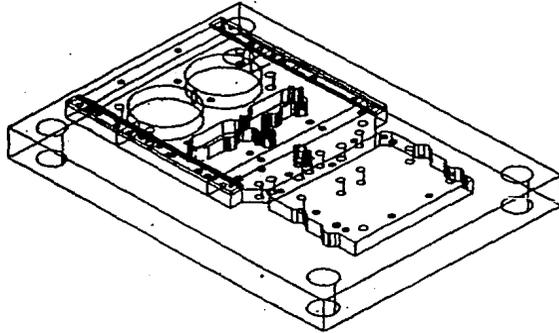
evitar el ajuste en interferencia de estos dos elementos en constante acción. Por otro lado, la holgura determina el acabado de corte, el diemsonado exacto de la pieza o del punzonado y la eficiencia (en terminos de energía requerida) de cizallamiento del material troquelado, por lo que es necesario tomar en cuenta el tipo de material

-desalijos:

Los desalijos son convencionalmente aberturas cónicas en el portamatriz de 0.5o a 1.0o (grados), que son continuados en la zapata a la abertura obtenida por esta inclinación.

-espesor de matriz

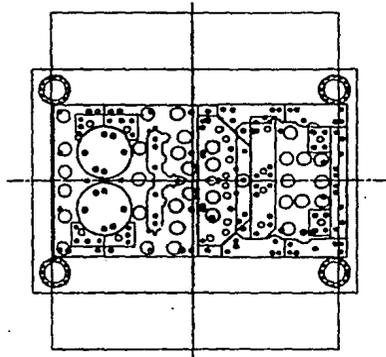
El espesor de la matriz se determina en función del tonelaje y de la distancia que se tiene de la pieza al borde de la tira.



-distancia entre cortes y bordes

Estas distancias se determinan por medio de ciertas cifras convencionales, en función del espesor del material, que se dan en la figura siguiente:

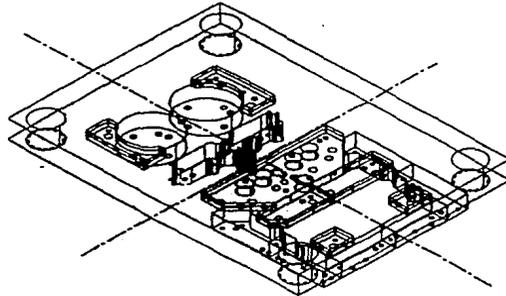
-determinación de matriz, secciones y fijación:



Se procura que las secciones de matriz no sean mucho más largas que anchas en una proporción de 5:1 a 7:1, para evitar posibles deformaciones al momento de templar los aceros.

-determinación de punzones y fijación:

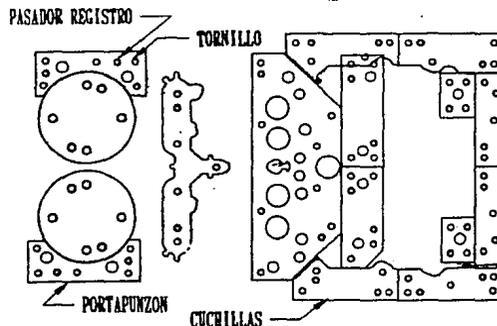
Los punzones cilíndricos de diámetro pequeño se refuerzan con una placa portapunzones que les da cuerpo para evitar roturas prematuras y/o pandeamiento que originen descentramiento y atascamiento de los punzones. Los punzones de otras geometrías y de menores proporciones entre lo alto y su sección transversal de 3:1 y menores, se posicionan solo mediante registros y se fijan mediante un número adecuado de tornillos "allen" que distribuyan uniformemente sus esfuerzos.



-determinación de pilotos y posición

Los pilotos serán los primeros elementos que atraviesen la tira de material para posicionarla perfectamente antes que ninguna otra operación del troquel sea efectuada, estos pilotos ubicarán la tira y evitarán que gire para que los cortes que se hagan en las diferentes estaciones sean consistentes en su distancia de diseño y de manufactura. Pueden ser desde 2 hasta 4 según su posición. En nuestro caso serán 4 y estarán en cuatro puntos, los más distantes posibles en la junta de diámetro pequeño.

PORTAPUNZONES, PUNZONES Y FIJACION

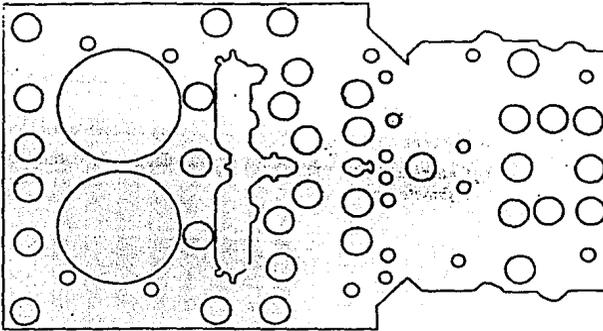


-determinación de tipo, número y colocación de resortes de expulsión.

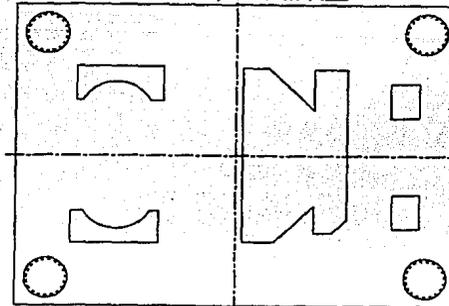
En vista de que los resortes estarán determinados por la fuerza de pisado de casi 30 toneladas, su número se definirá mediante el uso de las tablas de resortes comerciales tomando en cuenta la distancia de precarga inicial que tienen los mismos resortes sobre la placa pisadora y de expulsión, y el porcentaje de compresión de trabajo más eficientes para el grupo de resortes seleccionados y el diámetro de los resortes más convenientes para las distancias disponibles de acomodo de los mismos entre los cortes del troquel.

La posición de los resortes se define tratando de distribuirlos uniformemente sobre la placa, evitando en lo posible dejar claros muy grandes sin resortes, para no sufrir de pandeamientos en la placa y fijar uniformemente el material al troquel.

PLANCHADOR Y RESORTES



ZAPATA SUPERIOR, ANCLAJEROS Y TIZAS



CONCLUSIONES DEL CAPITULO

La utilización del sistema CAD en el diseño frecuente y continuo de herramientas de troquelado, proporciona una verdadera ventaja competitiva ante los talleres que siguen utilizando los métodos tradicionales de cálculo y diseño de troqueles. La aplicación de

este sistema computarizado comprobò reducir el tiempo del diseño en un 40-50% y la precisión de cálculo se incrementa seriamente, abandonando por completo los métodos de aproximación o estimación que impiden llevar a cabo actividades de optimización de operación y reducción de costos de material y componentes del troquel. Es seguro que en un negocio especializado de diseño de troqueles y producción de piezas por medio de estos, es posible personalizar a tal grado un paquete general "high-end" de CADD, que se automatizaría hasta en un 85% el proceso de diseño de troqueles. Entre las operaciones que sería posible automatizar estarían:

- Transferencia de las geometrías del producto final requerido
- Obtención de tonclajes requeridos
- Estudio de la tira, acomodado de piezas múltiples y definición de secuencias
- Determinación de centros de presión y optimización de cargas
- Determinación de holguras
- Reducción o ampliación de las geometrías de punzon y matriz aplicando holgura
- Cálculo automático de espesor de matriz y peraltes de punzones
- Generación automática y estandarización de componentes convencionales y comerciales
- Concepción tridimensional de las piezas y ensamble del troquel
- Generación semiautomática de los dibujos de detalle apartir del modelo tridimensional



**CONCLUSIONES**

---

## CONCLUSIONES:

---

A través de nuestra historia contemporánea nuestro país ha vivido al margen del avance tecnológico debido a ciertas circunstancias económicas y políticas, sin embargo en los últimos diez años la nación ha tenido que abandonar este modelo proteccionista y alcanzar apresuradamente el nivel tecnológico para poder obtener la competitividad requerida en costo y calidad que se exige de los productos de nivel mundial. Parte de esta modernización involucra a los sistemas de diseño auxiliado por computadora y son requeridos en áreas de la industria donde particularmente nuestro país ha conservado su competitividad en un nivel aceptable y donde requiere conservarse y mejorar su situación. La industria automotriz es un área donde el CAD es de gran auxilio a las operaciones de diseño y manufactura donde se requiere elevar los niveles de calidad, productividad y optimizar los costos. México es el país Latinoamericano que mayores oportunidades de inversión extranjera tiene debido a su desarrollo industrial en los últimos 25 años. Las áreas que más oportunidad de inversión son, por su importancia económica, desarrollo tecnológico y competitividad, la industria de bienes de capital, la industria automotriz, la industria textil, la industria de electrodomésticos y la industria mueblera.

Hoy en día existen una gran gama de proveedores de equipo y programas en nuestro país, de donde es posible apoyarse para obtener una plataforma CAD aceptable para iniciar un sistema económicamente accesible a una empresa pequeña.

Las posibilidades de crecimiento de un sistema inicial de CAD son enormes, siempre y cuando la estrategia de implantación y aplicación a los procesos de diseño y/o manufactura existentes sea la adecuada. Para poder establecer esta estrategia es posible guiarse por el modelo y lineamientos de operación de un sistema CIM, del cual el CAD es parte integrante y por lo que sus principios operativos, sus objetivos y filosofías son compartidos.

De la adecuada planeación y ejecución de introducción del sistema al proceso existente de diseño y/o manufactura dependerá el éxito y el crecimiento del CAD en la empresa. La gente es parte primordial del éxito del proyecto, el personal involucrado y la empresa en general deben estar informados acerca de los alcances de la nueva tecnología y de los beneficios que este acarreará a la empresa, y como este afectará a sus funciones en específico. La actitud de rechazo es el primer elemento nocivo que hay que erradicar. El entrenamiento será un elemento indispensable para que el sistema comience a ser utilizado en los procesos reales del diseño.

Si las recomendaciones señaladas son atendidas, la justificación del proyecto no será difícil de establecer, así como también será posible determinar alcances más ambiciosos que los típicos si se selecciona el sistema más adecuado a las necesidades de la empresa siguiendo el procedimiento de evaluación de programas y equipos mencionado y se visualizan las posibilidades de personalización del sistema a los requerimientos únicos de diseño de los productos y herramientas que se fabriquen en la planta.

Por ello, los procesos tediosos y repetitivos del diseño de juntas y herramientas fueron simplificados enormemente hasta reducir en promedio a la mitad el intervalo de diseño de producto y herramienta de producción, con incremento en las funciones de cálculo de los requerimientos de diseño y el consecuente aumento en la calidad del producto y la herramienta, y la optimización de los recursos de producción. La inversión realizada fue de alrededor de 20 millones de pesos y el tiempo de incorporación del sistema y de operación normal fue de 6 meses a partir de la adquisición de todo el sistema. El sistema

creció a su segunda etapa con una estación de trabajo más en un año, y en dos años contaba con 5 estaciones de trabajo que daban servicio al diseño y documentación de juntas duras, juntas blandas, retenes y partes miscelaneas, así como al diseño y documentación de herramientas de producción tales como moldes para retenes y troqueles progresivos para juntas duras, auxiliando también a la generación de ayudas visuales para producción normal y expandiendo su aplicación a la generación de bases de datos para la verificación y aprobación dimensional de la partes piloto de herramientas por ser liberadas por control de calidad.

Es necesario señalar que el sistema CAD no es la solución a todos los problemas en el proceso de diseño y documentación, de hecho cabe señalar la analogía que el CAD tiene con una lente de aumento; si el proceso de diseño que adopta un sistema CAD es bueno, entonces el CAD aumentará sus cualidades, sin embargo, si por el contrario el proceso de diseño y documentación tiene deficiencias, el sistema CAD las remarcará lo suficiente como para hacer más críticos los problemas que antes se controlaban con dificultad. Por ello, podemos concluir que la implantación de un sistema CAD tiene sus limitantes y no siempre equivaldrá a mejorar en primera instancia las tareas de diseño y comunicación con manufactura, sin embargo el simple estudio de implantación del sistema servirá a manera de una auditoría del proceso de diseño y documentación, hará ver las deficiencias que este tenga antes siquiera de introducir algún sistema computarizado de manejo de datos.

Por todo lo expuesto hasta aquí se puede concluir que en México la tecnología está disponible, y el "know-how" de como adaptarlo a las necesidades de modernización de nuestras pequeñas y medianas empresas, especialmente del sector de autopartes, que en este trabajo se identificó como uno de los sectores con procesos discretos más exigidos en adoptar esta tecnología de punta. Por otro lado el rápido desarrollo de la tecnología en equipos y en mejora de programas proporcionan de la perspectiva alentadora de poder obtener mejores capacidades y desempeño de procesamiento de información a menor costo, lo cual incrementa la posibilidad de incrementar el número de empresas que puedan tener acceso a estas tecnologías de punta, para alcanzar los niveles de Calidad, Costo y Entrega (QCD: Quality, Cost and Delivery) que se requieren para competir a nivel mundial.



## **GLOSARIO**

---

---

## GLOSARIO

---

**ADAPT**

Ver Lenguajes de programación de procesos.

**AEC**

Arquitectura/ Ingeniería/ Construcción (Por sus siglas en inglés).

**ALARGAR**

Para hacer más grande una línea o arco, ya sea a un punto en particular o por una cantidad específica.

**ALGORITMO**

Es un procedimiento para completar un resultado dado siguiendo una base lógica de paso-a-paso. El control numérico y los programas de computación son desarrollados por este método.

**ALMACENAMIENTO ACTIVO**

Ver almacenamiento de "buffer"

**ALMACENAMIENTO DE "BUFFER"**

Es un lugar para almacenar información ya sea en una computadora o en una unidad de control de tal modo que esté disponible inmediatamente para la acción una vez que las instrucciones previas han sido completadas. Con el almacenamiento de "buffer" no hay necesidad de esperar a que la información sea leída de la cinta o tarjeta. Ha sido leída previamente y almacenada en el "buffer".

**ANALOGO**

Las computadoras de este tipo son diseñadas para responder y controlar operaciones continuas del proceso como son flujos, temperaturas, o otra cualquier condición de tipo variable infinita.

**APT**

Ver Lenguajes de programación de procesos.

**ARQUITECTURA**

Es el arreglo físico y lógico del "hardware" y del "software" de un sistema completo computarizado.

**ARREGLO**

(Sustantivo) Conjunto ordenado de objetos. Los arreglos más comunes son los circulares y los rectangulares.

(Verbo) Hacer copias de una geometría seleccionada en columnas y renglones o en un patrón radial a distancias seleccionadas.

**ASCII**

Norma Americana de Código para el Intercambio de Información. (Por sus siglas en inglés). Tabla de representación numérica de todos los caracteres utilizados en el procesamiento de textos.

**ASHURADO**

Ver "hatching"

**ATRIBUTO**

Características gráficas de las entidades dibujadas bajo el control del usuario. Algunas de ellas son color, tipo de línea, grosor, etc., otras no-gráficas son el nombre de grupo al que pertenece la entidad, el layer en el que se encuentra ubicado, etc..

**"B-SPLINE"**

Entidad o elemento geométrico definida por una función paramétrica polinomial que puede ser unida a otro "b-spline". Compárese con la Curva de Beizer.

**BASE DE DATOS GRAFICA (BDG):**

Conjunto de datos o información organizada bajo un criterio tal, que permite la representación de los elementos gráficos que describen, cuando estos se ejecutan en forma secuencial y ordenada.

**"BASIC"**

Es un lenguaje de computación parecido al algebra utilizado para la resolución de problemas matemáticos.

**BENCHMARKING**

Procedimiento bien definido de prueba, evaluación y selección de sistemas, equipo o programas, sin importar su naturaleza o aplicación.

**BINARIO**

Método de descripción numérica de notaciones empleando solo dos diferentes dígitos. Es el sistema binario el que permite que las computadoras electrónicas funcionen.

**BINARIO CODIFICADO DECIMAL O BCD**

Es un sistema que combina "bits" binarios en una sola hilera de cinta *perorada* para designar ya sea números o letras.

**"BIT"**

Es una notación numérica de 1 ó 0. En una computadora un "bit" es un elemento básico que transporta electrónicamente el binario 1 ó 0.

**"BOOTSTRAP"**

Es una técnica para cargar las primeras pocas instrucciones de una rutina en el almacenamiento y luego utilizarlas para traer el resto de la rutina.

**"BREAK"**

Operación de CAD que rompe una entidad geométrica, transformandola en un grupo de nuevas entidades; por ejemplo, removiendo un círculo y transformandolo en arcos.

**BUG**

Un error en el programa que impide su capacidad de desempeñar los objetivos para los que fue escrito. "Debugging" es el proceso de encontrar y eliminar los errores del programa. Casi todos los programas de cualquier complejidad tienen que pasar a través de un proceso de "debugging".

**BYTE**

Es una serie de "bits" binarios de computación organizados juntos para mantener una letra símbolo o un número en la computadora. Algunas veces se llama "palabra". Una palabra o "byte" puede ser comprendida por ocho, nueve, doce o 15 "bits".

**CADD**

Dibujo Auxiliado por Computadora (Por sus siglas en inglés). Es el uso de la computación para asistir la creación o modificación de dibujos de partes diseñadas, y su archivo en forma electrónica digital. Permite al diseñador proyectar directamente en el monitor de una computadora los esquemas y dibujos de los proyectos de ingeniería, ya sea en dos o en tres dimensiones.

**CAD**

Diseño Auxiliado por Computadora. El total de las funciones de diseño: modelado de superficies y/o sólidos, análisis por elemento finito y el dibujo automatizado en la documentación de los diseños finales, todas, auxiliadas por la computadora.

**CAE**

Ingeniería Auxiliada por Computadora (Por sus siglas en inglés). Programas de computación para el análisis de esfuerzos, de cinemática o dinámico de una parte de un sistema o de todo un sistema. Facilita la etapa de verificación de los cálculos de ingeniería de un proyecto y la simulación de los efectos de algunas variables como transmisión de calor, esfuerzos, deformaciones, vibración, flujo de fluidos, etc. en el diseño del producto.

**CAM**

Manufactura Auxiliada por Computadora (Por sus siglas en inglés). Es el uso de computadoras para planear, dirigir, controlar y monitorear operaciones de maquinado. Incluye control numérico (NC), robótica, y otras aplicaciones de computación en la fábrica.

**CANAL**

Es el camino paralelo a los ejes de la cinta perforada para la antigua alimentación en las máquinas de control numérico, en las cuales los orificios son localizados. La cinta para control numérico estandar tiene ocho canales. Son también conocidos como "tracks" o niveles y no se deben confundir con las hileras perpendiculares al eje de la cinta.

**CAPP**

Planeación del Proceso Asistida por Computadora (Por sus siglas en inglés). Es el uso de la computación para desarrollar instrucciones detalladas para manufacturar una parte o un ensamble; CAPP toma en cuenta la definición del producto, el "know-how" del proceso y las habilidades de manufactura e incluye la selección de máquina herramientas y equipo de proceso así como los planes para la secuencia del proceso y su ruta.

**CARACTER**

Un número, letra o símbolo.

**CDL:**

Lenguaje de programación de Cadkey

**CELULA o CELDA**

Area dedicada, de localización cercana y relativa del equipo de proceso utilizada para manufacturar un grupo de partes. Este término es frecuentemente utilizado para denotar sistemas flexibles de manufactura.

**CENTRO DE MAQUINADO**

Máquina de control numérico que utiliza automática y secuencialmente varias herramientas y desarrolla diferentes operaciones sobre diferentes de ejes de dirección.

**\*CHAMFER\***

Unir dos líneas perpendiculares con otra línea o agregar chafalán a una esquina.

**\*CHIP\***

Es una pequeña pieza de material semiconductor en la cual los componentes electrónicos se forman. Los circuitos integrados son hechos en "chips".

**CIM**

Manufactura Integrada por Computadora (Por sus siglas en inglés). Sistema informativo de manufactura integrado que constituye el centro neuralgico de la fábrica completamente automatizada. Por medio de una red automatizada de computadoras conecta los sistemas de diseño CAD con las máquinas de producción y los sistemas de información. Los sistemas CIM reúnen en una base de datos común la información de diferentes áreas y actividades de la planta.

**\*CNC\***

Control Numérico por Computadora (Por sus siglas en inglés). Es el uso de una computadora en específico en el equipo del proceso o en una máquina herramienta , para recibir una instrucción digital o manual para crear o modificar una parte. Casi todos los programas de computación de control numérico son hechos en Fortran.

**CODIGO**

El sistema de información organizada que puede ser entendida y manejada por un sistema de control, computadora o por un equipo de procesamiento de datos.

**CODIGO ALFANUMERICO**

Un sistema codificado que consiste de letras, dígitos y caracteres miscelaneos.

**COMANDO**

Es una señal de una unidad de control de máquina iniciando un paso en un programa completo.

**COMPATIBILIDAD**

El grado al que los programas de aplicación, lenguajes y programas pueden ser intercambiados entre varias computadoras, máquinas herramientas y sistemas de control numérico.

**COMPENSACION**

Cuando se da forma al contorno de una pieza maquinada, la compensación es un desplazamiento, siempre normal al camino de corte y a la superficie programada de trabajo, debido a la diferencia entre el radio actual de la herramienta de corte y la dimensión programada.

**COMPILADOR**

Es un programa de computación que opera con datos de entrada simbólicos para producir instrucciones de máquina expandidas para manejar tareas específicas.

**COORDENADAS CARTESIANAS**

Ver coordenadas rectangulares.

**COORDENADAS POLARES**

Una forma de especificar localidades por medio de ángulos y distancias.

**COSTO/DESEMPEÑO, COEFICIENTE**

Indicador economico del funcionamiento de un equipo en base al costo por cada unidad de velocidad de procesamiento, capacidad de almacenamiento o rapidez de transferencia de información del mismo equipo.

**COSTO POR ASIENTO:**

Costo total de instalación y operación de un sistema dividido por el número máximo de usuarios o estaciones de trabajo a que el sistema puede atender en una sesión de trabajo.

**"CPU"**

Unidad de Procesamiento Central (Por sus siglas en inglés). Elemento básico de una computadora que incluye los circuitos que controlan el proceso y la ejecución de las instrucciones.

**CRT**

Tubo de Rayos Catódicos (Por sus siglas en inglés). Es un tubo electrónico de vacío que contiene un pantalla en el cual los electrones chocan y causan que el fósforo que contiene se ilumina y haga que las imágenes se desplieguen.

**CURVA DE BEZIER**

Una función paramétrica polinomial que es más sencilla pero más difícil de curvar que una "b-spline".

**CUSTOMIZE:**

Ver "Personalizar"

**DESAGRUPAR**

Remover de la agrupación temporal.

**DIBUJO**

Los dibujos de CADD son analogías cercanas de dibujos reales. Son representaciones en segunda dimensión de objetos reales, acompañadas por notaciones como las dimensiones.

### DIGITALIZADOR

Tableta rectangular un apuntador o ratón; la posición del apuntador es transmitida a la computadora. Un digitalizador puede ser utilizado como un teclado de funciones, un trazador de dibujos y como un dispositivo para controlar el cursor.

### DIMENSIONAMIENTO ASOCIATIVO

Relación que guardan los tamaños y las dimensiones de cada una de las entidades dibujadas en un objeto gráfico, por la cual un programa de CAD cambia algunas dimensiones automáticamente, al momento que el usuario altera la geometría de un objeto previamente dimensionado.

### DIMENSION

Anotación en un dibujo que indica longitudes y ángulos. Arquitectos, ingenieros, entre otros utilizan diferentes normas de dimensiones, incluyendo diferentes formas de flechas, diferentes unidades y diferentes localizaciones de referencia.

### "DNC"

Control Numérico Distribuido o Directo (Por sus siglas en inglés). Es el control de dos o más máquina-herramientas automáticas desde una sola computadora que distribuye archivos de partes en forma digital en programas y comandos, y que a su vez recibe información acerca de su estado y su desempeño.

### "DXF"

Formato de transferencia de "AutoDesk" de intercambio en un archivo de CAD, ampliamente utilizado por otros proveedores.

### OPERACIONES BOOLEANAS

Aplicaciones del conjunto de teorías de operaciones de unión, intersección y complemento de modelos sólidos.

$$A \cup B = C$$

### EJE

Es una dirección general de movimiento relativo entre la herramienta cortada y la pieza trabajada. El entendimiento de los ejes en coordenadas rectangulares es la clave básica para el entendimiento del control numérico.

### ESCALA

Es la relación numérica entre las dos dimensiones que se manejan: la imagen y el mundo. Por ejemplo: los arquitectos frecuentemente dibujan en una escala de 1/4 de pulgada = 1 pie. En sistemas CADD, es generalmente posible dibujar en dimensiones del mundo real, es decir 1:1, el escalado de las imágenes es llevado a cabo dinámicamente por el programa y es transparente para el usuario.

### ESPEJO

Crear una copia reflejada alrededor de un eje determinado.

### ESTACION DE TRABAJO

Un monitor y uno o más dispositivos de entrada usualmente aparejados con un sólo usuario de computadora.

**EXACTITUD**

Característica importante en los dispositivos de entrada y salida, especialmente en los graficadores. Es la diferencia entre el punto objetivo y el promedio desde ese punto objetivo más o menos tres desviaciones estándares. Los promedios y desviaciones se encuentran realizando muchos movimientos idénticos programados y luego revisándolos.

**"FEA"**

Análisis de Elemento Finito (Por sus siglas en inglés). Una forma muy poderosa de analizar el comportamiento físico de características estructurales, térmicas, cinemáticas, dinámicas y magnéticas. Los objetos son representados por medio de mallas que definen la estructura y forma de los elementos.

**"FEM"**

Modelado de la malla de Elementos Finitos. Ver "FEA".

**"FILLET"**

Redondeo o remate de aristas. Una intersección entre dos superficies que es utilizada principalmente en ingeniería mecánica. En diseño de segunda dimensión, un *fillet* es una curva que conecta líneas de arcos de tal modo que son tangentes a ella. La contraparte en la tercera dimensión se conoce como "una superficie de redondeo *fillet* o *blend*".

**"FMS"**

Sistema de Manufactura Flexible (Por sus siglas en inglés). Varias partes de equipo del proceso (máquina herramienta, soldadoras, o máquinas de inspección) supervisados por una computadora para procesar los lotes de las partes en una parte común de una familia. Es una isla de automatización compleja en la cual los centros de control numérico, sistemas de movimientos, manejo de materiales y control del almacén se controlan por medio de una computadora o red integrada de ellas, que permiten configurar varias rutinas del proceso.

**FUNCIONES AUXILIARES**

En Control Numérico son funciones programables que no tiene que ver con el control de los movimientos de la máquina a lo largo de los ejes coordenados, estos son generalmente: suministro de lubricante, control de velocidad de husillos, cambio de herramientas, etc.

**GRAFICADOR**

Ver "Plotter"

**"GRID"**

Una matriz de puntos o líneas con espaciamiento determinados por el usuario, que puede ser utilizada para alinear elementos del dibujo visualmente. *Snapping* permite utilizar la matriz para forzar la alineación.

**GRUPO**

Es enlazar dos o más entidades temporalmente para simplificar ciertas operaciones como mover y borrar. Algunos sistemas utilizan "ventanas" para este propósito.

**HIDDEN LINES**

Líneas ocultas.

**"HATCHING"**

Un patrón continuo hecho de líneas con diferentes espaciamientos y ángulos determinados, que rellena un área cerrada definida por el usuario. Existen representaciones estándar de *hatching* para varios materiales, como acero, aluminio, etc.

**"IGES"**

Especificaciones de Intercambio Gráfico Inicial (Por sus siglas en inglés). Un formato de archivo de CADD neutral (no propietario) definido con el estándar Y14.28 de NASI. Los proveedores de los programas CADD proveen traductores entre sus formatos e IGES, permitiendo a los usuarios mover los archivos de CADD de un sistema a otro.

**INTERPOLACION CIRCULAR**

Una unidad de control de máquina con un pequeño módulo de computación que es capaz de dirigir el corte de una pieza en un círculo completo o arco cuando se han dado pocas direcciones básicas como son coordenadas del punto central, radio, dirección de viaje y localización de coordenadas de los puntos finales del arco.

**ISLA DE AUTOMATIZACION**

Sistemas compuestos por máquinas de CNC u otro equipo automatizado y controlado por una computadora central.

**"ISO"**

Organización Internacional de Estándares. (Por sus siglas en inglés). Dimensionamiento ISO se refiere a un juego de símbolos de dibujo para dimensiones y reglas para su dimensionamiento.

**"JIT"**

Justo a Tiempo (Por sus siglas en inglés). Método por el cual se programan las entregas de proveedores a clientes para minimizar el inventario en almacén, en proceso y el tiempo de entrega de producto final.

**"LAN"**

Red de Área Local (Por sus siglas en inglés). Es el medio físico para la comunicación dentro de un edificio o fábrica a través de la cual mensajes o señales digitales pueden ser transmitidas, y que conecta computadoras y equipos para el control de computadoras u otros dispositivos.

**LAYER**

Una forma de organizar información en un archivo de dibujo digital, de tal forma que diferentes versiones del dibujo puedan ser vistas y trabajadas separadamente. Se puede pensar en ellos como en el uso de acetatos transparentes sobrepuestos.

**LENGUAJE DE OPERACION DE PROCESOS**

Lenguaje especial para máquinas de control numérico, que proporciona las órdenes de ejecución de operaciones de corte, movimiento de husillos, intercambio de herramientas y accionamiento de dispositivos auxiliares como alimentación de aceite de lubricación y otros.

**LENGUAJE ENSAMBLADOR**

Es un lenguaje de computación organizado para transformar códigos operacionales en lenguaje máquina. El resultado es una transformación de carácter-a-carácter.

**LINEAS DE EXTENSION**

Son líneas de dimensionado, que salen de un objeto dimensionado de tal forma que el texto que etiqueta la dimensión puede ser colocado donde pueda ser legible.

**"MCAE"**

Ingeniería Mecánica Auxiliada por Computadora (Por sus siglas en inglés). Usualmente significa CADD mas FEA más sólidos, con herramientas adicionales para facilitar el proceso de diseño completo en aplicaciones de ingeniería mecánica.

**MACRO**

Es una secuencia de comandos que realizan una tarea específica repetitiva, que puede ser ejecutada por una simple clave o botón.

**"MAP"**

Protocolo Automático de Manufactura (Por sus siglas en inglés). Una especificación de interfaz multinivel que especifica el protocolo de comunicación dentro de la red, utilizando una banda ancha, alta velocidad, "token-passing", cable coaxial para el "bus" de la red, que facilita la comunicación entre equipo de diferente marca.

**"MASK"**

Función que permite seleccionar una geometría que se excluya en una selección múltiple posterior.

**MODELO**

Una representación en tercera dimensión de un objeto con un programa CAD. Un modelo contiene representaciones de muchos atributos de los objetos, como masa, volumen, etc., y puede por lo tanto ser analizado utilizando herramientas de FEA.

**MODELADO DE SUPERFICIE**

Requerido para modelos en control numérico, los sistemas de modelado de superficie demandan mayor potencia computacional que lo que demandan los *wireframes*, y son menos naturales para ser utilizados por los diseñadores, pero son más adaptables que los sólidos. Las superficies son generalmente definidas por barrido de una curva a lo largo de otra. Pero las superficies pueden ser utilizadas para crear objetos a través de la computadora las cuales son topológicamente, imposibles de construir.

**MOLDEADO DE SOLIDOS**

También es conocido como modelado volumétrico o moldeado geométrico. De las tres principales formas de geometría basada en la computación (*wireframe*, superficie y sólidos) los sólidos son los menos abstractos y por lo tanto los más reales. Pero son, también, los de mayor intensidad de proceso, por ello los sistemas de modelado de sólidos interactivos son muy caros. Sólo los sólidos permiten revisar interferencia y analizar con precisión las propiedades de masa de la geometría en forma directa. Los dos principales tipos de sistemas de modelado de sólido son: CSG (por sus siglas en inglés, Geometría del Sólido Constructiva) y B-rep (por sus siglas en inglés, Representación por fronteras). Los sistemas CSG solo almacenan ecuaciones Booleanas, el sistema crea la geometría evaluando las expresiones Booleanas. En los sistemas b-rep, el sistema, en cambio, almacena la geometría.

**"MRP"**

Planeación de los Requerimientos de Manufactura (Por sus siglas en inglés). Es un sistema para la planeación y control del material requerido para la manufactura a tiempo

de cada parte y producto, definen los tiempos más adecuados y las cantidades más convenientes. "MRP" frecuentemente incluye programas para el mantenimiento y control del piso de producción, control del inventario, ruta y programación de fabricación de productos.

### **"NC"**

Control Numérico (Por sus siglas en inglés). Es un sistema numérico que provee de información geométrica y de control de proceso a máquinas-herramienta que la utilizan para fabricar piezas maquinadas de alta precisión. Esta información puede ser transferida por medio de tarjeta o cinta perforada o por medios magnéticos.

### **NIVELES**

Ver "Layers"

### **"NURB"**

Son "B-splines" Racionales No Uniformes (Por sus siglas en inglés). Un tipo de geometría homogénea limitada para asegurar continuidad entre entidades geométricas. Algunos grandes proveedores de sistemas CADD han anunciado planes para utilizar esta representación.

### **"OFFSET"**

Margen que se da al contorno de una geometría que tendrá un paunzon o cavidad de matriz, resultante de la aplicación del valor de holgura requerido para obtener una pieza bien troquelada.

### **"PAN"**

Desplazamiento a través de la pantalla que permite ver diferentes partes de la imagen sin cambiar la magnificación.

### **PERSONALIZAR (CUSTOMIZE):**

Adecuar o adaptar un sistema de uso general a las necesidades específicas de diseño de un área en especial, mediante la programación de funciones o la automatización de procesos repetitivos en las tareas diarias de diseño o documentación.

### **"PIXEL"**

Elemento de la gráfica elemental de la pantalla. La unidad luminosa más pequeña de una pantalla raster.

### **PLOTTER**

Dispositivo de salida de una estación de trabajo que genera copias en papel de la información gráfica. Graficador.

### **POLILINEA**

Una entidad geométrica consistente de un número de líneas rectas.

### **POSICION ABSOLUTA Y RELATIVA**

Cuando se asigna una clave a las coordenadas de locales, las coordenadas absolutas son numeradas de cualquier otro lugar, normalmente desde el punto ingresado. "Coloque un punto en  $x = 10$ ,  $y = 12$ " es una instrucción dada en coordenadas absolutas; "Coloque un punto en una localidad 10 pies a la derecha y 12 pies hacia arriba del punto actual" es una instrucción dada en coordenadas relativas.

**PRECISION**

El número de puntos en el espacio coordenado, o a lo largo de cada eje. Este valor determina que tan pequeño un objeto puede ser representado en un sistema CAD dado. Ver precisión de coordenadas.

**PRECISION DE COORDENADAS**

En las computadoras digitales, los puntos en el espacio son representados por número discretos. La precisión coordenada es una medida de cuantos de dichos puntos pueden ser distinguidos en una unidad de área dada.

Algunas veces la precisión es expresada como una función lineal, como en "100 puntos por pulgada lineal". En tales casos se asume que la resolución del área es simplemente el cuadrado de la medida lineal.

La precisión de coordenadas de un programa CADD es lo que determina que se puedan representar pequeños objetos que se encuentran en grandes áreas. Por ejemplo, en un sistema de integración de 16-bits, si el plano de un terreno que mide una milla por lado fuera representado en un dibujo, el objeto más pequeño que puede ser representado en el mismo dibujo será de 0.97 pulgadas de largo. Más aún todas las medidas fraccionables deberían ser redondeadas lo más cercano a 0.97 pulgadas.

Los sistemas CADD basados en integrales son normalmente más rápidos en tiempo de respuesta que los sistemas de punto flotante.

La forma de especificar la precisión coordenada es en la programación de términos como un tipo numérico; integración de 16 bit significa que cada eje puede ser dividido en 65,536 partes (2 a la 16a. potencia); punto flotante significa que cada eje puede ser dividido en un número muy grande de partes. Existen varias formas de representación del punto flotante, todas ellas pueden expresar valores de 100 millones o más.

**PRICE/PERFORMANCE RATIO**

Ver "COSTO/DESEMPEÑO"

**PROCESAMIENTO POR LOTES**

Es un método de procesamiento de tareas en una computadora donde son organizadas y manejadas a un mismo tiempo. Es lo opuesto de "tiempo compartido" donde se tiene acceso dividido al procesador central.

**\*RASTER\***

Una forma de representar imágenes en forma digital. La imagen es subdividida en *tiles*, como las piezas de un mosaico. Un valor numérico es almacenado en la memoria de la computadora para cada *tile*, indicando su color. Todas las PC's tienen pantallas *raster*. Contrasta con vector.

**RED**

Ver "LAN"

**RELLENAR**

Sombrear un área con un color a la combinación de colores.

**REPETIBILIDAD**

Característica importante en dispositivos de entrada y salida, especialmente en los graficadores. Repetibilidad es mas o menos tres desviaciones estandar desde el

promedio sin referirse al punto objetivo. Los promedios y desviaciones se encuentran realizando muchos movimientos idénticos programados y luego revisandolos.

### REPRESENTACION DE PUNTO FLOTANTE

Es una forma de representar un número con un par de números en el cual el primero (o mantisa) es multiplicado por la base (generalmente 2 ó 10) a la potencia del segundo (o exponente) para obtener el número completo. Esta técnica hace posible representar números más grandes que el valor integral máximo de una sola palabra en una computadora. Así 743,000 en notación de punto flotante será  $7.43/5$  ó  $7.43$  veces 10 a la quinta potencia.

### RESOLUCION

El numero de *pixels* por unidad de área o longitud, en un dispositivo o en un archivo *raster*, los números de puntos direccionables por unidad de área o longitud en un archivo vectorial.

### RESPALDAR

Haver una copia de uno más archivos en un medio de almacenamiento removible diferente al disco duro de trabajo.

### SALVAR

Guardar la información contenida en la memoria temporal de la computadora en un medio de almacenamiento permanente como un disco duro, cinta o diskette.

### "SCANNER"

Es un dispositivo automático de entrada de dibujo. Casi todos los "scanners" son solo parcialmente automáticos porque sus programas de soporte reconocen solamente líneas, no arcos ni curvas ni textos. Programas especiales son necesarios para convertir los datos en vectores, el cual es el formato requerido para los sistemas CADD.

### SEAT COST:

Ver "Costo por asiento"

### SELECCION

Salida sencilla, usualmente con indicación visual para realizar algún tipo de operación.

### "SFMCS"

Sistema de Control y Monitoreo del Piso de Producción (Por sus siglas en inglés). Es un sistema computarizado para la recolección y monitoreo de la información de los operarios o de uniones directas de cables a la computadora. También provee al personal del piso de producción con información e instrucciones.

### SIMBOLO o PATRON o ELEMENTO DE LIBRERIA

Una agrupación de geometría y texto, pueden ser nombradas y almacenadas como un símbolo en la mayoría de los sistemas CADD. Pueden ser llamados y colocados en un dibujo, en cualquier escala y ángulo.

Muchos sistemas sólo almacenan una referencia de una símbolo mediante el archivo del dibujo, de tal forma que si la definición es cambiada, todos los dibujos que contengan dicho símbolo reflejarán el cambio. Algunos sistemas también permiten que los símbolos sean *divididos* en las partes que lo componen, las cuales se convierten, entonces, en geometría como cualquier otra. También se les conoce como "bloque" o "componente"

y en algunos sistemas como "macro" puesto que se crean por medio de una secuencia automatizada de comandos.

### **SISTEMA ABSOLUTO**

Es un sistema de control numérico en el cual todas los lugares coordenadas son dimensionados y programados desde un punto fijo o un cero absoluto.

### **SISTEMA DE ALMACENAMIENTO Y RECUPERACION AUTOMATICOS (AS/RS)**

Una serie de localidades de almacenamiento preseleccionadas, accesibles por un sistema automatico de manejo de material con control de computadora, para almacenamiento, *cargado*, o recuperación *suministros* o materiales; también verifica el estado y el inventario del material almacenado.

### **SISTEMA DE LAZO CERRADO**

En un sistema de control numérico existe un canal a través del cual las señales de la unidad de control de la máquina son recibidas por la máquina herramienta y una unidad de monitoreo regresa las señales manejadas para ser comparadas. Es el contrario de lazo abierto.

### **"SNAP"**

Los "snaps" son puntos auxiliares de selección de posición en pantalla. Existen dos tipos de snap en un sistema CAD. El primero se basa en los puntos creados por el "grid", que permite posicionar el cursor de manera discreta solo en las posiciones indicadas por el "grid". Este tipo de snap es ajustable por el usuario. El segundo tipo se basa en los llamados puntos de control de entidades, como son finales de entidad, punto medio, centro de circunferencia o intersección de entidades.

### **"SPLINE"**

Técnicamente, una curva polinomial paramétrica cuyos puntos obedecen a ciertas limitantes

### **TAMAÑO A**

Dimensiones del dibujo de ingeniería: 8.5 por 11 pulgadas. Los dibujos de ingeniería también se presentan en dimensiones B, C, D y E.

### **TAMAÑO B**

Dimensiones del dibujo de ingeniería: 11 por 17 pulgadas. Equivalente a 2 x A

### **TAMAÑO C**

Dimensiones de dibujo de ingeniería: 17 por 22 pulgadas. Equivalente a 4 x A

### **TAMAÑO D**

Dimensiones de dibujo de ingeniería: 22 por 34 pulgadas. Equivalente a 8 x A

### **TAMAÑO E**

Dimensiones del dibujo de ingeniería: 34 por 44 pulgadas. Equivalente a 16 x A

### **"TRIM"**

Para recortar un elemento de un sistema cuando se intersecciona con otro elemento, como una línea o arco.

### **"UNDO"**

Se utiliza para revertir los efectos de la operación precedente. También se le llama la función "oops!".

### **VECTORIAL**

Como adjetivo, contrasta con *raster*. En el formato vectorial el programa almacena las coordenadas de los últimos puntos de los límites mas que toda la línea. Todos los sistemas CADD almacenan dibujos y modelos en formato de vector. Existen dispositivos vectoriales de entrada, desplegado y salida; un "plotter" es un dispositivo vectorial de salida.

### **VENTANA**

Es una "terminal virtual" que proporciona al usuario un puerto de acceso al sistema o a la información. Las ventanas pueden ser utilizadas en algunos sistemas para tener diferentes dibujos o modelo puede ser desplegado simultaneamente. Las ventanas son también utilizadas en algunos programas como mecanismos para elementos de agrupación del dibujo.

### **VISTA ISOMETRICA**

Un dibujo en tercera dimensión de un objeto en el cual el eje "y" es vertical y los ejes "x" y "z" forman ángulos de 30° con la horizontal. Una vista isométrica se utiliza porque proporciona una vista en tercera dimension mientras conserva medidas a lo largo de los ejes.

### **VISTA ORTOGONAL**

Un dibujo en el cual una cara del objeto es paralela al plano del dibujo, y las líneas de proyección son perpendiculares (ortogonales) al plano del dibujo. Una proyección de seis vistas ortográficas es una representación estandar de *dibujo* mecánico que provee vistas del frente, del lado posterior, izquierdo, derecho, de arriba y de abajo del objeto.

### **"WIREFRAME"**

Es una representación de objetos en dos o tres dimensiones a base de líneas que definen solo las aristas del objeto representado. Esta representación no tiene la capacidad de mostrar proporcionar el dato numérico de volumen o masa del cuerpo, y posee el inconveniente de provocar cierta ambigüedad en algunos casos de representación. Contrasta con el modelado de superficie y modelado de sólidos.

### **"ZOOM"**

Magnificar la vista.



## **BIBLIOGRAFIA**

---

**BIBLIOGRAFIA**

---

**CAPITULO 1**

---

- (1).- Revista Expansion, "Por la reconversion nacional", Mèxico, Abril 29 de 1989.
- (2).- Revista Comercio Exterior, Ingreso al GATT y sus futuras implicaciones, Mèxico, Julio de 1989.
- (3).- Revista Expansion, "Por algo se empieza: Reconversión Industrial", Mèxico, Marzo 11 de 1989.
- (4).- Informe sobre el desarrollo mundial, Estadísticas, Banco Mundial, Nueva York, 1990.
- (5).- Manual Spicer, "Excelencia en la manufactura", 1989.
- (6).- Revista Expansion, "Revolución en producción", Mèxico, Junio 25 de 1986.
- (7).- Revista Pequeña y Mediana Industria, "Las nuevas tecnologías y programas de reconversión", SECOFI, Mèxico, Marzo- Abril de 1989.
- (8).- Revista Programa de Asistencia Industrial, "Reconversión Industrial", SECOFI, Mèxico, Enero-Febrero de 1987
- (9).- Revista Mercado de valores, "Proceso de reconversión de algunos países desarrollados", Mèxico, Marzo 27 de 1990.
- (10).- Estudios e informes de la CEPAL- ONUDI, "La industrialización de America Latina y la Cooperación Internacional", O.N.U., Nueva York, 1991.
- (11).- Revista Autoindustria, "La industria nacional de autopartes y su internacionalización", Mèxico, Marzo de 1990.
- (12).- Revista Comercio Internacional, "Globalización y competencia en la industria automotriz", Banamex, Mèxico, Junio 02 de 1990.

**CAPITULO 2**

---

- (1).- Machine Design Magazine, CAD Special Issue, E.U.A., 1988,1989,1990,1991
- (2).- Varios Autores, Sistemas CAD/CAM/CAE, "Configuraciones de Soft y Hard para CAD", Editorial, Marcombo , España, 1989.
- (3).- Catalogos de Proveedores de Computadoras, 1991
- (4).- Xavier Castellort, Autocad 10:Metodologia y aplicaciones, "Sistemas CAD Software y Hardware" Gustavo Gili, España, 1989 .

## BIBLIOGRAFIA

---

- (5).- Sistemas CAD/CAE/CAM, "Diseño y manufactura por computadora" Edit. Marcombo, España, 1988
- (6).- Machine Design Magazine, "PC's gain on mainframes for CAD/CAM", Junio 02 de 1990, Penton Publications, E.U.A.
- (7).- System Intergration Magazine, "What's more than PC and less than WS?: A High-end PC", E.U.A., Abril de 1990.
- (8).- Machine Design Magazine, Special Issues CAD/CAM, "Data Entry Devices", Penton Publications, E.U.A., 1985-1990-
- (9).- Revista de CAD, Novamaquina No 159, "Tarjetas Graficas, Historia y Evolucion", España, Marzo de 1990.
- (10).- Machine Design Magazine, Plotting Choices for Engineers, Diciembre 7 de 1989, Penton Publications, E.U.A.
- (11).- Computer Aided Engineering Magazine, "Who's Selling What", Manufacturing Systems Publications, E.U.A., Septiembre de 1991.
- (12).- Daratech Market Report, Daratech Inc. E.U.A., 1991
- (13).- Electronic Design Magazine, "Quick Look, Market Facts", E.U.A., Agosto de 1992
- (14).- Electronic Business Magazine, "Market Facts, Dataquest 1992 Diciembre", E.U.A., Abril de 1991
- (15).- Personal Computing Magazine, "CAD Design on Business", E.U.A., Abril de 1990.
- (16).- Machine Design, "FEA for the masses", Julio de 1991, Penton Publications, E.U.A..
- (17).- World Product Casts, "Computer and CAD Market". (Varias Referencias) E.U.A., 1991
- (18).- CAD Report Magazine, "The Engineer's CAD/CAM Purchase Checklist", 1984
- (19).- George Dieter, Engineering Design, McGraw Hill, 1st International Student Edition 1983, .
- (20).- Computer Aided Engineering Magazine, "CAD Myths", Junio de 1988

## CAPITULO 3

---

- (1).- SME-CASA Technical Paper, "What integration methodologies make possible CIM", MS86-239, SME-CASA, 1986
- (2).- Modern Materials Handling Magazine, "How you get accurate data when you need it", E.U.A., Abril de 1988.

- 
- (3).- Datamation Magazine, "The object of desire", E. U.A., Mayo 01 de 1990.
  - (4).- SME-CASA Technical Papers, "A smaller company's approach to CIM". MS86-1062.CASA-SME, E.U.A., 1986.
  - (5).- Industrial Engineering Magazine, "How small firms can approach benefit from CIM system", Penton Publications, E.U.A., Junio de 84.
  - (6).- SME-CASA Technical Papers, "An effective approach to CAD/CAM", SME MM86-460, E.U.A., 1986
  - (7).- SME-CASA Technical Papers, "CAD/CAM Implementación experience", SME MM86-463, E.U.A., 1986.
  - (8).- SME-CASA Technical Papers, "The Computer Integrated Manufacturing: The Human Factors", SME MM86-470, E.U.A., 1986.
  - (9).- SME-CASA Technical Papers, "Key Technologies for succesfil Manufacturing Integración (CIM)", SME- MM86-229, E.U.A., 1986.
  - (10).- Nassir Sapag Chain, Fundamentos de Preparación y Evaluación de Proyectos, Caps. 3, 7 y 17, McGrawHill, 1986
  - (11).- Leland T. Blank, Engineering Economy, Cap. 9, 2a. Edición, McGraw Hill
  - (12).- E. Paul De Garmo, Ingeniería Económica, Cap. 10, C.E.C.S.A. 1985
  - (13).- Machine Design Magazine, "Building Foundation for CIM", Penton Publications, E.U.A., Junio 18 de 1987.
  - (14) Sistemas CAD/CAE/CAM, Grupo Tecnológico, FMS y manufactura por computadora, Edit. Marcombo 1988, España

---

**CAPITULO 4:**

---

- (1).- Jesus Alarcón, La innovación tecnológica y las teorías del trabajo, IV Reunión de CAD/CAM y Tecnología Avanzada, Septiembre, 1990
- (2).- Sara M. M. Fuentes Zurita, Impacto de la Innovación Tecnológica en el Proceso de Trabajo: Nuevas Formas de Organización del Trabajo, TESINA, Facultad de Psicología, UNAM, 1988
- (3).- José M. Echeverría, El Impacto del CAD en la Organización del Trabajo, Revista Regulación y Mando Automático, Mayo 1985

---

**CAPITULO 5:**

---

- (1) George Dieter, "Engineering Design, A materials and processing Approach", McGraw Hill, Japan 1983.
- (2) Jose Mompin P., "Sistemas CAD/CAM/CAE, diseño y fabricación por computador", publicaciones Marcombo, México 1988.

## BIBLIOGRAFIA

---

- (3) L. Stephen Wolfe, "The Engineer's CAD/CAM Purchase checklist", Computer aided design report, CAD/CAM Publishing, California USA 1984.
- (4) Ernest A. Warman, Tutorial "Management Requirements for CAD/CAM", Proceedings of the IFIP C5, Conference on CAD/CAM technology transfer to LatinAmerica, México 1988.
- (5) George L. Kovacs, Tutorial "Problems of Selection an Introduction of CAD/CAM System", Proceedings of the IFIP C5, Conference on CAD/CAM technology transfer to LatinAmerica, México 1988.
- (6) Nassir Sapag Chaim, "Fundamentos de la Preparación y Evaluación de Proyectos", McGraw Hill Chile 1982.

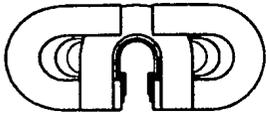
## CAPITULO 6:

---

- (1) Antony Konecny & Willis J. Potthoff, Principios Fundamentales para el Diseño de Herramientas, American Society of Tool and Manufacturing Engineers, C.E.C.S.A., Mexico, 1963.
- (2) Herman W. Pollack, Maquinas, Herramientas y Manejo de Materiales, Prentice Hall International, España, 1982.
- (3) C.H. Jensen, Dibujo y Diseño de Ingeniería, McGraw Hill, Mexico, 1981.
- (4) Lawrence E. Doyle, Proceso de Manufactura y Materiales para Ingenieros, Editorial Diana, Mexico, 1986.
- (5) Erick Oberg, Franklin JonesMachinery's Handbook, (Flywheels Energy Calculations), Industrial Press, New York 1980.
- (6) Mabie, Mecanismos y dinamica de maquinaria, Edit. Limusa, Mexico, 1985.
- (7) J.M. Faires, Diseño de elementos de maquinas, UTEHA, Mexico, 1985.
- (8) Die Design Handbook, American Society of Tool and Manufacturing Engineers, McGraw Hill 1955.
- (9) Tomas Lopez Navarro, Troquelado y estampación, Edit. Gustavo Gili, Cuarta Edic.,Barcelona,
- (10) Centros Juveniles de Seguridad Social, Caracteristicas Mecanicas de un troquel, I.M.S.S.
- (11) Tit H. L, Economical utilisation of coiled strip stocks, Sheet Metal Ind, 1990 Jun 06
- (12) Denis G., Matching tool material with work material, Metal Forming, 1990 Sep 09
- (13) Felix Amuchestegui, Los sistemas de CAD como ayuda al diseño de troqueles, Automatizacion e Instrumentacion, España, 1990 Sep.

## BIBLIOGRAFIA

- 
- (14) Catálogo de resortes y accesorios "producto", Producto Mexicano, Mexico 1990
  - (15) Catálogo de aceros para herramientas, Uddelholm Tooling, E.U.A. 1991
  - (16) Catálogo de bujes portatroqueles y postes, Alta Precision, Mexico, 1990



**APENDICE**

**A1**

## APENDICE

REM ESTE PROGRAMA OBTIENE LOS CENTROIDES DE LINEA  
REM DE UN CONJUNTO DE ENTIDADES PARA LA OBTENCION DE LOS  
REM CENTROS DE PRESION EN LA SILUETA DE CORTE DE UN TROQUEL

REM Fue creado por : A.Benjamin Arellano Maya  
REM para el desarrollo de sus tesis:  
REM "Implementacion de un sistema de CAD en la mediana  
REM y pequena industria metalamecanica."  
REM Fecha: 910310, 16:34:30

PAUSE "CALCULO DE CENTROS DE PRESION DE TROQUELES"

```
:ini
SET MASK,2,3
GETENTM 3, numents
entots = numents
PAUSE "Las entidades seleccionadas son %d",entots

xtl = 0
yti = 0
long = 0
sumlong = 0
sumxtl = 0
sumyti = 0

:sum

sumlong= long+sumlong
sumxtl= xtl+sumxtl
sumyti= yti+sumyti

:select
IF ((numents=numents-1)<0)
  GOTO tabula
GETNEXT enttype
ON (@key+3) GOTO exit,ini,sigue

:sigue
porcproc = (entots-numents)/entots*100-1
PROMPT "El porcentaje procesado es %.1f...favor de esperar",porcproc

IF (@error!=0)
  GOTO select
ON (enttype-2) GOTO line, circle

:circle

pi = 3.1416

xr = @fdat[0]
yr = @fdat[1]
r = @fdat[3]
phi= @fdat[4]
del= @fdat[5]
```

## APENDICE

```
bet= phi + del
alf= del/2
xtest = xr + r*sin(alf)*cos(bet-alf)/alf
ytest = yr + r*sin(alf)*sin(bet-alf)/alf

long = 2*alf*r

xti= xtest*long
yti= ytest*long

GOTO sum

:line

x1 = @fitdat[0]
y1 = @fitdat[1]
x2 = @fitdat[3]
y2 = @fitdat[4]

xtest = (x2+x1)/2
ytest = (y2+y1)/2

long = sqrt((x2-x1)^2+(y2-y1)^2)

xti= xtest*long
yti= ytest*long

GOTO sum

:tabula

xtt= sumxti/sumlong
ytt= sumyti/sumlong
PAUSE "Coordenada x de centroide general es :%" ,xtt
PAUSE "Coordenada y de centroide general es :%" ,ytt

POINT xtt,ytt,@zview,
CIRCLE xtt,ytt,@zview,0.100,

:exit
exit
□
```

## APENDICE

REM Este programa desarrolla en verdadera forma y  
REM magnitud, la representacion grafica del corte de un  
REM flange para junta de cabeza en sus estados de :  
REM 1) engargolado  
REM 2) embutido  
REM 3) desarrollado

REM Creado por A.B.A.M. en 910116

REM Aplicacion : desarrollo de herramientas de:  
REM corte-embutido de flange  
REM engargolado  
REM construccion del detalle de corte para  
REM dibujo de producto.

CLEAR

REM Definicion de variables

pi = 3.14159

H = 0.060

E = 0.0066

A = 0.065

L = 0.085

VIEW 1, 1, 0, 0, 0, 1, 0, 0, 0, 1

REM Determinacion de los valores de entrada

:hengar

GETFLT "Dar altura nominal de engargolado (H)(%):",H,H

ON (@key + 3) GOTO exit,exit,

:ipestasup

GETFLT "Dar ancho nomi. d'pesta sup. engargolada (A)(%):",A,A

ON (@key + 3) GOTO exit,hengar,

:ipestainf

GETFLT "Dar ancho nomi. d'pesta inf. engargolada(L)(%):",A,L

ON (@key + 3) GOTO exit,ipestasup,

:elamina

GETFLT "Dar espesor nominal de lamina del flange(E)(%):",E,E

ON (@key + 3) GOTO exit,ipestainf,

:poscor

posdef = 1

GETPOS "Indicar la posicion del centro del engargolado (PT)",posdef

ON (@key + 3) GOTO exit,elamina,

## APENDICE

x = @xview  
y = @yview  
z = @zview

### REM Definicion de variables dependientes

r = (H-E)/2  
pinf = L-H/2  
psup = A-H/2  
d = pi\*r  
S = pinf+psup+d  
OFF = S-L

### REM Flange Engargolado

#### REM Perfil exterior

LINE x-psup, y+H/2, z, x, y+H/2, z, 15, 0, 1, 0,  
ARC x, y, z, H/2, 270.0, 90.0, 1, 15, 0,  
LINE x-pinf, y-H/2, z, x, y-H/2, z, 15, 0, 1, 0,

#### REM Perfil interior

LINE x-psup, y-E+H/2, z, x, y-E+H/2, z, 15, 0, 1, 0, 0,  
ARC x, y, z, H/2-E, 270.0, 90.0, 1, 15, 0,  
LINE x-pinf, y+E-H/2, z, x, y+E-H/2, z, 15, 0, 1, 0,

#### REM Extremos de espesor de pestana

LINE x-psup, y+H/2, z, x-psup, y+H/2-E, z, 15, 0, 1, 0,  
LINE x-pinf, y-H/2+E, z, x-pinf, y-H/2, z, 15, 0, 1, 0,

#### REM Linea de fibra neutra

LINE x-psup, y+r, z, x, y+r, z, 11, 0, 3, 0,  
ARC x, y, z, r, 270.0, 90.0, 1, 11, 0, 3, 0, 0, 1,  
LINE x-pinf, y-r, z, x, y-r, z, 11, 0, 3, 0, 0,

### REM Flange Embutido

x = x+1.3\*L

#### REM Base del flange embutido

LINE x-pinf, y-H/2, z, x, y-H/2, z, 14, 0, 1, 0,  
LINE x-pinf, y+E-H/2, z, x, y+E-H/2, z, 14, 0, 1, 0, 0,  
LINE x-pinf, y-H/2+E, z, x-pinf, y-H/2, z, 14, 0, 1, 0,  
ARC x, y, z, H/2, 270.0, 0.0, 1, 14, 0, 1, 0, 0, 1, 1  
ARC x, y, z, H/2-E, 270.0, 0.0, 1, 14, 0,

#### REM Embutido

LINE x+H/2-E, y, z, x+H/2-E, y+S-d/2-pinf, z, 14, 0, 1,

## APENDICE

LINE x+H/2, y, z, x+H/2, y+S-d/2-pinf, z, 14, 0, 1,  
LINE x+H/2-E, y+S-d/2-pinf, z, x+H/2, y+S-d/2-pinf, z, 14, 0, 1,

REM Linea de fibra neutra

LINE x-pinf, y-r, z, x, y-r, z, 11, 0, 3, 0, 0,  
ARC x, y, z, r, 270.0, 0.0, 1, 11, 0, 3  
LINE x+r, y, z, x+r, y+S-d/2-pinf, z, 11, 0, 3

REM Flange en desarrollo y obtencion de offset

$$x = x+1.3*L$$

REM Desarrollo de flange para corte de lamina

LINE x-pinf, y-H/2, z, x-pinf+S, y-H/2, z, 13, 0, 1,  
LINE x-pinf, y+E-H/2, z, x-pinf+S, y+E-H/2, z, 13, 0, 1,  
LINE x-pinf, y-H/2+E, z, x-pinf, y-H/2, z, 13, 0, 1, 0,  
LINE x-pinf+S, y-H/2+E, z, x-pinf+S, y-H/2, z, 13, 0, 1,

REM Distancia equivalente al offset para silueta de  
REM flange

LINE x+H/2, y, z, x+H/2, y-H/2, z, 13, 0, 2, 0,

REM Linea de fibra neutra

LINE x-pinf, y-r, z, x-pinf+S, y-r, z, 11, 0, 3, 0, 0,

:exit  
AUTO  
HALF  
REDRAW  
exit

□

## APENDICE

REM Este programa determina por medio del nomograma representado  
REM los valores de holgura requeridos, para los espesores y tipo  
REM de material especifico a troquelar.

xwmin = @xmin  
xwmax = @xmax  
ywmin = @ymin  
ywmax = @ymax

MODE draw  
WINDOW -0.515,-0.437,1.223,1.029  
LEVELS 1,200  
REDRAW

```
LINE 0.0000,0.0000,0.0000,1.19760,0.0000,0.0000,1,200,1,0,0,1,1
LINE 1.19760,0.99802,0.00000,0.00000,0.39922,0.00000,1,200,1,0,0,1,1
LINE 0.00000,0.99802,0.00000,0.00000,0.00000,0.00000,1,200,1,0,0,1,1
LINE 1.19760,0.99802,0.00000,1.19760,0.00000,0.00000,1,200,1,0,0,1,1
LINE 0.09982,0.99802,0.00000,0.09982,0.00000,0.00000,1,200,1,0,0,1,1
LINE 0.19958,0.99802,0.00000,0.19958,0.00000,0.00000,1,200,1,0,0,1,1
LINE 0.29940,0.99802,0.00000,0.29940,0.00000,0.00000,1,200,1,0,0,1,1
LINE 0.39922,0.99802,0.00000,0.39922,0.00000,0.00000,1,200,1,0,0,1,1
LINE 0.49898,0.99802,0.00000,0.49898,0.00000,0.00000,1,200,1,0,0,1,1
LINE 0.59880,0.99802,0.00000,0.59880,0.00000,0.00000,1,200,1,0,0,1,1
LINE 0.69862,0.99802,0.00000,0.69862,0.00000,0.00000,1,200,1,0,0,1,1
LINE 0.79838,0.99802,0.00000,0.79838,0.00000,0.00000,1,200,1,0,0,1,1
LINE 0.89820,0.99802,0.00000,0.89820,0.00000,0.00000,1,200,1,0,0,1,1
LINE 0.99802,0.99802,0.00000,0.99802,0.00000,0.00000,1,200,1,0,0,1,1
LINE 1.09778,0.99802,0.00000,1.09778,0.00000,0.00000,1,200,1,0,0,1,1
LINE 0.00000,0.09982,0.00000,1.19760,0.09982,0.00000,1,200,1,0,0,1,1
LINE 0.00000,0.19958,0.00000,1.19760,0.19958,0.00000,1,200,1,0,0,1,1
LINE 0.00000,0.29940,0.00000,1.19760,0.29940,0.00000,1,200,1,0,0,1,1
LINE 0.00000,0.39922,0.00000,1.19760,0.39922,0.00000,1,200,1,0,0,1,1
LINE 0.00000,0.49898,0.00000,1.19760,0.49898,0.00000,1,200,1,0,0,1,1
LINE 0.00000,0.59880,0.00000,1.19760,0.59880,0.00000,1,200,1,0,0,1,1
LINE 0.00000,0.69862,0.00000,1.19760,0.69862,0.00000,1,200,1,0,0,1,1
LINE 0.00000,0.79838,0.00000,1.19760,0.79838,0.00000,1,200,1,0,0,1,1
LINE 0.00000,0.89820,0.00000,1.19760,0.89820,0.00000,1,200,1,0,0,1,1
VIEW 1,1.00000,0.00000,0.00000,0.00000,1.00000,0.00000,0.00000,0.00000,1.00000
TEXT 0.17263,-0.04988,"0.02
",0.00000,0.02994,0.50000,1,11,200,1,0,0,1,1
TEXT 0.27246,-0.04988,"0.03
",0.00000,0.02994,0.50000,1,11,200,1,0,0,1,1
TEXT 0.37228,-0.04988,"0.04
",0.00000,0.02994,0.50000,1,11,200,1,0,0,1,1
TEXT 0.47204,-0.04988,"0.05
",0.00000,0.02994,0.50000,1,11,200,1,0,0,1,1
TEXT 0.57186,-0.04988,"0.06
",0.00000,0.02994,0.50000,1,11,200,1,0,0,1,1
TEXT 0.67168,-0.04988,"0.07
",0.00000,0.02994,0.50000,1,11,200,1,0,0,1,1
TEXT 0.77144,-0.04988,"0.08
",0.00000,0.02994,0.50000,1,11,200,1,0,0,1,1
TEXT 0.87126,-0.04988,"0.09
```

APENDICE

```

, 0.00000, 0.02994, 0.50000, 1, 11, 200, 1, 0, 0, 1, 1
TEXT 0.97108, -0.04988, `0.10
, 0.00000, 0.02994, 0.50000, 1, 11, 200, 1, 0, 0, 1, 1
TEXT 1.07084, -0.04988, `0.11
, 0.00000, 0.02994, 0.50000, 1, 11, 200, 1, 0, 0, 1, 1
TEXT 1.17066, -0.04988, `0.12
, 0.00000, 0.02994, 0.50000, 1, 11, 200, 1, 0, 0, 1, 1
TEXT 0.07287, -0.04988, `0.01
, 0.00000, 0.02994, 0.50000, 1, 11, 200, 1, 0, 0, 1, 1
TEXT -0.08784, 0.08383, `0.001
, 0.00000, 0.02994, 0.50000, 1, 11, 200, 1, 0, 0, 1, 1
TEXT -0.08784, 0.18365, `0.002
, 0.00000, 0.02994, 0.50000, 1, 11, 200, 1, 0, 0, 1, 1
TEXT -0.08784, 0.28341, `0.003
, 0.00000, 0.02994, 0.50000, 1, 11, 200, 1, 0, 0, 1, 1
TEXT -0.08784, 0.38323, `0.004
, 0.00000, 0.02994, 0.50000, 1, 11, 200, 1, 0, 0, 1, 1
TEXT -0.08784, 0.48305, `0.005
, 0.00000, 0.02994, 0.50000, 1, 11, 200, 1, 0, 0, 1, 1
TEXT -0.08784, 0.58281, `0.006
, 0.00000, 0.02994, 0.50000, 1, 11, 200, 1, 0, 0, 1, 1
TEXT -0.08784, 0.68263, `0.007
, 0.00000, 0.02994, 0.50000, 1, 11, 200, 1, 0, 0, 1, 1
TEXT -0.08784, 0.78246, `0.008
, 0.00000, 0.02994, 0.50000, 1, 11, 200, 1, 0, 0, 1, 1
TEXT -0.08784, 0.88222, `0.009
, 0.00000, 0.02994, 0.50000, 1, 11, 200, 1, 0, 0, 1, 1
LINE 0.00000, 0.00000, 0.00000, 0.00000, 0.00898, 0.00599, 0.00000, 5, 200, 1, 0, 0, 1, 1
LINE 0.00898, 0.00599, 0.00000, 0.01898, 0.01098, 0.00000, 5, 200, 1, 0, 0, 1, 1
LINE 0.01898, 0.01098, 0.00000, 0.02796, 0.01695, 0.00000, 5, 200, 1, 0, 0, 1, 1
LINE 0.02796, 0.01695, 0.00000, 0.03790, 0.02293, 0.00000, 5, 200, 1, 0, 0, 1, 1
LINE 0.03790, 0.02293, 0.00000, 0.04689, 0.02796, 0.00000, 5, 200, 1, 0, 0, 1, 1
LINE 0.04689, 0.02796, 0.00000, 0.05689, 0.03395, 0.00000, 5, 200, 1, 0, 0, 1, 1
LINE 0.05689, 0.03395, 0.00000, 0.06587, 0.03994, 0.00000, 5, 200, 1, 0, 0, 1, 1
LINE 0.06587, 0.03994, 0.00000, 0.07587, 0.04491, 0.00000, 5, 200, 1, 0, 0, 1, 1
LINE 0.07587, 0.04491, 0.00000, 0.08485, 0.05090, 0.00000, 5, 200, 1, 0, 0, 1, 1
LINE 0.08485, 0.05090, 0.00000, 0.09383, 0.05689, 0.00000, 5, 200, 1, 0, 0, 1, 1
LINE 0.09383, 0.05689, 0.00000, 0.10377, 0.06186, 0.00000, 5, 200, 1, 0, 0, 1, 1
LINE 0.10377, 0.06186, 0.00000, 0.11275, 0.06784, 0.00000, 5, 200, 1, 0, 0, 1, 1
LINE 0.11275, 0.06784, 0.00000, 0.12275, 0.07383, 0.00000, 5, 200, 1, 0, 0, 1, 1
LINE 0.12275, 0.07383, 0.00000, 0.13174, 0.07886, 0.00000, 5, 200, 1, 0, 0, 1, 1
LINE 0.13174, 0.07886, 0.00000, 0.14174, 0.08485, 0.00000, 5, 200, 1, 0, 0, 1, 1
LINE 0.14174, 0.08485, 0.00000, 0.15072, 0.09084, 0.00000, 5, 200, 1, 0, 0, 1, 1
LINE 0.15072, 0.09084, 0.00000, 0.16066, 0.09581, 0.00000, 5, 200, 1, 0, 0, 1, 1
LINE 0.16066, 0.09581, 0.00000, 0.16964, 0.10180, 0.00000, 5, 200, 1, 0, 0, 1, 1
LINE 0.16964, 0.10180, 0.00000, 0.17964, 0.10778, 0.00000, 5, 200, 1, 0, 0, 1, 1
LINE 0.17964, 0.10778, 0.00000, 0.18862, 0.11275, 0.00000, 5, 200, 1, 0, 0, 1, 1
LINE 0.18862, 0.11275, 0.00000, 0.19760, 0.11874, 0.00000, 5, 200, 1, 0, 0, 1, 1
LINE 0.19760, 0.11874, 0.00000, 0.20760, 0.12473, 0.00000, 5, 200, 1, 0, 0, 1, 1
LINE 0.20760, 0.12473, 0.00000, 0.21659, 0.12976, 0.00000, 5, 200, 1, 0, 0, 1, 1
LINE 0.21659, 0.12976, 0.00000, 0.22653, 0.13575, 0.00000, 5, 200, 1, 0, 0, 1, 1
LINE 0.22653, 0.13575, 0.00000, 0.23551, 0.14174, 0.00000, 5, 200, 1, 0, 0, 1, 1
LINE 0.23551, 0.14174, 0.00000, 0.24551, 0.14671, 0.00000, 5, 200, 1, 0, 0, 1, 1
LINE 0.24551, 0.14671, 0.00000, 0.25449, 0.15269, 0.00000, 5, 200, 1, 0, 0, 1, 1

```

APENDICE

LINE 0.25449, 0.15269, 0.00000, 0.26449, 0.15868, 0.00000, 5, 200, 1, 0, 0, 1, 1  
 LINE 0.26449, 0.15868, 0.00000, 0.27347, 0.16365, 0.00000, 5, 200, 1, 0, 0, 1, 1  
 LINE 0.27347, 0.16365, 0.00000, 0.28246, 0.16964, 0.00000, 5, 200, 1, 0, 0, 1, 1  
 LINE 0.28246, 0.16964, 0.00000, 0.29240, 0.17563, 0.00000, 5, 200, 1, 0, 0, 1, 1  
 LINE 0.29240, 0.17563, 0.00000, 0.30138, 0.18066, 0.00000, 5, 200, 1, 0, 0, 1, 1  
 LINE 0.30138, 0.18066, 0.00000, 0.31138, 0.18665, 0.00000, 5, 200, 1, 0, 0, 1, 1  
 LINE 0.31138, 0.18665, 0.00000, 0.32036, 0.19263, 0.00000, 5, 200, 1, 0, 0, 1, 1  
 LINE 0.32036, 0.19263, 0.00000, 0.33036, 0.19760, 0.00000, 5, 200, 1, 0, 0, 1, 1  
 LINE 0.33036, 0.19760, 0.00000, 0.33934, 0.20359, 0.00000, 5, 200, 1, 0, 0, 1, 1  
 LINE 0.33934, 0.20359, 0.00000, 0.34928, 0.20958, 0.00000, 5, 200, 1, 0, 0, 1, 1  
 LINE 0.34928, 0.20958, 0.00000, 0.35826, 0.21455, 0.00000, 5, 200, 1, 0, 0, 1, 1  
 LINE 0.35826, 0.21455, 0.00000, 0.36826, 0.22054, 0.00000, 5, 200, 1, 0, 0, 1, 1  
 LINE 0.36826, 0.22054, 0.00000, 0.37725, 0.22653, 0.00000, 5, 200, 1, 0, 0, 1, 1  
 LINE 0.37725, 0.22653, 0.00000, 0.38623, 0.23156, 0.00000, 5, 200, 1, 0, 0, 1, 1  
 LINE 0.38623, 0.23156, 0.00000, 0.39623, 0.23754, 0.00000, 5, 200, 1, 0, 0, 1, 1  
 LINE 0.39623, 0.23754, 0.00000, 0.40521, 0.24353, 0.00000, 5, 200, 1, 0, 0, 1, 1  
 LINE 0.40521, 0.24353, 0.00000, 0.41515, 0.24850, 0.00000, 5, 200, 1, 0, 0, 1, 1  
 LINE 0.41515, 0.24850, 0.00000, 0.42413, 0.25449, 0.00000, 5, 200, 1, 0, 0, 1, 1  
 LINE 0.42413, 0.25449, 0.00000, 0.43413, 0.26048, 0.00000, 5, 200, 1, 0, 0, 1, 1  
 LINE 0.43413, 0.26048, 0.00000, 0.44311, 0.26545, 0.00000, 5, 200, 1, 0, 0, 1, 1  
 LINE 0.44311, 0.26545, 0.00000, 0.45311, 0.27144, 0.00000, 5, 200, 1, 0, 0, 1, 1  
 LINE 0.45311, 0.27144, 0.00000, 0.46210, 0.27743, 0.00000, 5, 200, 1, 0, 0, 1, 1  
 LINE 0.46210, 0.27743, 0.00000, 0.47108, 0.28246, 0.00000, 5, 200, 1, 0, 0, 1, 1  
 LINE 0.47108, 0.28246, 0.00000, 0.48102, 0.28844, 0.00000, 5, 200, 1, 0, 0, 1, 1  
 LINE 0.48102, 0.28844, 0.00000, 0.49000, 0.29443, 0.00000, 5, 200, 1, 0, 0, 1, 1  
 LINE 0.49000, 0.29443, 0.00000, 0.50000, 0.29940, 0.00000, 5, 200, 1, 0, 0, 1, 1  
 LINE 0.50000, 0.29940, 0.00000, 0.50898, 0.30539, 0.00000, 5, 200, 1, 0, 0, 1, 1  
 LINE 0.50898, 0.30539, 0.00000, 0.51898, 0.31138, 0.00000, 5, 200, 1, 0, 0, 1, 1  
 LINE 0.51898, 0.31138, 0.00000, 0.52796, 0.31635, 0.00000, 5, 200, 1, 0, 0, 1, 1  
 LINE 0.52796, 0.31635, 0.00000, 0.53790, 0.32234, 0.00000, 5, 200, 1, 0, 0, 1, 1  
 LINE 0.53790, 0.32234, 0.00000, 0.54689, 0.32832, 0.00000, 5, 200, 1, 0, 0, 1, 1  
 LINE 0.54689, 0.32832, 0.00000, 0.55587, 0.33335, 0.00000, 5, 200, 1, 0, 0, 1, 1  
 LINE 0.55587, 0.33335, 0.00000, 0.56587, 0.33934, 0.00000, 5, 200, 1, 0, 0, 1, 1  
 LINE 0.56587, 0.33934, 0.00000, 0.57485, 0.34533, 0.00000, 5, 200, 1, 0, 0, 1, 1  
 LINE 0.57485, 0.34533, 0.00000, 0.58485, 0.35030, 0.00000, 5, 200, 1, 0, 0, 1, 1  
 LINE 0.58485, 0.35030, 0.00000, 0.59383, 0.35629, 0.00000, 5, 200, 1, 0, 0, 1, 1  
 LINE 0.59383, 0.35629, 0.00000, 0.60377, 0.36228, 0.00000, 5, 200, 1, 0, 0, 1, 1  
 LINE 0.60377, 0.36228, 0.00000, 0.61275, 0.36826, 0.00000, 5, 200, 1, 0, 0, 1, 1  
 LINE 0.61275, 0.36826, 0.00000, 0.62275, 0.37323, 0.00000, 5, 200, 1, 0, 0, 1, 1  
 LINE 0.62275, 0.37323, 0.00000, 0.63174, 0.37922, 0.00000, 5, 200, 1, 0, 0, 1, 1  
 LINE 0.63174, 0.37922, 0.00000, 0.64174, 0.38521, 0.00000, 5, 200, 1, 0, 0, 1, 1  
 LINE 0.64174, 0.38521, 0.00000, 0.65072, 0.39024, 0.00000, 5, 200, 1, 0, 0, 1, 1  
 LINE 0.65072, 0.39024, 0.00000, 0.65970, 0.39623, 0.00000, 5, 200, 1, 0, 0, 1, 1  
 LINE 0.65970, 0.39623, 0.00000, 0.66964, 0.40222, 0.00000, 5, 200, 1, 0, 0, 1, 1  
 LINE 0.66964, 0.40222, 0.00000, 0.67862, 0.40719, 0.00000, 5, 200, 1, 0, 0, 1, 1  
 LINE 0.67862, 0.40719, 0.00000, 0.68862, 0.41317, 0.00000, 5, 200, 1, 0, 0, 1, 1  
 LINE 0.68862, 0.41317, 0.00000, 0.69760, 0.41916, 0.00000, 5, 200, 1, 0, 0, 1, 1  
 LINE 0.69760, 0.41916, 0.00000, 0.70760, 0.42413, 0.00000, 5, 200, 1, 0, 0, 1, 1  
 LINE 0.70760, 0.42413, 0.00000, 0.71659, 0.43012, 0.00000, 5, 200, 1, 0, 0, 1, 1  
 LINE 0.71659, 0.43012, 0.00000, 0.72653, 0.43611, 0.00000, 5, 200, 1, 0, 0, 1, 1  
 LINE 0.72653, 0.43611, 0.00000, 0.73551, 0.44114, 0.00000, 5, 200, 1, 0, 0, 1, 1  
 LINE 0.73551, 0.44114, 0.00000, 0.74449, 0.44713, 0.00000, 5, 200, 1, 0, 0, 1, 1  
 LINE 0.74449, 0.44713, 0.00000, 0.75449, 0.45311, 0.00000, 5, 200, 1, 0, 0, 1, 1  
 LINE 0.75449, 0.45311, 0.00000, 0.76347, 0.45808, 0.00000, 5, 200, 1, 0, 0, 1, 1

APENDICE

LINE 0.76347, 0.45808, 0.00000, 0.77347, 0.46407, 0.00000, 5, 200, 1, 0, 0, 1, 1  
 LINE 0.77347, 0.46407, 0.00000, 0.78246, 0.47006, 0.00000, 5, 200, 1, 0, 0, 1, 1  
 LINE 0.78246, 0.47006, 0.00000, 0.79240, 0.47503, 0.00000, 5, 200, 1, 0, 0, 1, 1  
 LINE 0.79240, 0.47503, 0.00000, 0.80138, 0.48102, 0.00000, 5, 200, 1, 0, 0, 1, 1  
 LINE 0.80138, 0.48102, 0.00000, 0.81138, 0.48701, 0.00000, 5, 200, 1, 0, 0, 1, 1  
 LINE 0.81138, 0.48701, 0.00000, 0.82036, 0.49204, 0.00000, 5, 200, 1, 0, 0, 1, 1  
 LINE 0.82036, 0.49204, 0.00000, 0.82934, 0.49802, 0.00000, 5, 200, 1, 0, 0, 1, 1  
 LINE 0.82934, 0.49802, 0.00000, 0.83934, 0.50401, 0.00000, 5, 200, 1, 0, 0, 1, 1  
 LINE 0.83934, 0.50401, 0.00000, 0.84832, 0.50898, 0.00000, 5, 200, 1, 0, 0, 1, 1  
 LINE 0.84832, 0.50898, 0.00000, 0.85826, 0.51497, 0.00000, 5, 200, 1, 0, 0, 1, 1  
 LINE 0.85826, 0.51497, 0.00000, 0.86725, 0.52096, 0.00000, 5, 200, 1, 0, 0, 1, 1  
 LINE 0.86725, 0.52096, 0.00000, 0.87725, 0.52593, 0.00000, 13, 200, 1, 0, 0, 1, 1  
 LINE 0.87725, 0.52593, 0.00000, 0.88623, 0.53192, 0.00000, 5, 200, 1, 0, 0, 1, 1  
 LINE 0.88623, 0.53192, 0.00000, 0.89623, 0.53790, 0.00000, 5, 200, 1, 0, 0, 1, 1  
 LINE 0.89623, 0.53790, 0.00000, 0.90521, 0.54293, 0.00000, 5, 200, 1, 0, 0, 1, 1  
 LINE 0.90521, 0.54293, 0.00000, 0.91515, 0.54892, 0.00000, 5, 200, 1, 0, 0, 1, 1  
 LINE 0.91515, 0.54892, 0.00000, 0.92413, 0.55491, 0.00000, 5, 200, 1, 0, 0, 1, 1  
 LINE 0.92413, 0.55491, 0.00000, 0.93311, 0.55988, 0.00000, 5, 200, 1, 0, 0, 1, 1  
 LINE 0.93311, 0.55988, 0.00000, 0.94311, 0.56587, 0.00000, 5, 200, 1, 0, 0, 1, 1  
 LINE 0.94311, 0.56587, 0.00000, 0.95210, 0.57186, 0.00000, 5, 200, 1, 0, 0, 1, 1  
 LINE 0.95210, 0.57186, 0.00000, 0.96210, 0.57683, 0.00000, 5, 200, 1, 0, 0, 1, 1  
 LINE 0.96210, 0.57683, 0.00000, 0.97108, 0.58281, 0.00000, 5, 200, 1, 0, 0, 1, 1  
 LINE 0.97108, 0.58281, 0.00000, 0.98102, 0.58880, 0.00000, 5, 200, 1, 0, 0, 1, 1  
 LINE 0.98102, 0.58880, 0.00000, 0.99000, 0.59383, 0.00000, 5, 200, 1, 0, 0, 1, 1  
 LINE 0.99000, 0.59383, 0.00000, 1.00000, 0.59982, 0.00000, 5, 200, 1, 0, 0, 1, 1  
 LINE 1.00000, 0.59982, 0.00000, 1.00898, 0.60581, 0.00000, 5, 200, 1, 0, 0, 1, 1  
 LINE 1.00898, 0.60581, 0.00000, 1.01796, 0.61078, 0.00000, 5, 200, 1, 0, 0, 1, 1  
 LINE 1.01796, 0.61078, 0.00000, 1.02796, 0.61677, 0.00000, 5, 200, 1, 0, 0, 1, 1  
 LINE 1.02796, 0.61677, 0.00000, 1.03695, 0.62275, 0.00000, 5, 200, 1, 0, 0, 1, 1  
 LINE 1.03695, 0.62275, 0.00000, 1.04689, 0.62772, 0.00000, 5, 200, 1, 0, 0, 1, 1  
 LINE 1.04689, 0.62772, 0.00000, 1.05587, 0.63371, 0.00000, 5, 200, 1, 0, 0, 1, 1  
 LINE 1.05587, 0.63371, 0.00000, 1.06587, 0.63970, 0.00000, 5, 200, 1, 0, 0, 1, 1  
 LINE 1.06587, 0.63970, 0.00000, 1.07485, 0.64473, 0.00000, 5, 200, 1, 0, 0, 1, 1  
 LINE 1.07485, 0.64473, 0.00000, 1.08485, 0.65072, 0.00000, 5, 200, 1, 0, 0, 1, 1  
 LINE 1.08485, 0.65072, 0.00000, 1.09383, 0.65671, 0.00000, 5, 200, 1, 0, 0, 1, 1  
 LINE 1.09383, 0.65671, 0.00000, 1.10377, 0.66168, 0.00000, 5, 200, 1, 0, 0, 1, 1  
 LINE 1.10377, 0.66168, 0.00000, 1.11275, 0.66766, 0.00000, 5, 200, 1, 0, 0, 1, 1  
 LINE 1.11275, 0.66766, 0.00000, 1.12174, 0.67365, 0.00000, 5, 200, 1, 0, 0, 1, 1  
 LINE 1.12174, 0.67365, 0.00000, 1.13174, 0.67862, 0.00000, 5, 200, 1, 0, 0, 1, 1  
 LINE 1.13174, 0.67862, 0.00000, 1.14072, 0.68461, 0.00000, 5, 200, 1, 0, 0, 1, 1  
 LINE 1.14072, 0.68461, 0.00000, 1.15072, 0.69060, 0.00000, 5, 200, 1, 0, 0, 1, 1  
 LINE 1.15072, 0.69060, 0.00000, 1.15970, 0.69563, 0.00000, 5, 200, 1, 0, 0, 1, 1  
 LINE 1.15970, 0.69563, 0.00000, 1.16964, 0.70162, 0.00000, 5, 200, 1, 0, 0, 1, 1  
 LINE 1.16964, 0.70162, 0.00000, 1.17862, 0.70760, 0.00000, 5, 200, 1, 0, 0, 1, 1  
 LINE 1.17862, 0.70760, 0.00000, 1.18862, 0.71257, 0.00000, 5, 200, 1, 0, 0, 1, 1  
 LINE 1.18862, 0.71257, 0.00000, 1.19760, 0.71856, 0.00000, 5, 200, 1, 0, 0, 1, 1  
 LINE 0.00000, 0.01000, 0.00000, 0.01000, 0.01796, 0.00000, 4, 200, 1, 0, 0, 1, 1  
 LINE 0.01000, 0.01796, 0.00000, 0.01994, 0.02497, 0.00000, 4, 200, 1, 0, 0, 1, 1  
 LINE 0.01994, 0.02497, 0.00000, 0.02994, 0.03293, 0.00000, 4, 200, 1, 0, 0, 1, 1  
 LINE 0.02994, 0.03293, 0.00000, 0.03994, 0.03994, 0.00000, 4, 200, 1, 0, 0, 1, 1  
 LINE 0.03994, 0.03994, 0.00000, 0.04988, 0.04790, 0.00000, 4, 200, 1, 0, 0, 1, 1  
 LINE 0.04988, 0.04790, 0.00000, 0.05988, 0.05491, 0.00000, 4, 200, 1, 0, 0, 1, 1  
 LINE 0.05988, 0.05491, 0.00000, 0.06988, 0.06287, 0.00000, 4, 200, 1, 0, 0, 1, 1  
 LINE 0.06988, 0.06287, 0.00000, 0.07982, 0.06988, 0.00000, 4, 200, 1, 0, 0, 1, 1

APENDICE

```

0.00000
}
POLYLINE 5, PLNDAT, 0.01000, 3, 1, 2, 5, 200, 1, 0, 0, 1, 1
ARRAY PLNDAT[15]={
    0.03293, -0.24850, 0.00000, 0.03293, -0.21856, 0.00000, 0.06287,
    -0.21856, 0.00000, 0.06287, -0.24850, 0.00000, 0.03293, -0.24850,
    0.00000
}
POLYLINE 5, PLNDAT, 0.01000, 3, 1, 2, 5, 200, 1, 0, 0, 1, 1
ARRAY PLNDAT[15]={
    0.03293, -0.29838, 0.00000, 0.03293, -0.26844, 0.00000, 0.06287,
    -0.26844, 0.00000, 0.06287, -0.29838, 0.00000, 0.03293, -0.29838,
    0.00000
}
POLYLINE 5, PLNDAT, 0.01000, 3, 1, 2, 4, 200, 1, 0, 0, 1, 1
ARRAY PLNDAT[15]={
    0.03293, -0.34832, 0.00000, 0.03293, -0.31838, 0.00000, 0.06287,
    -0.31838, 0.00000, 0.06287, -0.34832, 0.00000, 0.03293, -0.34832,
    0.00000
}
POLYLINE 5, PLNDAT, 0.01000, 3, 1, 2, 4, 200, 1, 0, 0, 1, 1
ARRAY PLNDAT[15]={
    0.03293, -0.39820, 0.00000, 0.03293, -0.36826, 0.00000, 0.06287,
    -0.36826, 0.00000, 0.06287, -0.39820, 0.00000, 0.03293, -0.39820,
    0.00000
}
POLYLINE 5, PLNDAT, 0.01000, 3, 1, 2, 4, 200, 1, 0, 0, 1, 1

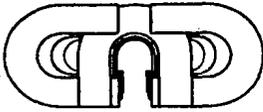
:selec
defpos = 1
GETPOS "Sel. el espesor de la lamina, en la curva correspondiente", defpos
    esp= @xview*0.1/0.998
    holg= @yview*0.01/0.998
SPRINT $espholg, "{%.3f,%.3f}", esp, holg

CIRCLE @xview, @yview, @zview, 0.015, ,15,200
TEXT @xview-0.15, @yview+0.05,$espholg,,0.02994,,,15,200
PAUSE "Holgura requerida: %.3f", para material de %.3f", holg, esp

$dfiresp ="si"
ans = 0
GETSTR "" Se requiere otro calculo de holgura?:(%s)", $dfiresp, $resp
CALL STRCMP1, $dfiresp, $resp, ans
IF (ans == 0)
GOTO selec
:exit
WINDOW xwmin, ywmin, xwmax, ywmax
LEVELS 0,200
REDRAW
exit

```

□



**APENDICE**

**A2**

$$B_i = C_D (nwh) f_i A (1 - I_1)$$

where

$C_D$  = the average man-hour cost of a designer

$n$  = the number of workstations on CAD

$w$  = the number of working shifts per day

$H$  = the number of single shift working hours in the period

$f_i$  = the fraction of CAD system time allotted to category  $i$  drawings ( $0 \leq f_i \leq 1$ )

$A$  = the average system availability factor

where

$$A = 100 - \left[ \frac{(D-G)R}{DT} \right] \times 100$$

$A$  = availability

$D$  = downtime (average time in hrs. system is unavailable due to maintenance, training, etc.)

$R$  = subsystem ratio (sum of subsystem peripherals)

CPU = 1

network = 1

system disk = 1

work disk = .333

graphic workstation = .1666

plotters = .2

other peripherals = .1

add the total number of subsystem peripherals for  $R$

$DT$  = demand time (total time the system is scheduled and in demand for current work)

$G$  = grace period (time allowed for system functions such as backup periodic maintenance, software loads, etc.)

$I_1$  = the ratio  $S_m / (S_m / E)$

$S_m$  = the average man-hours needed for drafting a category  $i$  drawing (including revisions) and, where applicable, extracting data for parts lists or bill of materials from the drawing manually

$S_m$  = the average man-hours needed using CAD for drafting a category  $i$  drawing (including revisions) and, where applicable, extracting data for parts lists or bill of materials from the drawing

$E$  = the efficiency with which a designer operates CAD

$E = (I_1 \times S_m) \div S_m$

Overall benefit  $B$  dollars per period is:

$$B = \sum_i B_i$$

Overall cost  $C$  dollars per period.

$$C = C_T + C_{AP} + C_E + C_I + C_M + C_{UP}$$

where

$C_T$  = the cost of training designers to operate CAD

$C_{AP}$  = the cost of generating application packages

$C_E$  = the amortized cost of the CAD equipment

$C_I$  = the amortized cost of CAD installation

$C_M$  = the cost of the equipment maintenance

$C_{UP}$  = the cost of user support

All figures expressed in dollars per period.

If  $C'$  is the cost per terminal-hour of a CAD system, where

$$C' = C/nwh$$

= overall cost/(number of workstations)(number of working shifts)(number of single shift work hours in period) then the overall net gain  $G_i$  dollars per period for  $N_i$  category  $i$  drawings produced on CAD versus manually is:

$$G_i = C_D (nwh) f_i A (1 - I_1) - (1/U)(C'/C_D)$$

where  $U$  is the system utilization factor given by

$$U = \sum_i f_i$$

Thus, net gain  $G_i$  is positive only if\*

$$I_1 > (1/UA)(C'/C_D) + 1 - (C'/C_D) + 1$$

since both  $U$  and  $A$  have values close to one.

The above expression can be used to determine which application, if implemented on CAD, will yield a positive net gain  $G_i$ .

Overall net gain  $G$  dollars per period is:

$$G = \sum_i G_i$$

The value of overall net gain  $G$  will vary depending on the activities at each stage.

The average number of  $N_i$  category  $i$  drawings produced in the period is given by:

$$N_i = (nwh) f_i A (E/S_m)$$

The number of designers needed,  $P_i$ , to produce  $N_i$  drawings is

$$P_i = (nwh/H)' f_i A \left[ \frac{M_{SA}}{S_m} + 1 \right]$$

where

$H'$  = the average number of hours worked per designer in the period

$M_{SA}$  = the average man-hours needed for planning, preparation, approval, issue and distribution of category  $i$  drawing production